



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño de pavimento flexible empleando geoceldas en el tramo Marcochugo - El
Capulí - La conga, Huamachuco - Sánchez Carrión - La Libertad - 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Vergara Rodriguez, Frank Jesus (orcid.org/0000-0002-4138-7796)

ASESOR:

Dr. Panduro Alvarado, Elka (orcid.org/0000-0003-4866-8707)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a mis padres por el sacrificio y apoyo incondicional que me brindan cada día de mi vida, así como también a mis amigos y familiares que me ayudaron a sobrellevar los momentos malos además de acompañarme en el proceso de mi formación personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mis padres por sus consejos, los valores y principios que me inculcaron que confiaron y creyeron en mí brindándome la oportunidad de alcanzar mis metas.

Agradezco también a todos los docentes de esta casa de estudio que impartieron sus conocimientos con el fin de desarrollarme académicamente para lograr ser un buen profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	17
3.1. Tipo y diseño de investigación	17
3.1.1 Tipo de investigación	17
3.1.2 Diseño de investigación	17
3.2. Variables y operacionalización	17
3.2.1 Definición conceptual	17
3.2.2 Definición operacional	17
3.2.3 Indicadores	18
3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	18
3.3.1 Población	18
3.3.2 Muestra	18
3.3.3 Muestreo	19
3.3.4 Unidad de Análisis	19
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	19
3.3.1 Técnicas	19
3.3.2 Instrumentos de recolección de datos	19
3.4 Procedimientos:	20
3.5 Método de análisis de datos:	20
3.6 Aspectos éticos:	20
IV. RESULTADOS	21
4.1. Estudio Topográfico	21
4.1.1 Generalidades	21
4.1.2 Ubicación política	21

4.1.3	Ubicación Geográfica.....	21
4.1.4	Puntos de Estación.....	22
4.1.5	Procesamiento.....	23
4.2.	Estudio de suelos.....	23
4.2.1	Generalidades.....	23
4.2.2	Resultados del EMS.....	24
4.3	Estudio Hidrológico.....	26
4.3.1	Información pluviométrica.....	26
4.3.2	Precipitaciones máximas en 24h.....	28
4.3.3	Análisis estadístico de datos hidrológicos.....	29
4.3.4	Curvas IDF.....	30
4.3.5	Cálculos de caudales.....	33
4.3.6	Hidráulica y drenaje.....	34
4.4	Estudio de Tráfico.....	37
4.3.1.	Conteo y clasificación Vehicular.....	37
4.3.2.	Calculo del IMDA.....	38
4.3.3.	Factor de Crecimiento Acumulado.....	39
4.3.4.	Determinación de ESAL y ejes equivalentes.....	39
4.3.5.	Determinación de tráfico futuro.....	41
4.4.	Diseño Geométrico.....	42
4.5.1	Características de diseño en zona rural.....	42
4.5.2	Resumen de características del diseño geométrico.....	45
4.5.	Diseño de Pavimento Flexible.....	46
4.6.	Pavimento Flexible Reforzado con Geoceldas.....	49
V.	DISCUSION.....	56
VI.	CONCLUSIONES.....	58
VII.	RECOMENDACIONES.....	60
	REFERENCIAS.....	61
	ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Valores del MIF.....	14
Tabla 2.	Puntos de Georeferenciados.....	22
Tabla 3.	Puntos de Estación.....	22
Tabla 4.	N° Calicatas.....	24
Tabla 5.	N° ensayos de CBR.....	24
Tabla 6.	Resumen de muestras.....	24
Tabla 7.	Resultados del EMS.....	25
Tabla 8.	Información de la estación pluviométrica.....	26
Tabla 9.	Registros pluviométricos estación Huamachuco.....	26
Tabla 10.	Precipitaciones máx. anuales (mm).....	28
Tabla 11.	Cuadro resumen modelo de distribución aplicados.....	30
Tabla 12.	Precipitaciones (mm) para diferentes duraciones y periodos de retorno.....	31
Tabla 13.	Intensidades máximas (mm/h).....	32
Tabla 14.	Cuadro coeficiente de Escorrentía.....	33
Tabla 15.	Talud de cuneta.....	34
Tabla 16.	Dimensiones min. de las cunetas según la región.....	36
Tabla 17.	Cálculo hidráulico de la cuneta.....	36
Tabla 18.	Estaciones de conteo.....	37
Tabla 19.	Conteo y clasificación vehicular.....	37
Tabla 20.	Factor de corrección.....	38
Tabla 21.	IMDA (veh./día).....	38
Tabla 22.	T.C La Libertad.....	39
Tabla 23.	Cálculo del ESAL.....	40
Tabla 24.	Tráfico proyectado en 20 años.....	41
Tabla 25.	Radios mín. y peraltes máx.	43
Tabla 26.	Distancia de visibilidad.....	44

Tabla 27.	Velocidad de adelantamiento	44
Tabla 28.	Características de diseño de la carretera	45
Tabla 29.	CBR de diseño.....	46
Tabla 30.	Datos terreno de fundación	46
Tabla 31.	Coeficiente estructural.....	47
Tabla 32.	Coeficientes de drenaje	48
Tabla 33.	Diseño de espesor.....	49
Tabla 34.	Módulos de resiliencia en Psi y Mpa.....	50
Tabla 35.	Módulos de poisson.....	50
Tabla 36.	Fallas obtenidas por el software KENPAVE	51
Tabla 37.	Ahuellamiento y fatiga en pavimento no reforzado.....	52
Tabla 38.	Fallas obtenidas por el software KENPAVE	55
Tabla 39.	Ahuellamiento y fatiga en pavimento reforzado con geoceldas.....	55
Tabla 40.	Longitudes de tramos tangente	101
Tabla 41.	Radio que permiten prescindir de curva de transición	102
Tabla 42.	Valores del índice K para cálculo de la longitud de curva vertical convexa	105
Tabla 43.	Valores del índice K para cálculo de la longitud de curva vertical cóncava	105
Tabla 44.	Inclinación de Berma	107
Tabla 45.	Valores del bombeo de la calzada	108
Tabla 46.	Valores de peralte máximo	108
Tabla 47.	Valores referenciales para taludes en corte (H:V).....	108
Tabla 48.	Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes)	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dimensiones de geoceldas	11
Figura 2. Refuerzo con geoceldas y no reforzado (efecto viga).....	12
Figura 3. Esquema de esfuerzos y deformaciones.....	13
Figura 4. Esquema de esfuerzos y deformaciones.....	15
Figura 5. Esquema de esfuerzos y deformaciones.....	15
Figura 6. Ubicación de la zona de estudio.....	21
Figura 7. Diagrama de precipitación media mensual.....	29
Figura 8. Curvas IDF.....	32
Figura 9. Cuenca hidrográfica de la zona de estudio.....	34
Figura 10. Factor direccional y Carril.....	40
Figura 11. Velocidad de Diseño	42
Figura 12. Anchos mínimos.....	43
Figura 13. Espesores recomendados según el CBR y EE.....	48
Figura 14. Espesor del pavimento no reforzado	49
Figura 15. Espesor del pavimento no reforzado	51
Figura 16. Espesor del pavimento reforzado con geoceldas	53
Figura 17. Espesor del pavimento reforzado con geoceldas	54

RESUMEN

El presente proyecto titulado " Diseño de pavimento flexible empleando geoceldas en el tramo Marcochugo - El Capulí - La conga, Huamachuco - Sánchez Carrión - La Libertad- 2022", la investigación es de tipo aplicada con diseño no experimental (transversal descriptivo), tiene como objetivo principal realizar el diseño de pavimento flexible utilizando geoceldas, el área de estudio comprende 5.5 km, dentro de ello realizaron los estudios de suelos obteniendo un CBR de diseño del 7.7% y estudio de tráfico con un ESAL de 99,526 EE, se realizó un diseño de pavimento sin refuerzo por el método AASHTO 93 y se propuso una estructura de 5cm de carpeta asfáltica y 20cm de base que estará reforzada con geoceldas de 15 cm de altura. Para determinar la funcionabilidad se empleó el método mecanicista utilizando el software KENPAVE donde se obtuvieron los valores las fallas por ahuellamiento y fatiga, de ello se determinó un tráfico admisible de 648,198 EE. La infraestructura propuesta aporta resistencia y durabilidad, además de mitigar la erosión producida por los cambios climáticos.

Palabras clave: Pavimento Flexible, geoceldas, geosintéticos, vías, infraestructura.

ABSTRACT

The present project entitled "Design of flexible pavement using geocells in the section Marcochugo - El Capulí - La conga, Huamachuco - Sánchez Carrión - La Libertad- 2022", the research is of an applied type with a non-experimental design (transversal descriptive), has as main objective to carry out the design of flexible pavement using geocells, the study area comprises 5.5 km, within it soil studies were carried out, obtaining a design CBR of 7.7% and a traffic study with an ESAL of 99,526 EE, a design was carried out of pavement without reinforcement by the AASHTO 93 method and a structure of 5 cm of asphalt layer and 20 cm of base was proposed, which will be reinforced with 15 cm high geocells. To determine the functionality, the mechanistic method was used using the KENPAVE software, where the values for rutting and fatigue failures were obtained, from which an admissible traffic of 648,198 EE was determined. The proposed infrastructure provides resistance and durability, in addition to mitigating the erosion produced by climate changes.

Keywords: Flexible Pavement, geocells, geosynthetics, roads, infrastructure.

I. INTRODUCCIÓN

La conexión entre ciudades, pueblos y caseríos se ha vuelto indispensable para el desarrollo y la sostenibilidad de las personas, por ello es fundamental que las vías de acceso se encuentren en buen estado para que de esta manera la comodidad de las personas al transportarse de un lugar a otro no se vea afectado por la falta de rehabilitación de las vías o por falta de ellas. Los poblados que están alejados de las ciudades son los que mayormente padecen de incomodidad al transportarse debido a que muchas de las carreteras o trochas que existen en las zonas se encuentran en mal estado debido a factores climáticos o falta de atención de los funcionarios públicos en mejorar las vías, ya que generalmente es el acceso por donde las personas las utilizan para desplazarse hacia un centro médico, trabajo o estudio y facilitan actividades principales de desarrollo como el comercio, turismo, minería, agricultura y ganadería por lo tanto se debe disponer de una buena infraestructura vial para así poder asegurar una circulación segura y confiable.

Las carreteras no pavimentadas son importantes ya que generan un gran avance en los países que están en camino al desarrollo, por lo tanto es una necesidad primordial mantener las vías en buen estado; a pesar de que el Perú posee numerosos caminos, muchos de ellos se encuentran sin pavimentar, los cuales no reflejan una estructura adecuada ya que se necesita realizar un estudio mayor para dar alternativas de solución ya sea con afirmado, pavimento flexible, rígido o semirrígido (Atiquipa y Rosalino 2018).

De acuerdo a los informes emitidos por MTC (2019). La Libertad cuenta con 8805.6km de red vial, de ello La Red Nacional cuenta con 1261.8km, la Red departamental tiene extensión de 1941.2km; la Red Vecinal cuenta con 5602.7km siendo la más extensa y en su mayoría no presentan el más óptimo diseño para la transitabilidad vehicular.

Según el Centro de Investigación Empresarial (CIE) indicó que al año 2020 sólo 13.3% de vías de acceso de la macro región Norte se encuentran pavimentadas, siendo Lambayeque la región que cuenta con más carreteras pavimentadas con un porcentaje de 30.9%; por otra parte La Libertad y Cajamarca son las regiones que cuentan con el menor porcentaje de carreteras no pavimentadas ya que no pasan

el 6% del total de sus vías, de las cuales las redes viales rurales de La Libertad cuentan solo con el 2.8% de pavimento.

Los centros poblados de Marcochugo, El Capulí y La Conga están situados en Huamachuco, pertenecientes a Sánchez Carrión, La Libertad, estos se conectan por un camino vecinal que se encuentra en mal estado por falta de mantenimiento y por el cambio climático que provocan precipitaciones, vientos y altas temperaturas por lo que afecta en gran magnitud el estado de carretera siendo el problema más frecuente el deslizamiento de tierras y el enlodamiento volviéndose inaccesible para transportarse, sumando a esto el mal diseño de la vía de acceso ya que carece de señalizaciones y obras de arte, las cuales no cumplen con las características óptimas de acuerdo a la norma DG-2018 establecida por el MTC.

El camino vecinal que conecta los centros poblados de Marcochugo, El Capulí, La Conga tiene aproximadamente 5.5 kilómetros, siendo este el acceso principal para el progreso de sus actividades socio económicas, como son la agricultura, ganadería y extracción de madera; de modo que el desarrollo de dichas actividades se ven afectadas por el mal estado de la vía ya que no cuentan con el mantenimiento adecuado dificultando el traslado de sus productos para poder abastecer y ser comercializados a los mercados locales, nacionales e internacionales.

Ante tal problemática este proyecto tiene como fin realizar el diseño de pavimento flexible para el camino vecinal que une los centros poblados de Marcochugo – El Capulí – La Conga implementando el uso de geoceldas con el fin de mitigar posibles fallas en el pavimento haciéndolo más resistente y duradero a las cargas aplicadas y a los factores climáticos, con esto se busca generar el desarrollo de dichos centros poblados ya que al transcurrir el tiempo se va generando nuevas necesidades, una de estas es la de movilizarse; es por eso que es fundamental realizar correctos estudios preliminares y así garantizar el óptimo diseño geométrico de carretera y pavimento acorde de acuerdo al Manual de Carreteras y a la normativa ASSHTO 93.

Ante esto la presente investigación plantea el siguiente **problema general**: ¿Cuál será el diseño óptimo que presentará el pavimento flexible aplicando geoceldas en

el camino vecinal que conecta los centros poblados de Marcochugo – El Capulí – La Conga pertenecientes al distrito de Huamachuco, Sánchez Carrión, La Libertad 2022?

Este presente proyecto teóricamente se justifica ya que de acuerdo a los estudios preliminares favorecerá la ejecución de un óptimo diseño geométrico y de carpeta de rodadura a nivel de pavimento flexible implementando el uso de geoceldas así garantizar la durabilidad del tramo de carretera. Metodológicamente se efectuará el mejoramiento del camino vecinal con base a la recolección de datos; así mismo dar un aporte para investigaciones venideras con el fin de proponer y mejorar las conexiones viales rurales hacia las ciudades. Socialmente se justifica ya que la mejora del camino vecinal, favorecería en el avance social y económico de estos centros poblados ya que el desarrollo de sus principales actividades económicas tendría un mejor acceso de salida para ser distribuidos y comercializados, además se generaría un incremento significativo en el turismo ya que esta vía tiene acceso a las ruinas arqueológicas de Wiracochapampa. En el ámbito práctico el proyecto realizará el diseño de la carretera ya que la existente no cuenta con los lineamientos dados por la norma, la cual en tramos esta llega a tener pendientes mayores del 12%, además el diseño de pavimento flexible con geoceldas proporcionará una infraestructura más duradera para el transporte pesado.

De tal forma se plantea como **objetivo principal**:

Realizar el diseño a nivel de pavimento flexible utilizando geoceldas para el camino vecinal que conectan los centros poblados de Marcochugo – El Capulí – La Conga.

Así mismo, como **objetivos específicos** se plantea:

- Realizar el estudio topográfico en el tramo Marcochugo – El Capulí –La Conga.
- Determinar las características físicas y mecánicas que presenta el suelo mediante el EMS en el tramo Marcochugo - El Capulí - La Conga.
- Realizar el estudio Hidrológico del tramo Marcochugo - El Capulí – La Conga.
- Determinar el IMDA y ejes equivalentes a través del estudio de tráfico en el tramo Marcochugo - El Capulí - La Conga.
- Elaborar el diseño geométrico de la carretera del tramo Marcochugo- El Capulí- La conga.

- Diseñar el pavimento flexible reforzado y no reforzado con geoceldas en el tramo Marcochugo- El Capulí- La Conga.

Como hipótesis se plantea: El pavimento contará con una infraestructura que estará reforzada con geoceldas mejorando la resistencia y durabilidad, teniendo que el tráfico mínimo esperado respecto a los ejes equivalentes será mayor al N° de ejes equivalentes del tráfico de diseño.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes internacionales; Tellez y Maldonado (2021), elaboraron una simulación numérica para la estructura de un pavimento flexible aplicando geoceldas, donde se busca determinar la disminución en las lesiones y afectaciones a la transitabilidad de las vías generadas por la pérdida de continuidad de la subrasante en donde se apoyan las estructuras de pavimentos flexibles utilizando geocompuestos como son la geoceldas. Para la zona de estudio se emplearon cuatro alternativas de construcción, donde se consideraron dos alternativas de mejoramiento de subrasante: con piedra rajón y con la aplicación de geoceldas, así mismo se utilizó el programa PLAXIS para determinar el comportamiento dinámico, Este análisis permitió evidenciar que para un medio continuo y un discontinuo(con fisura), es mejor el uso de geoceldas para el mejoramiento en la subrasante ya que en el modelamiento los desplazamientos horizontales y verticales tienen una disminución entre un 4% y 16%.

Méndez Navarro (2020), en su trabajo de grado planteó el diseño de pavimento flexible empleando agregados reciclados y geosintéticos para las av. Boyacá y Ferrocarril de occidente en Bogotá, Colombia. Acorde con los estudios de suelos se determinó que la subrasante de diseño está conformada por 90% de arcillas y 10 % de limos, estableciéndose un 3.2 % de CBR de diseño y un Mr. de 37.07 Mpa, del estudio de tráfico se estipuló un ESAL de diseño 3 179 400 EE para un periodo de 10 años. El diseño de pavimento se realizó mediante el método mecanicista donde propuso dos alternativas de las cuales se llegó a la conclusión de que emplear geoceldas en la capa de agregados reciclados mitiga los fallos por fatiga y aumenta su módulo en la carpeta asfáltica.

Lizárraga López (2013), en su investigación tuvo como objetivo principal evidenciar mediante modelos analíticos que utilizar geomallas biaxiales aumenta la resistencia a la tracción, aumenta la vida de fatiga en capas granulares y reduce los espesores al realizar el diseño de pavimento flexible. Para ello se empleó AASHTO 93 utilizando métodos analíticos de respuesta (Bisar 3.0, Everstress y Alize III) que permiten realizar la comparación de la estructura del pavimento. Se concluyó que la mezcla bituminosa se redujo 10 cm de espesor en relación a los 15 cm en condiciones de deslizamiento, representando un ahorro de 66.67% en mezcla bituminosa.

A nivel nacional Valentín y Vallarades (2021) en su tesis realizaron la comparación del uso de geomalla triaxial TX-5 y geoceldas HDPR de 12 cm aplicado en el pavimento flexible, para el determinar los beneficios del uso de la geomalla emplearon las metodologías AASHTO-R50 y Giroud Han, obteniendo mejores resultados AASHTO-R50, Así mismo para las geoceldas se empleó el método Mexichem y su posterior modelamiento empleando el software WinDepav, se llegó a la conclusión que el uso de geoceldas como refuerzo en la subrasante es el más óptimo y adecuado en los pavimentos flexibles, ya que los resultados obtenidos con la implementación de geoceldas mitigó un 58.9% referente al diseño tradicional, y con la implementación de geomallas solo se optimizó en un 22%, respecto a la economía se tuvo un acortamiento de presupuesto total en un 5.6%.

Santiesteban Alaya (2019), en su proyecto tuvo como objetivo principal, precisar los beneficios que genera la aplicación de geoceldas en la estructura del pavimento flexible en las vías pavimentadas de Huaura, Lima. Contó con un total de muestra de 74 km, una vez evaluadas la implementación de geoceldas para la estructura del pavimento, se determinó que aumentó el CBR de un 19.8% a un 58.2% en máxima densidad seca, se optimizó el asentamiento de la estructura en un 28.9%, por lo que garantizará una máxima durabilidad y conservación de la vía, así mismo los costos se reducen en un 8.23%.

Pezo López (2022), en su investigación determinó los refuerzos en la estructura del pavimento flexible combinando el uso de geotextil y geomalla en suelos expansivos, el área de estudio está comprendido en el tramo de la entrada del centro poblado de Succha en la región de San Martín. Del estudio de suelos obtuvo el valor de la

subrasante crítica CBR de 2.09%. El modelamiento estuvo basado de acuerdo al modelo MohrCoulomb en el software Plaxis, este permite determinar los esfuerzos y deformaciones al aplicar una carga axial sobre la estructura. Los resultados obtenidos indican los factores de refuerzo aplicando geomalla y la combinación de geomalla y geotextil que son de 1.21 y 1.25 respectivamente.

De manera local Sosa Vargas (2019) en su investigación tiene como finalidad realizar el diseño de pavimento usando geosintéticos para así poder incrementar la resistencia en la estructura del pavimento de la av. Tréboles, Chiclayo, Lambayeque. Al realizarse los estudios previos como el estudio de suelos, se determinó que su área de estudio está compuesto por limos y arcillas, así mismo se alcanzó a determinar un CBR promedio de 7.22%, se calculó un ESAL de 8'728,340.39 EE. Como resultados se obtuvo que la geomalla biaxial extruida EGB 20 cumplen con la función esperada en la estructura, con respecto a los costos de un pavimento convencional a un pavimento usando geotextiles este disminuye 6.14%, por otro lado uno convencional y uno aplicando geomallas el costo disminuye en un 4.39%.

Miranda Ramos (2019), en su trabajo de investigación evaluó la aplicación de geomallas biaxiales en el pavimento flexible en la base y sub base en el tramo de carretera Tayabamba – Ongón, Pataz, La Libertad. El diseño de pavimento se realizó mediante el método AASHTO 93, derivando de este diseño la implementación de dos geomallas que presentan distinta resistencia, la geomalla LBO 202 y LBO 302. En ambos diseños se empleó el software Geosoft Pavco 3.0, que permite determinar los espesores de la sub base y base que estará reforzada con geomalla. De acuerdo a los resultados de la comparación obtenida, la geomalla LBO202 disminuye los espesores de la base y sub base en 4 y 43% respectivamente, y la geomalla LBO302 disminuye un 8 y 50% de base y sub base respectivamente.

Como bases teóricas para la presente investigación tenemos:

De acuerdo al manual DG-2018 establecer estudios previos para elaborar el diseño geométrico de una carretera es importante ya que la información recopilada vigente permita facilitar los estudios a realizar en el proyecto; donde para obtener esta

información se deberá recurrir a fuentes como mapas, cartografías, vértices geodésicos, etc. (MTC, 2018, p. 15).

Para realizar el mejoramiento de una carretera o vía es necesario incrementar los estándares de estas, realizando modificaciones esenciales a la geometría existente, de esta manera permitirá reconstruir la carpeta de rodadura con material de tierra a una con material de afirmado (Manual de diseño de Carreteras no Pavimentadas, 2008, p. 22).

Fienco Jalca *et al.* (2017) indican que las carreteras deben de cumplir con características de diseño de acuerdo al terreno para que el trazado se enlace en lo posible con el cumplimiento de las normas dadas por la ingeniería para que la realización de la obra vial sea funcional en base a la seguridad, calidad, duración y economía (p. 12).

Para realizar un buen diseño geométrico es necesario obtener estudios preliminares como el estudio de suelos, la topografía, el estudio hidrológico, aspectos ambientales; para que posteriormente se realice el diseño geométrico de la carretera.

El estudio del suelo consiste en determinar los criterios físicos y mecánicos de los materiales que constituyen el suelo y tipos de suelo; y determinar objetivamente el valor relativo del soporte de manera que se pueda cuantificar el aporte actual de la subcapa al diseño del respectivo pavimento. Del mismo modo, identifique mejoras en el suelo si es necesario. Esquivel paredes y Zambrano Tirado (2016) “indican que al suelo se le considera como un agregado natural que poseen granos minerales que cuentan con componentes orgánicos o que prescindan de ellos, estas pueden separarse por medios mecánicos naturales” (p. 32).

Es fundamental realizar un estudio de suelos para determinar la calidad del terreno donde se trabajará, así poder identificar si este es apto para trabajar en él. El MTC, 2014 indica que los suelos que presentan inestabilidad puede generar problemas a la estructura de la vía, dado que desde hace un tiempo atrás se realizan estabilizaciones químicas con diferentes productos como la cal, el cloruro de sodio, cemento portland, entre otros, que se emplean de acuerdo a las propiedades del suelo y al alcance que tendrá la vía.

Manimaran A. *et al.*, (2018) demostraron que la combinación de GBFS (cementos binarios) y cemento portland incrementa la resistencia mecánica del CBR por efectos de los productos puzolánicos, este varía dependiendo al curado respectivo y al porcentaje añadido de GBFS.

Por otra parte la topografía es la encargada de determinar dimensiones extensas de una parte de terreno, donde se adquiere datos para realizar las representaciones gráficas que estarán plasmadas en planos a escala que precisarán la forma y el tipo de terreno que presenta el lugar; la topografía también permite calcular distancias en ejes (x; y), juntamente con la medición y obtención de ángulos referenciados en puntos (Gámez William, 2015, p. 10)

El diseño geométrico debe contar con una buena funcionabilidad ofreciendo comodidad, integración en sociedad, estética. Por lo que el levantamiento topográfico debe cumplir con lo requerido para realizar un correcto diseño detallado.

En la actualidad para realizar un buen levantamiento topográfico para el diseño de una vía se puede realizar de diferentes maneras, una de ellas y la más convencional es utilizando una estación total o con GPS diferencial; donde es muy complicado realizar una comparación entre estos dos tipos de levantamientos ya que existe una información muy escasa para determinar las diferencias y desviaciones que esta puede presentar. (Hilario Solis, 2013)

La hidrología aplica y estudia a las manifestaciones hidrológicas, la cual pretende cuantificar e interpretar los diferentes fenómenos causados por el agua aportando soportes de estudios para proyectos de diseños viales y medioambientales (Fattorelli S. y Fernandez C., 2011, p. 19)

De acuerdo a la investigación nos podemos dar cuenta de la importancia de los proyectos viales; pues estos no solo involucra al diseño de vías y carreteras, sino que también a diferentes obras de arte como cunetas, canales, alcantarillas, puentes, vados y badenes, entre otros que sirven para aportar al diseño y para garantizar que en las futuras avenidas respecto a los cambios climáticos estas cumplan sus funciones para las cuales fueron construidas.

Para poder obtener datos climatológicos y pluviométricos desde una temporada prevista se debe recolectar información de las estaciones hidrológicas brindadas por el SENAMHI.

De acuerdo a Vélez Upegui, *et al.* (2013) “manifiesta que es importante definir criterios y aspectos hidrológicos e hidráulicos tomando en cuenta los periodos de retorno, las cuales en los proyectos viales se utiliza comúnmente periodos de entre 10 a 200 años, así poder obtener y estimar caudales máximos”(p. 06).

El Diseño geométrico de una vía se realiza dependiendo la especificación requerida según los parámetros de diseño, definiéndose el tipo de carpeta de rodadura sea a nivel afirmado, pavimento flexible, rígido o articulado; donde también se incluyen las señalizaciones. Estos criterios se relacionan para determinar las propiedades técnicas y físicas con la que se debe diseñar la vía. Esto debe responder a las necesidades social y económica.

Así mismo es necesario realizar el estudio de tráfico para obtener el espesor de la carpeta de rodadura a partir del IMDA. Según Palacios Hernández y Vásquez Salinas (2021) “indican que el estudio y evaluación de tráfico proporciona el mejoramiento y durabilidad de la infraestructura vial ya que de ello se considerarán los criterios para el correcto diseño de la carpeta de rodadura” (p. 23).

Las carreteras están clasificadas dependiendo la demanda de tráfico, es por eso que se encuentran clasificadas; las autopistas de primera clase presentan un IMDA superior a 6000 veh./día, estas deben contar con dos carriles a más; las autopistas de segunda clase tienen un tráfico que está entre 6000 y 4000 veh./día, debe de contar mínimo con dos carriles teniendo con un ancho mínimo de calzada igual a 3.60 m; también encontramos las carreteras de primera clase y segunda clase, estas cuentan con IMDA de 4000 a 2000 y 2000 a 400 veh/día respectivamente, estas deben contar con una carpeta de rodadura de pavimento.

Así mismo se encuentran las carreteras de tercera clase, estas presentan un IMDA menor inferior a 400 veh./día teniendo en cuenta que el ancho mínimo de carril debe ser de 3.00 m. Las trochas carrozables presenta un IMDA del 200 veh/día con un ancho mínimo de calzada de 4.00m.

Baque Solis (2020) “define que los pavimentos usualmente están adecuados por las siguientes capas: carpeta de rodadura (flexible, rígido o articulado); la base (material granular $CBR \geq 80\%$); y la sub base (material granular $CBR \geq 40\%$)” (p.206).

Los problemas más presentados en un pavimento flexible son las fallas por ahuellamiento en la subrasante y en la carpeta asfáltica, así como también los agrietamientos por fatiga.

“Los principales daños provocados en el pavimento aparte de la carga soportada y el clima son las deformaciones permanentes viéndose como ondas en la vía, estos daños aceleran el deterioro del pavimento” (Porrás et al, 2017, p. 127).

Existen diferentes geosintéticos que sirven para realizar una estabilización de suelos evitando deformaciones por los cambios climáticos presentados en la zona y por la variación de cargas aplicadas al pavimento.

Blanco, Grupp y Voirol (2008). “El reforzamiento con geosintéticos presenta una capacidad para dispersar las cargas concentradas en áreas más grandes de la sub base para evitar deformaciones laterales de los suelos y agregados” (p. 03).

Vargas Jiménez et. al (2017). “La geomalla y los geosintéticos se utilizan como opción para reducir espesores considerados en la carpeta de rodadura, siendo una solución más practica ya que reforzará y mitigará los esfuerzos producidos sobre la carpeta de rodadura, además de reducir los costos” (p. 01).

Norambuena, José et. al (2009) “ Generalmente los geosintéticos como plásticos sintéticos (poliméricos) son susceptibles al cambio de temperaturas, esto provoca la variación de las propiedades en relación de exposición de la misma” (p. 96).

Sivapriya S. y Ganesh (2019). “El incremento de tráfico genera altas cargas verticales y esto conduce al aumento de fallas o agrietamiento en los pavimentos, la tensión aplicada se puede reducir aplicando geosintéticos, estos se emplean como separadores evitando la mezcla de los materiales granulares” (p. 39).

Guzmán Martínez et. al (2019). “La climatología es uno de los factores en las fallas de pavimentos, siendo los geosintéticos un reemplazo a los materiales granulares usuales que facilitan la disolución de la presencia de poros generados por la infiltración” (p. 46).

Rodríguez y Del Águila (2018) “Las geoceldas particularmente son adecuadas para realizar estabilización de suelos en zonas de soporte de carga, se emplean generalmente en taludes, embalses y pavimentos” (p. 21).

Tienen una estructura tridimensional que se emplea para incrementar la capacidad de resistencia en las capas que forman el pavimento, proporcionando un mayor tiempo de durabilidad.

Este tipo de geosintéticos están hechos de polietileno y polipropileno siendo una opción a utilizar como soporte de carga. Por tanto, se pretende controlar la erosión superficial mitigando las fuerzas que producen los cambios climáticos, al estabilizar el suelo bajo carga y elimina no solo los problemas de drenaje, sino también los de revestimiento y refuerzo.

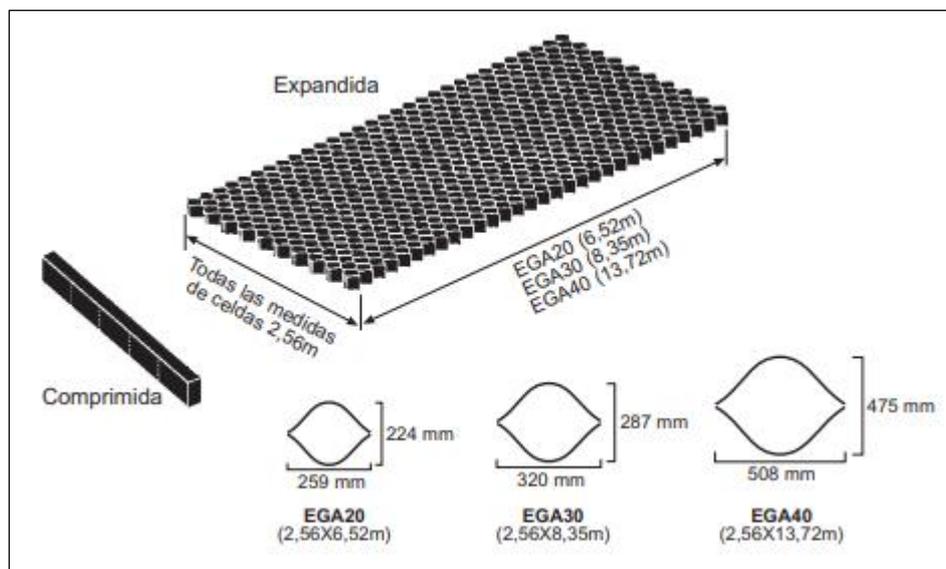


Figura 1. Dimensiones de geoceldas

Fuente: Geoproducts Aquanea

Urresta Melo (2015) “La implementación del sistema con geoceldas mejora el comportamiento del material de relleno y al mismo tiempo aumenta la capacidad portante de la capa de pavimento, simulando una placa o viga semirrígida, donde la carga se distribuye en un área más amplia” (p. 04).

Según el manual de Geosintéticos Pavco (2012, p. 165), al realizar un análisis relativo del comportamiento de las estructuras reforzadas y no reforzadas con geoceldas utilizando un modelo de elementos finitos, es posible obtener ventajas

en el comportamiento de las estructuras reforzadas, teniendo en cuenta las diferencias en la rigidez de los materiales granulares.

Han J. *et. al* (2008) “Las investigaciones realizadas tanto experimental como numérica se demuestra que las geoceldas aumentan capacidades de carga y al módulo de elasticidad de arena reforzada y brinda un óptimo confinamiento al material de relleno” (p. 13).

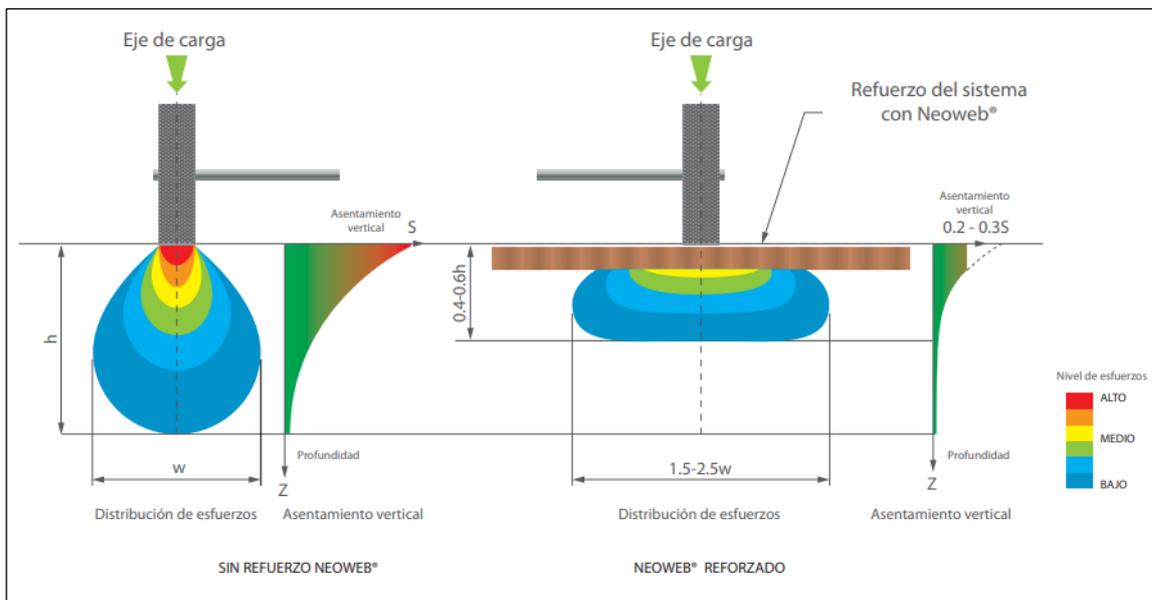


Figura 2. Refuerzo con geoceldas y no reforzado (efecto viga)

Fuente: Manual de diseño con Geosintéticos Pavco, 9 ed.

Para realizar la metodología de diseño se debe tener en cuenta que para el relleno en las geoceldas solo pueden usarse materiales granulares como, grava, arena, entre otros.

“El comportamiento de los materiales granulares no tratados en las capas de base y sub base, al aplicarse una carga presentan deformaciones resilientes y plásticas, de tal manera que el método mecanicista determina el comportamiento de los esfuerzos y deformaciones generados en la estructura” (Rondón y Reyes, 2007, p. 67).

El método para el diseño se apoya en el análisis del comportamiento de las capas que posee el pavimento, en función del comportamiento elástico del material, se

puede determinar los valores máximos permisibles para aplicar las cargas respectivas a un eje de carga. El efecto del módulo sobre el comportamiento del material se produce tanto en la región elástica y plástica del material, lo que aumenta la relación tensión-deformación y conduce a que la vida útil de la estructura sea mayor.

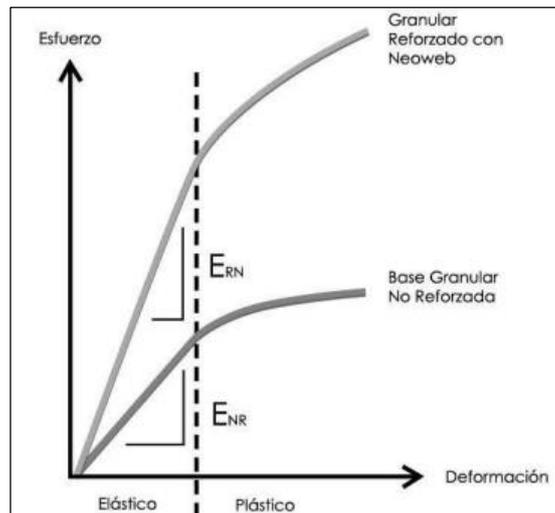


Figura 3. Esquema de esfuerzos y deformaciones

Fuente: Manual de diseño con Geosintéticos Pavco, 9 ed.

Martín Garzón (2017) “La incorporación de geoceldas brinda una distribución para los esfuerzos verticales, creando una acción similar a la de una losa que distribuye la carga en un área más extensa; además con el efecto membrana encapsula y sostiene el suelo de manera horizontal” (p. 13).

El enlace entre el módulo de material confinado y no confinado con geoceldas es conocido como MODULUS IMPROVEMENT FACTOR (MIF) representado por la siguiente ecuación:

$$\mathbf{MIF} = \frac{\mathbf{E\ reforzado}}{\mathbf{E\ no\ reforzado}}$$

Generalmente, el proceso MIF se sujeta en el estudio del comportamiento de tensión y deformación de la estructura del pavimento. A diferencia de las estructuras convencionales, en las estructuras reforzadas con geoceldas se desconoce el módulo de elasticidad de una de las capas.

En general, el proceso MIF se basa en determinar el comportamiento de tensión y deformación de la estructura del pavimento. A diferencia de las construcciones tradicionales, en las construcciones reforzadas con geoceldas se desconoce el módulo de elasticidad de la capa confinada dentro de las celdas.

El MIF presenta variaciones tales como: A menor módulo del material de relleno mayor es el MIF, al igual que entre mayor es el módulo de material de soporte mayor es el MIF. Así mismo varía entre un valor de 0 a 5.

La siguiente tabla presenta algunos valores que presenta el MIF, considerando los materiales granulares típicos de llenado y de soporte.

Tabla 1. Valores del MIF

Capa de Soporte E_{soporte} (MPa)	Módulo del material de lleno = E_{llenado} (MPa)				
	80	110	150	200	300
50	4.0	3.6	3.0	2.5	1.8
100	4.2	3.8	3.2	2.8	2.0
150	4.5	4.0	3.4	2.9	2.1
200	4.8	4.2	3.6	3.1	2.2
300	5.0	4.4	3.8	3.3	2.3

Fuente: Manual de diseño con Geosintéticos, Pavco

La región de transición del MIF actúa como un amortiguador, lo que permite que los materiales de refuerzo (geoceldas) se relacionen fácilmente con materiales blandos o de bajo módulo sin los efectos adversos de las capas gran rigidez.

Por razones de diseño, independientemente de los espacios semidefinidos, el MIF sólo se aplica a las denominadas áreas totalmente confinadas, correspondientes a la altura de la celda (100-150 mm) y 20 mm arriba y debajo de los límites de la geocelda.

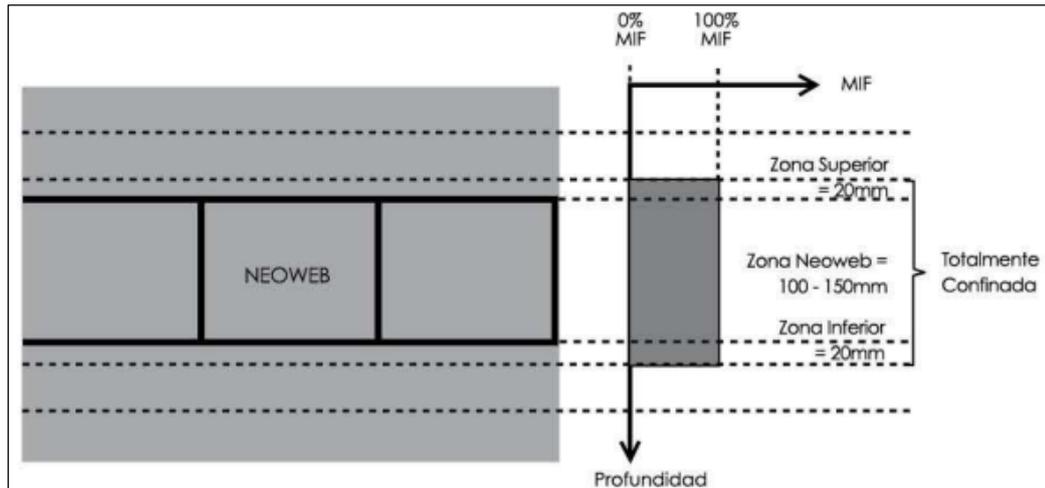


Figura 4. Esquema de esfuerzos y deformaciones

Fuente: Manual de diseño con Geosintéticos Pavco, 9 ed.

El refuerzo de geoceladas proporciona optimización modular para espacios semidefinidos y en confinación total. Esta unidad se calcula utilizando el siguiente gráfico.

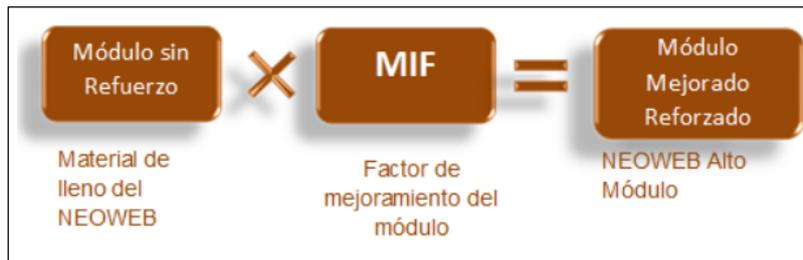


Figura 5. Esquema de esfuerzos y deformaciones

Fuente: Manual de diseño con Geosintéticos Pavco, 9 ed.

Dado los lineamientos correspondientes de acuerdo al método mecanicista la siguiente ecuación permitirá calcular el módulo modificado del pavimento.

$$E_{mod} = \frac{(H1 * MIF * E) + (H2 * E)}{H}$$

De acuerdo al método racional se procede a modelar la estructura con el uso de programas (CEDEM, EVERSTRESS, KENPAV, DEPAV, ALIZE III) la cual se debe tener en cuenta los criterios de deflexión, ahuellamiento y fatiga para precisar el tráfico permisible o comparar los valores mínimos que debe tener respecto a la alternativa tradicional de diseño.

“La estabilización subrasante con geoceldas son limitadas ya que se carece de métodos, así mismo las geoceldas influyen en la calidad de llenado del material granular” (Duarte Camila, 2011, p. 13).

Otra alternativa de mejoramiento de subrasante es la utilización de piedra (rajón), Basante; Villacrés y Cruz (2021) “La piedra rajón genera una estructura que soporta y apoya al control de humedad producida en el suelo, esta se emplea en reemplazo de los geosintéticos” (p. 62).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación: La investigación es de tipo aplicada

3.1.2 Diseño de investigación: En diseño de la presente investigación es no experimental, transversal descriptivo, la cual contará con el siguiente esquema.



M: Está representada por la zona de estudio donde se realizará la investigación (Marcochugo- El Capulí- La Conga).

O: Información de datos recopilada

3.2. Variables y operacionalización:

Tiene como variable independiente el diseño de pavimento flexible empleando geoceldas en el tramo Marcochugo- El Capulí- La Conga, del distrito de Huamachuco, Sánchez Carrión, La Libertad.

3.2.1 Definición conceptual: “Los pavimentos flexibles presentan una estructura compuesta una capa de rodadura, que están formados con materiales aglomerantes y aditivos, estas presentan una capas granulares de base y sub base. La metodología para su diseño presenta los criterios de tráfico, módulo de elasticidad y drenaje” (De La Cruz y Paredes, 2021, p.108).

3.2.2 Definición operacional: El diseño vial se basará en determinar las características del sistema vial de acuerdo con la normatividad vigente; se empleará con base al estado del campo y un conjunto de pruebas realizadas en laboratorio para adquirir las propiedades físicas, así como también mecánicas del suelo; ya que de esta manera ayudará a que el trazado vial sea compatible con el entorno.

El diseño del pavimento flexible reforzado con geoceldas estará reflejado de acuerdo a las siguientes dimensiones, la realización del levantamiento topográfico, analizar las propiedades del suelo, el estudio de tráfico y los parámetros correspondientes para realizar el diseño geométrico de acuerdo a la norma DG-2018. Además se diseñará la estructura de pavimento flexible con geoceldas apoyado por la norma AASHTO 93, y por el manual de geosintéticos Pavco,

3.2.3 Indicadores: De acuerdo al levantamiento topográfico se tienen los siguientes lineamientos a trabajar; el trazo de poligonales, curvas de nivel, perfiles longitudinales y transversales teniendo en cuenta las pendientes mínimas y máximas. Respecto al estudio de suelos se tendrán como indicadores los ensayos de granulometría, C.B.R., el contenido de humedad, límites de consistencias, pesos específicos y densidad máxima. En el diseño geométrico se tiene como indicadores el índice medio diario, la velocidad de diseño, los radios mínimos, las pendientes máximas y mínimas. El diseño del pavimento flexible con la aplicación de geoceldas en base con el apoyo del método mecanicista.

3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.

3.3.1 Población: “La población de estudio es un conjunto de casos, definidos, limitados y asequible, servirá de antecedente para seleccionar la muestra que cumplirá con un conjunto predefinido de criterios” (Novales, et al 2016, p. 02). En base al concepto, el presente estudio tiene como población el Camino vecinal tramo Marcochugo – El Capulí – La Conga.

3.3.2 Muestra: “Una adecuada determinación de muestra no solo posibilita establecer cuál es la más baja cantidad de integrantes imprescindible para determinar nuestra hipótesis de utilidad” (Quipe, Antonio *et al.*, 2020, p. 78). Es por ello que la muestra corresponde a toda la población definida que corresponde al tramo de carretera conecta los centros poblados Marcochugo – El Capulí – La conga.

3.3.3 Muestreo: “Tiene por finalidad el muestreo, estudiar las relaciones actuales entre la división de una variable en los habitantes y el reparto de esa variable en la muestra dada investigar” (Otzen, Manterola 2017, p. 227). La presente investigación es de carácter no probabilístico, ya que la muestra se está delimitada de manera directa por un tramo específico.

3.3.4 Unidad de Análisis: Es el tramo que conecta los centros poblados de Marcochugo – El Capulí – La Conga con una longitud de 5.5 k.m.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

3.3.1 Técnicas

“Para la determinación de una variable es necesario el apoyo de técnicas como la observación, revisión documental, entrevistas, encuestas, etc., para permitir que el investigador tenga acceso a la recolección de datos necesarios requeridos en la investigación” (Useche *et al.*, 2019, p. 30).

Dado que el presente trabajo estará basado por la técnica de observación de modo que apoyará a obtener los datos del IMDA, así mismo en la topografía y en el estudio de mecánica de suelos. La cual permitirá clasificar la información obtenida con el fin de procesar adecuadamente para la obtención de los resultados.

3.3.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos a utilizar son las fichas de información que serán de utilidad para procesar los datos obtenidos mediante las técnicas de observación y empleando el uso de equipos topográficos.

3.4 Procedimientos:

La recaudación de datos se hará de manera exhaustiva con el apoyo de una ficha con el formato de conteo vehicular para determinar el IMDA, así mismo se hará un requerimiento de equipos topográficos para determinar el tipo de terreno y obtener los puntos topográficos para ser procesados en gabinete; de igual manera se realizará el estudio de suelos para la obtención del CBR y con el apoyo de información tecnológica para procesar y evaluar el estudio hidrológico de la zona a estudiar, así mismo se realizará el diseño de pavimento flexible de acuerdo a la norma AASHTO 93 y el manual de Geosintéticos Pavco 9 ed. 2012.

3.5 Método de análisis de datos:

La información recopilada en campo será procesada digitalmente con el apoyo de programas como el Microsoft Excel y Word que sirven para facilitar los cálculos e ingresar textos respectivamente; así mismo nos apoyaremos de software tales como el AutoCAD y AutoCAD Civil 3D para el diseño geométrico de la carretera ya que nos permitirá obtener la vista en planta, además de las secciones transversales, longitudinales y diseño de obras de arte, utilizando el manual DG – 2018; además se utilizarán las normas AASHTO 93 y el manual de diseño con geosintéticos Pavco, y el software KENPAVE para determinar el ahuellamiento y la fatiga que produce la carga que estará sometida el pavimento.

3.6 Aspectos éticos:

El presente proyecto está elaborado en base a la responsabilidad y dedicación, donde se cumplen con los códigos de ética en el aspecto de originalidad del trabajo ya que es apoyado con el programa turnitin. Para poder realizar el presente proyecto se tuvo que obtener un permiso por parte de la Municipalidad de Sánchez Carrión para poder desarrollar el informe y así poder beneficiar a los poblados de Marcochugo, El Capulí y La Conga.

IV. RESULTADOS

4.1. Estudio Topográfico.

4.1.1 Generalidades

Para el presente proyecto de investigación denominado: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELDAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD – 2022”, se realizó el levantamiento topográfico para realizar el diseño según el Manual de Carreteras DG-2018

4.1.2 Ubicación política

Departamento : La Libertad

Provincia : Sánchez Carrión

Distrito : Huamachuco

Caserío : Marcochugo – El Capulí – La Conga

4.1.3 Ubicación Geográfica

Para el presente estudio se determinó las coordenadas UTM en un punto de inicio y en un punto de término del tramo.



Figura 6. Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Google Earth

Tabla 2. Puntos de Georeferenciados

COORDENADAS			
PUNTO DE INICIO		PUNTO DE TERMINO	
LUGAR	Marcochugo	LUGAR	La Conga
NORTE	9140171.30	NORTE	9141921.842
ESTE	827626.07	ESTE	831079.515
ELEVACION	3080.88	ELEVACION	3283.311

Fuente: Elaborado por el investigador

4.1.4 Puntos de Estación

Los puntos se colocan principalmente con el fin de obtener realizar un óptimo levantamiento. La siguiente tabla detalla las coordenadas y la elevación del terreno.

Tabla 3. Puntos de Estación

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
1	9140171.3	827626	3080.88	ET1
42	9140273.32	827677.755	3084.331	E3
63	9140348.75	827730.293	3085.975	E4
78	9140385.96	827744.574	3086.326	E5
106	9140524.15	827929.66	3090.489	E6
131	9140576.84	828011.646	3093.812	E7
161	9140685.3	828262.233	3113.052	E8
229	9140704.36	828392.592	3115.393	E9
246	9140696.42	828526.894	3112.766	E10
271	9140746.28	828748.489	3123.568	E11
285	9140787.96	828892.348	3118.183	E12
305	9140790.65	828989.583	3123.083	E13
324	9140752.13	829110.694	3129.457	E14
342	9140749.53	829169.036	3134.996	E15
368	9140814.13	829437.582	3175.733	E16
387	9140774.39	829542.455	3169.18	E17
414	9140789.27	829782.437	3170.52	E18
456	9140759.12	830195.385	3157.243	E19
472	9140758.73	830319.869	3151.633	E20
479	9140758.53	830345.996	3149.794	E21
498	9140764.22	830467.968	3144.789	E22

516	9140802.35	830573.23	3143.229	E23
530	9140800.8	830628.308	3142.34	E24
541	9140934.59	830719.061	3131.474	E25
PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
623	9141177.68	830828.996	3180.31	E26
635	9141271.07	830797.758	3193.926	E27
649	9141353.4	830799.52	3203.709	E28
662	9141447.92	830817.199	3211.7	E29
680	9141624.77	830768.523	3225.294	E30
698	9141618.41	830822.118	3236.592	E31
729	9141858.47	830876.052	3263.994	E32

Fuente: Elaborado por el investigador

4.1.5 Procesamiento

Ya obtenidos los puntos mediante el levantamiento, se inicia el procesamiento de los datos, los cuales se extraen de la Estación Total donde se obtuvo la información, para luego convertir a formato CCV o txt y así poder procesarlos e importarlos al software AutoCAD Civil 3d, donde se realizaron los planos en planta, perfil del diseño geométrico de la carretera.

4.2. Estudio de suelos

4.2.1 Generalidades

El EMS se basa principalmente en conocer las propiedades y características que presenta el suelo en el tramo de carretera de Marcochugo - El Capulí - La Conga. Para ello se procedió realizar las excavaciones de las calicatas con medidas de 1.00 largo x 1.00m de ancho, contando con 1.50 m de profundidad.

La obtención de muestras se realizó respecto a lo estipulado en el manual de carreteras en su apartado Suelos y Pavimentos (ver tabla 4 y 5), donde para el presente proyecto se contaron con un total de 5 muestras a cada 1km.

Tabla 4. N° Calicatas

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número de muestras
IMDA \leq 200 veh /día	1.50 m	Calicatas a cada 1Km

Fuente: Elaborado por el investigador (acorde al manual de carreteras)

Tabla 5. N° ensayos de CBR

Tipo de Carretera	N° de muestras
IMDA \leq 200 veh/día	Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: Elaborado por el investigador (acorde al manual de carreteras)

4.2.2 Resultados del EMS

En la siguiente tabla se presenta la relación de las muestras obtenidas.

Tabla 6. Resumen de muestras

CALITACA	PROGRESIVA	LADO	PROFUNDIDAD	OBSERVACIÓN
C-1	1+000	I	1.50	Incluye CBR
C-2	2+000	I	1.50	
C-3	3+000	D	1.50	
C-4	4+000	D	1.50	Incluye CBR
C-5	5+000	I	1.50	

Fuente: Elaborado por el investigador

En la tabla mostrada a continuación presenta el resumen de los resultados de las características que presentó el EMS del tramo de la carretera Marcochugo- El Capulí- La Conga.

Tabla 7. Resultados del EMS

CALICATA		C - 01	C - 02	C - 03	C - 04	C - 05
PROGRESIVA		Km. 01+000	Km. 02+000	Km. 03+000	Km. 04+000	Km. 05+000
CONTENIDO DE HUMEDAD		12.24	17.49	13.43	9.74	7.04
LIMITE LÍQUIDO		32	26.1	18	31.1	19.1
LIMITE PLASTICO		18.02	22.03	14	22.05	15.07
INDICE PLASTICO		13.98	4.04	4	9.05	4.03
CLASIFICACION	AASHTO	A-6(4)	A-4(0)	A-4(0)	A-4(2)	A-4(0)
	SUCS	SC	SM	GC-GM	SC	CL-ML
CBR	DENSIDAD SECA MAX. (gr./cm ³)	1.88	-	-	1.95	-
	OP. CONT. DE HUMEDAD (%)	8.4	-	-	8.08	-
	CBR AL 95%	7.70%	-	-	8.40%	-
	CBR AL 100%	10%	-	-	11.20%	-

Fuente: Elaborado por el investigador

4.3 Estudio Hidrológico

Para el presente estudio se tomó en cuenta la base de datos de las estaciones hidrológicas proporcionada por el SENAMHI, esto se realiza con el objetivo de obtener los caudales causados por las precipitaciones presentadas en la zona de estudio, y generar la evacuación de las aguas a través de las obras de arte (cunetas, alcantarillas de alivio y de paso).

4.3.1 Información pluviométrica

El siguiente cuadro muestra los datos de la estación hidrológica de Huamachuco.

Tabla 8. Información de la estación pluviométrica

ESTACION	HUAMACHUCO
TIPO	Convencional-Meteorológica
LATITUD	7°49'8.97" S
LONGITUD	78°2'24.48" W
ALTITUD	3186 m.s.n.m.

Fuente: SENAMHI

La siguiente tabla muestra el registro pluviométrico dado por el SENAMHI desde el año 1964 hasta el 2014, los cuales influirán en la determinación de los caudales de las sub cuencas presentes en el área de estudio.

Tabla 9. Registros pluviométricos estación Huamachuco

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	PP. MAX ANUAL
1964	SD	SD	SD	SD	SD	SD	2.1	7.8	7.1	26.7	20.0	18.8	26.7
1965	42.9	14.2	26.7	16.9	10.0	0.0	11.0	11.7	11.2	12.0	11.4	23.8	42.9
1966	22.0	21.0	21.6	11.4	25.2	3.5	0.0	0.1	0.3	20.8	14.0	7.6	25.2
1967	24.5	28.5	20.5	13.0	10.0	4.0	17.6	7.0	2.5	15.0	19.0	22.0	28.5
1968	14.9	35.0	40.0	18.1	15.5	6.0	4.5	13.6	11.0	24.2	22.2	33.5	40.0
1969	27.5	26.2	15.2	25.9	1.9	18.0	5.0	3.0	6.0	22.8	49.3	18.0	49.3
1970	21.0	11.0	18.7	14.0	11.7	9.0	9.2	4.0	15.5	30.2	15.0	11.3	30.2
1971	13.0	27.0	25.0	18.0	14.2	11.5	23.0	7.0	5.5	19.5	27.1	19.5	27.1
1972	15.0	36.0	28.5	28.8	6.5	6.0	1.0	7.5	7.1	8.2	18.3	8.0	36.0
1973	27.3	17.6	27.4	23.2	14.3	9.1	7.3	5.6	14.4	16.6	20.5	13.1	27.4
1974	15.5	28.0	48.0	20.0	4.2	15.0	1.0	12.2	28.0	19.6	15.0	19.0	48.0
1975	27.7	27.7	39.5	28.5	21.0	7.0	3.6	19.5	15.9	19.0	23.0	8.2	39.5
1976	14.0	25.2	25.3	21.5	8.8	3.5	0.0	8.0	3.0	27.0	18.0	20.0	27.0
1977	40.0	35.2	29.0	25.5	5.0	3.5	7.1	5.0	11.0	15.0	30.0	13.8	40.0
1978	15.5	21.5	15.5	16.5	18.3	2.0	8.3	0.5	11.5	13.3	9.6	21.3	21.5

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	PP. MAX ANUAL
1979	25.3	29.1	29.6	39.9	10.9	0.0	4.8	8.5	11.4	11.0	14.0	21.0	39.9
1980	10.6	46.0	21.3	15.6	5.5	3.5	0.0	3.8	2.1	29.2	26.6	31.8	46.0
1981	15.5	23.7	13.0	SD	SD	SD	SD	5.2	24.0	30.8	17.6	21.6	30.8
1982	27.6	30.7	20.6	41.4	14.0	9.2	3.6	3.4	11.0	49.1	19.5	28.0	49.1
1983	24.4	13.0	38.2	31.1	11.7	14.4	11.0	14.5	7.5	17.5	5.4	20.6	38.2
1984	16.1	35.2	29.4	21.1	25.7	13.3	4.5	5.8	9.8	32.9	36.5	19.5	36.5
1985	5.1	15.7	21.8	30.6	21.2	18.5	2.3	2.4	21.5	20.0	12.6	18.8	30.6
1986	23.3	SD	SD	SD	SD	SD	7.2	12.4	17.5	10.6	15.9	27.0	27.0
1987	35.2	28.7	29.7	34.3	6.5	10.0	5.3	5.5	9.6	12.1	35.7	37.5	37.5
1988	21.5	15.4	18.2	24.2	17.2	7.1	8.3	1.8	10.6	17.1	15.1	22.8	24.2
1989	19.3	23.8	36.2	25.2	20.0	6.7	0.0	3.1	20.1	18.2	35.8	0.0	36.2
1990	33.5	24.6	4.4	16.2	7.5	14.0	1.2	0.0	20.1	28.6	20.4	9.2	33.5
1991	21.6	SD	21.6										
1992	SD	SD	SD	SD	7.6	15.3	2.1	12.8	23.8	21.5	8.3	25.4	25.4
1993	21.0	22.2	26.3	22.5	9.5	0.0	8.9	1.2	20.8	18.1	30.5	22.2	30.5
1994	15.5	52.2	25.5	30.0	7.5	2.7	2.5	12.0	7.5	21.3	32.6	27.1	52.2
1995	15.0	37.6	13.7	39.2	11.9	7.9	2.5	0.9	3.3	24.1	26.6	18.1	39.2
1996	11.1	34.7	20.7	14.3	6.2	2.8	1.4	4.9	9.8	24.3	14.4	20.2	34.7
1997	24.7	23.8	30.8	9.3	16.3	6.1	0.0	12.8	26.0	35.1	23.1	33.5	35.1
1998	25.4	35.7	29.1	21.1	9.1	6.4	0.8	3.9	5.9	19.0	24.6	8.9	35.7
1999	28.2	49.4	24.2	10.8	12.9	17.3	1.1	3.9	19.3	10.9	34.1	22.4	49.4
2000	30.5	32.1	23.0	12.1	22.1	12.4	2.1	8.4	9.6	16.6	14.6	19.5	32.1
2001	22.3	19.3	29.6	5.7	11.1	2.5	3.7	0.6	5.5	31.9	20.8	34.0	34.0
2002	20.6	16.9	27.0	20.9	13.2	5.7	7.7	0.0	11.4	22.7	25.7	31.2	31.2
2003	16.4	18.0	24.0	21.1	4.9	5.9	2.6	7.2	14.2	18.6	24.8	19.2	24.8
2004	13.6	14.4	12.1	15.2	8.3	1.3	10.9	10.4	12.4	21.0	43.3	13.2	43.3
2005	23.3	34.8	43.1	28.2	7.8	5.7	0.0	13.0	10.4	27.1	6.2	28.2	43.1
2006	51.1	17.2	31.4	22.1	19.1	17.5	7.5	28.0	12.8	21.4	17.8	14.7	51.1
2007	24.5	23.2	25.2	22.9	20.7	0.0	6.7	3.4	8.6	38.9	18.0	23.1	38.9
2008	25.6	22.7	16.0	28.0	27.4	16.9	6.2	5.2	26.4	19.8	17.0	17.7	28.0
2009	29.9	12.5	31.5	30.0	28.6	8.1	10.6	10.2	8.2	23.0	21.2	24.2	31.5
2010	19.3	33.9	47.3	29.9	19.5	13.4	10.8	6.7	6.6	15.1	17.7	32.5	47.3
2011	26.4	17.9	24.1	30.5	8.3	0.4	9.8	0.6	26.4	13.0	16.9	29.1	30.5
2012	35.2	40.6	19.9	23.7	12.6	2.6	0.0	4.2	3.4	17.0	25.1	27.3	40.6
2013	23.0	24.4	21.2	51.3	21.0	3.8	10.1	6.8	4.8	23.0	10.5	24.8	51.3
2014	26.4	53.8	40.0	24.2	19.0	0.6	SD	SD	SD	SD	SD	SD	53.8
PROM.	23.0	27.2	26.1	23.3	13.4	7.4	5.4	7.6	12.1	21.4	21.3	21.1	36.2
PP MAX.	51.1	53.8	48.0	51.3	28.6	18.5	23.0	28.0	28.0	49.1	49.3	37.5	53.8
PP MIN.	5.1	11.0	4.4	5.7	1.9	0.0	0.0	0.0	0.3	8.2	5.4	0.0	21.5

Fuente: SENAMHI

4.3.2 Precipitaciones máximas en 24h

Tabla 10. Precipitaciones máx. anuales (mm)

AÑO	PP. MAX ANUAL	MES
1964	26.7	OCT.
1965	42.9	ENE.
1966	25.2	MAY.
1967	28.5	FEB.
1968	40.0	MAR.
1969	49.3	NOV.
1970	30.2	OCT.
1971	27.1	NOV.
1972	36.0	FEB.
1973	27.4	MAR.
1974	48.0	MAR.
1975	39.5	MAR.
1976	27.0	OCT.
1977	40.0	ENE.
1978	21.5	FEB.
1979	39.9	ABR.
1980	46.0	FEB.
1981	30.8	OCT.
1982	49.1	OCT.
1983	38.2	MAR.
1984	36.5	NOV.
1985	30.6	ABR.
1986	27.0	DIC.
1987	37.5	DIC.
1988	24.2	ABR.
1989	36.2	MAR.
1990	33.5	ENE.
1991	21.6	ENE.
1992	25.4	DIC.
1993	30.5	NOV.
1994	52.2	FEB.
1995	39.2	ABR.
1996	34.7	FEB.
1997	35.1	OCT.
1998	35.7	FEB.
1999	49.4	FEB.
2000	32.1	FEB.
2001	34.0	DIC.
2002	31.2	DIC.
2003	24.8	NOV.
2004	43.3	NOV.
2005	43.1	MAR.
2006	51.1	ENE.
2007	38.9	OCT.
2008	28.0	ABR.
2009	31.5	MAR.
2010	47.3	MAR.
2011	30.5	ABR.
2012	40.6	FEB.
2013	51.3	ABR.
2014	53.8	FEB.
PROM.	36.2	
PP MAX.	53.8	
PP MIN.	21.5	

Fuente: SENAMHI

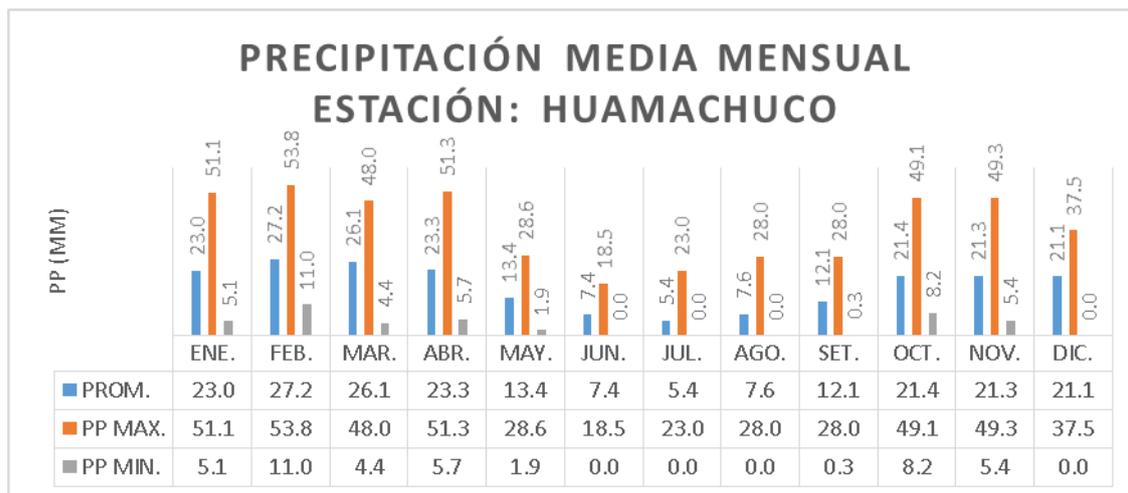


Figura 7. Diagrama de precipitación media mensual

Fuente: Elaborado por el investigador

Del grafico se deduce que las precipitaciones máximas ocurren en los meses de enero, febrero, marzo, abril, octubre y noviembre.

4.3.3 Análisis estadístico de datos hidrológicos

De la información recopilada por la estación hidrológica se realizó el procesamiento de datos con apoyo del programa Hidroesta, que permite obtener la estimación de las precipitaciones, intensidad y caudales.

Por lo que para el análisis de distribución existen distintas funciones de probabilidades.

- Distribución Normal
- Distribución Log. Normal2 parámetros
- Distribución Log. Normal3 parámetros
- Distribución Log. Gama2 parámetros
- Distribución Log. Gama3 parámetros
- Distribución Log. Pearson Tipo III
- Distribución Gumbel
- Distribución Log. Gumbel

Tabla 11. Cuadro resumen modelo de distribución aplicados

AÑO	Dist. Normal (mm)	Dist. Log. Normal2 parámetros (mm)	Dist. Log. Normal3 parámetros (mm)	Dist. Log. Gama2 parámetros (mm)	Dist. Log. Gama3 parámetros (mm)	Dist. Log. Pearson Tipo III (mm)	Dist. Gumbel (mm)	Dist.n Log. Gumbel (mm)
500	61.43	71.08	65.48	66.15	64.81	No ajusta datos	74.74	103.04
200	58.77	66.01	61.79	62.37	61.4		68.45	86.48
100	56.58	62.2	58.85	59.35	58.63		63.69	75.72
50	54.19	58.08	55.75	56.14	55.67		58.91	66.27
25	51.3	53.93	52.43	52.69	52.46		54.1	57.94
20	50.6	52.55	51.3	51.52	51.36		52.54	55.47
10	47.41	48.07	47.53	47.64	47.67		47.61	48.34
5	43.55	43.16	43.21	43.19	43.37		42.47	41.89
DTEORICO	0.0868	0.061	0.0741	0.0691	0.0734			0.0787
DTABULAR	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904

Fuente: Elaborado por el investigador

El modelo de distribución empleado para el diseño es el método de distribución Log. Normal2.

4.3.4 Curvas IDF

Las curvas IDF se crean a partir de los datos hidrológicos obtenidos en la zona de estudio, y tiene como objetivo determinar un buen estudio de frecuencias analizando histogramas de las precipitaciones por año, y así poder deducir las lluvias intensas presentadas en una, dos, tres, etc. Horas.

$$P_t^T = (0.21 \ln T + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50)P_{10}^{60} \dots \dots \dots (Ec. 1)$$

Donde:

T: Periodo de retorno (años)

t : tiempo (minutos)

P_{10}^{60} : lamina de lluvia en el tiempo 60 mm para un periodo de 10 años

Tabla 12. Precipitaciones (mm) para diferentes duraciones y periodos de retorno

T (años)	P.Max 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
500	71.08	12.19	18.24	22.30	25.45	30.27	39.75
200	66.01	10.90	16.32	19.95	22.76	27.08	35.56
100	62.2	9.93	14.87	18.17	20.73	24.67	32.39
50	58.08	8.96	13.41	16.39	18.70	22.25	29.22
25	53.93	7.99	11.96	14.62	16.67	19.84	26.05
20	52.55	7.67	11.49	14.04	16.02	19.06	25.03
10	48.07	6.70	10.03	12.26	13.99	16.65	21.86
5	43.16	5.73	8.58	10.49	11.96	14.23	18.69

Fuente: Elaborado por el investigador

Así mismo para obtener las curvas IDF se emplea la siguiente ecuación:

$$I = \frac{KT^m}{t^m}$$

Donde:

I = Intensidad máxima (mm/h)

K, m, n = factores característicos de la zona de estudio

T = período de retorno en años

t = duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min).

La siguiente tabla presenta la intensidad máxima en (mm/h) de la estación de Huamachuco.

Tabla 13. Intensidades máximas (mm/h)

Duración (t) (minutos)	Período de Retorno (T) en años					
	5	10	25	50	100	200
10	48.99	56.43	65	78.36	90.26	103.97
20	33.38	38.45	44.29	53.39	61.5	70.84
30	26.67	30.72	35.39	42.66	49.14	56.6
40	22.74	26.2	30.18	36.38	41.9	48.27
50	20.1	23.15	26.67	32.15	37.04	42.66
60	18.17	20.93	24.11	29.07	33.48	38.56
70	16.69	19.22	22.14	26.69	30.74	35.41
80	15.5	17.85	20.56	24.79	28.55	32.89
90	14.52	16.72	19.26	23.22	26.75	30.81
100	13.7	15.78	18.17	21.91	25.23	29.07
110	12.99	14.97	17.24	20.78	23.94	27.57
120	12.38	14.26	16.43	19.8	22.81	26.28

Fuente: Elaborado por el investigador

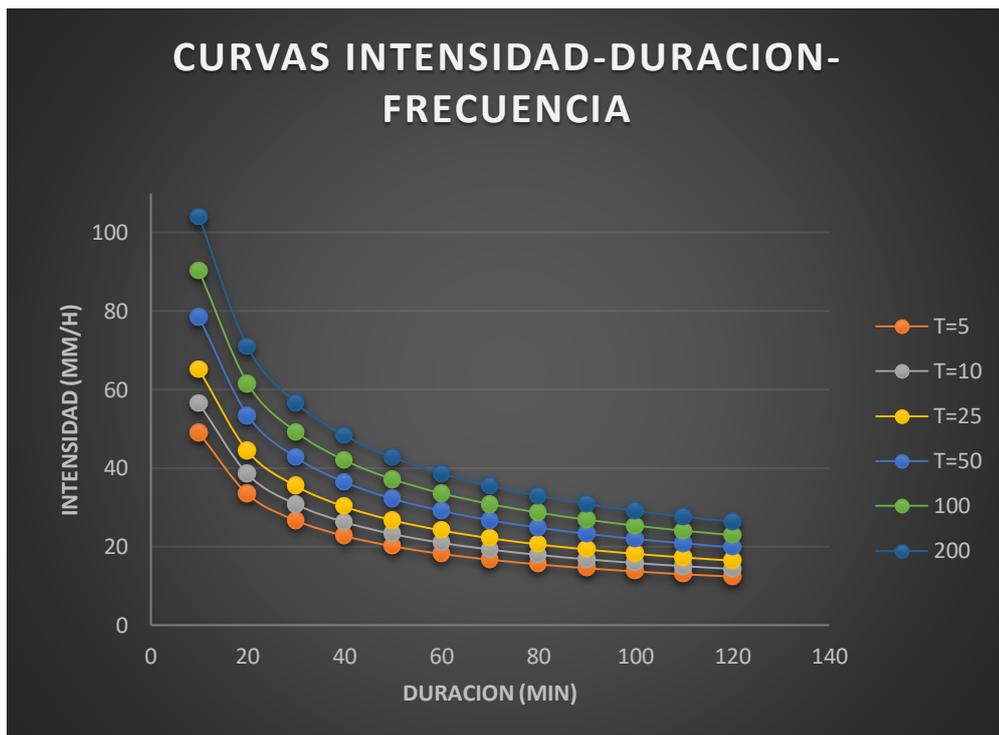


Figura 8. Curvas IDF

Fuente: Elaborado por el investigador

4.3.5 Cálculos de caudales

Para el cálculo de los caudales se empleará el método empírico, dentro de este método se hará uso de la fórmula racional presentada a continuación:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3.6}$$

Donde:

Q = Caudal m^3/s

C = Coeficiente de escurrimiento

I = Intensidad de la precipitación en mm/hora

A = Área de la cuenca en km^2

Tabla 14. Cuadro coeficiente de Escorrentía

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin Vegetación	Impermeable	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	Semipermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Permeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
Cultivos	Impermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Semipermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Permeable	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
Pastos, Vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	Semipermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Permeable	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
Hierba, grama	Impermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Semipermeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	Permeable	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Semipermeable	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	Permeable	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05

Fuente: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje

4.3.6 Hidráulica y drenaje

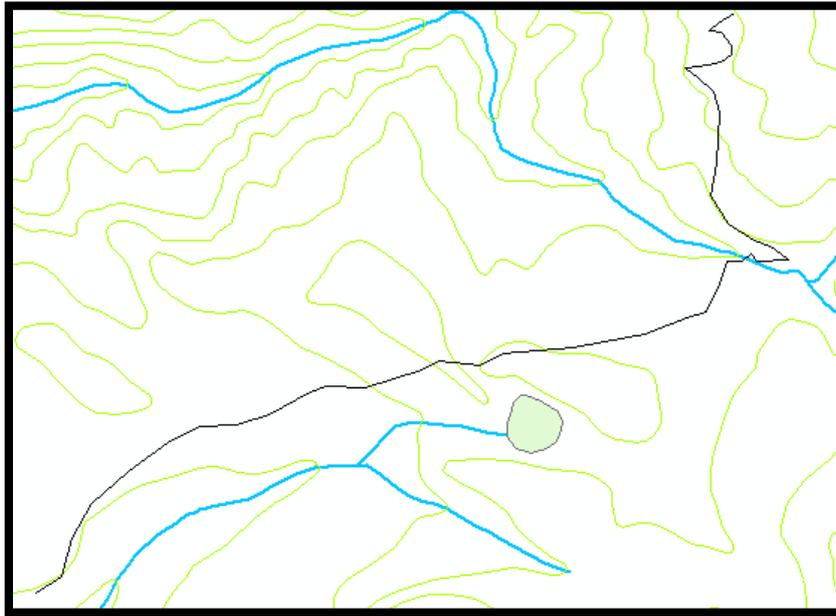


Figura 9. Cuenca hidrográfica de la zona de estudio

Fuente: Elaborado por el investigador

4.3.6.1 Diseño de cunetas

La función que cumplen las cunetas es de discurrir el agua causada por las precipitaciones, con el fin de que el pavimento no se vea afectada de manera directa por el agua.

Tabla 15. Talud de cuneta

V.D. (km/h)	IMD	
	<750	>750
<70	1:02	1:03
	1:03	1:04
>70	1:03	1:04

Fuente: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje

Según la tabla la cuneta contará con un diseño de talud igual a 1:02

- **Caudal de diseño**

Este se determina con los factores determinados de las precipitaciones, talud, área, pendiente y longitud.

- **Aporte de talud de corte**

L (Long. máx. de cuneta)= 0.50

Ancho tributario = 0.10 km

Área tributaria máx.= 0.05 km²

C (Coef. escorrentía) = 0.50

Periodo de retorno = 10 años

I (Intensidad máxima) = 20.93 mm/h

Q₁ (Caudal máx.) = 0.1453 m³/s

- **Aporte de superficie de rodadura**

A (área tributaria) = 3 m * (ancho tributario)

C (Coef. escorrentía) = 0.20

Periodo de retorno = 10 años

I (Intensidad máx.) = 20.93 mm/h

Q₂ (Caudal máx.) = 0.0074

Q₁ + Q₂ = 0.1453 + 0.0074 = 0.1527 m³/s

- **Caudal de la capacidad de las cunetas**

Para determinar la capacidad de las cunetas se emplea la ecuación de manning:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}}$$

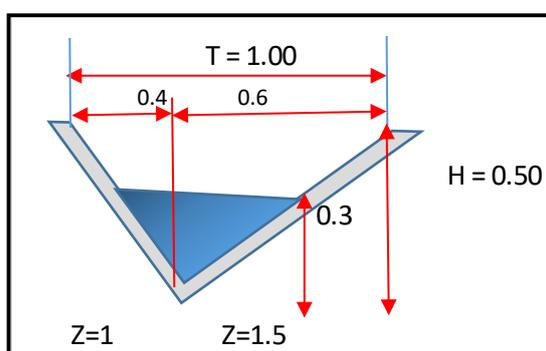
Donde para determinar las medidas de las cunetas se emplean los siguientes parámetros:

Tabla 16. Dimensiones min. de las cunetas según la región

Región	Profundidad (m)	Ancho (m)
Seca (<400mm/años)	0.2	0.5
Lluviosa (400 a 1600mm/años)	0.3	0.75
Muy lluviosa (1600 a 3000mm/años)	0.4	1.2
Muy lluviosa (1600 a 3000mm/años)	0.3	1.2

Fuente: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje

Tabla 17. Cálculo hidráulico de la cuneta



FORMULAS	Bloque 1	Bloque 2	Total
$A = \left(\frac{Zy^2}{2} \right) m^2$	0.080	0.120	0.200
$P = \sqrt{(ZY)^2 + Y^2}$	0.566	0.721	2.629

SECCION	Relaciones Geométricas								T. Terreno		Ec. Manning		Máx. calculado	
	Tirante y	Pendiente Z1	Z2	Área Hidr. A	P. Mojado P	Rad. Hidr. R	Espejo de agua T	Borde Libre B	Altura H	Rugosidad n	Pendiente t. s	V (m/s)	Caudal (m3/s) Q	Caudal (m3/s) Q
Triangular	0.4	1	1.5	0.20	1.29	0.16	0.60	0.15	0.5	0.025	0.10	3.66	0.731	0.1527

Fuente: Elaborado por el investigador

De los resultados se considera que el caudal máximo de diseño de la cuneta es de 0.731m3/s, por lo tanto el caudal de diseño se ajusta con

normalidad al diseño de la cuneta ya que esta presenta un caudal de 0.1527 m³/s.

4.4 Estudio de Tráfico

4.3.1. Conteo y clasificación Vehicular

El presente estudio se hizo en un transcurso 7 días, a partir del 26 de setiembre al 02 de octubre del 2022, donde se realizó en conteo en dos estaciones especificadas en la siguiente tabla mostrada:

Tabla 18. Estaciones de conteo

ESTACION	UBICACIÓN	KM	FECHA
E1	MARCOCHUGO	00+050	26/09/2022-02/10/2022
E2	LA CONGA	05+000	26/09/2022-02/10/2022

Fuente: Elaborado por el investigador

En la zona de estudio se pudo observar que en su mayoría está transitado por vehículos livianos como: motos, autos, station wagon, pick up, minivan y combi rural; además como vehículos pesados encontramos a los camiones de 2 y 3 ejes. El siguiente cuadro se presenta el resumen del conteo semanal que se realizaron en las dos estaciones.

Tabla 19. Conteo y clasificación vehicular

DÍA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			CAMION		TOTAL
				PICK UP.	MINI VAN	Combi	2 E	3 E	
									
LUNES	19	4	9	9	9	8	3	0	61
MARTES	20	2	8	8	6	7	2	0	53
MIÉRCOLES	18	1	12	8	10	6	2	0	57
JUEVES	31	3	8	5	9	6	5	0	67
VIERNES	19	6	12	9	7	6	3	1	63
SÁBADO	27	2	5	8	8	4	6	1	61
DOMINGO	30	2	12	7	9	10	9	4	83
TOTAL	164	20	66	54	58	47	30	6	445

Fuente: Elaborado por el investigador

4.3.2. Calculo del IMDA

Una vez ya procesados los datos del conteo vehicular obtenidos se procede a realizar la determinación del IMDA dada por la siguiente fórmula:

$$IMDA = \left(\frac{V_{D1} + \dots + V_{D7}}{7} \right) * Fc$$

Donde:

V_D : volumen clasificado (lunes a domingo)

Fc : Factor corrección de acorde a la temporada de estudio

- **Determinación del factor de corrección**

El factor de corrección varía según la temporada en la que se haya realizado el estudio. Para el presente proyecto se tomó de referencia el peaje Menochuco obteniendo los valores del f_c mostrados a continuación.

Tabla 20. Factor de corrección

PEAJE MENOCHUCO			
FACTOR DE CORRECCION	Mes	Veh. Ligero	Veh. Pesado
		Setiembre	1.0854

Fuente: Elaborado por el investigador

La siguiente tabla muestra el IMDA en veh/día:

Tabla 21. IMDA (veh./día)

Tipo Veh.	IMDa	%
MOTOS	27	35.06%
AUTOS	4	5.19%
STATION WAGON	11	14.29%
PICK UP	9	11.69%
MINIVAN	10	12.99%
COMBI	8	10.39%
CAMION 2E	6	7.79%
CAMION 3E	2	2.60%
TOTAL (veh/día)	77	100.00%
TOTAL (veh/año)	28105	100.00%

Fuente: Elaborado por el investigador

4.3.3. Factor de Crecimiento Acumulado

La determinación del Fca respecto a la tasa de crecimiento anual.

Tabla 22. T.C La Libertad

T.C LA LIBERTAD	
Vehículos ligeros	1.26%
Vehículos Pesados	2.83%

Fuente: Elaborado por el investigador

El factor de crecimiento se calcula con la siguiente ecuación:

$$Fca = \frac{(1 + r)^n}{r}$$

Siendo:

n: Periodo de diseño

r: Tasa anual de crecimiento

4.3.4. Determinación de ESAL y ejes equivalentes

Teniendo en cuenta el tráfico del IMD del tramo Marcochugo – El Capulí – La Conga se procede a realizar el cálculo del número de repeticiones de carga que estará sometida la vía. Para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$ESAL = IMD * 365 * fca * EE$$

Tabla 23. Cálculo del ESAL

Tipo Veh.	Veh/d	Veh /año	Factor Camión	ESAL Carril Diseño	Factor crecimiento	ESAL
MOTOS	24	8760				
VEH. LIGEROS	13	4745	0.001	4.745	22.590	107.1886623
PICK UP, MINIVAN, COMBI	24	8760	0.035	306.6	22.590	6926.036639
CAMION 2E	5	1825	3.477	6345.525	26.422	167658.3443
CAMION 3E	1	365	2.526	921.99	26.422	24360.36686
TOTAL	67	24455		7578.86		199051.9365

Fuente: Elaborado por el investigador

Para determinar el tráfico de diseño se hace respecto a los factores de distribución y de carril empleando la siguiente fórmula:

$$W_{18} = ESAL * Factor Carril * Factor direccional$$

$$W_{18} = 199\ 052 * 0.5 * 1.0 = 99\ 526\ EE$$

Cuadro 6.1
Factores de Distribución Direccional y de 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 Fd x Fc 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 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	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: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

Figura 10. Factor direccional y Carril

Fuente: Manual de carreteras apartado suelos y pavimentos

De acuerdo al ESAL obtenido manual de carreteras indica que el tráfico pesado es de tipo T_{P0} ya que el ESAL de diseño obtenido se encuentra dentro de los rangos ($>75,000 EE \leq 150,000EE$)

4.3.5. Determinación de tráfico futuro

Para el presente proyecto se consideró un tráfico futuro a 20 años para ello se utiliza la siguiente formula:

$$Ton = To (1 + r)^{n-1}$$

Datos:

Ton: Tráfico proyectado al año “n”

To: Tráfico actual

n: Tiempo de diseño

r: tasa de crecimiento

Tabla 24. Tráfico proyectado en 20 años

Tipo Veh.	IMDa 2042	%
MOTOS	35	33.02%
AUTOS	6	7.79%
STATION WAGON	14	18.18%
PICK UP	12	15.58%
MINIVAN	13	16.88%
COMBI	11	14.29%
CAMION 2E	11	14.29%
CAMION 3E	4	5.19%
TOTAL	106	100.00%

Fuente: Elaborado por el investigador

De acuerdo al resultado en 20 años se tendrá un total de 106 veh/día aumentando el tráfico en un 37 % respecto al año de estudio.

4.4. Diseño Geométrico

4.5.1 Características de diseño en zona rural

4.5.1.1 Clasificación según su demanda

En relación al estudio de tráfico este presenta un IMDa inferior a 400 veh/día entonces se determina que una carretera de tercera clase.

4.5.1.2 Clasificación según sus condiciones orográficas

Así mismo según la topografía presenta un terreno de tipo 3 (accidentado), ya que sus pendientes se encuentran entre 6 y 8%.

4.5.1.3 Velocidad Directriz

La velocidad de directriz está sujeta al tipo de terreno. De acuerdo a la tabla 204.01 de la DG-2018 la velocidad de diseño se encuentra entre 30 y 50km/h, por lo que se diseñará con una velocidad mínima de 30km/h.

Tabla 204.01
Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

Figura 11. Velocidad de Diseño

Fuente: DG-2018

4.5.1.4 Radios Mínimos

Los radios mínimos tienden a adaptarse a la velocidad de diseño, para ello y la tasa máxima de peralte que para este caso es de 12%.

Tabla 25. Radios mín. y peraltes máx.

UBICACIÓN DE LA VÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO	Pmax (%)	fmax	Radio Calculado (m)	Radio redondeado (m)
Area rural (accidentado o escarpado)	30	12.00	0.17	24.437	25
	40	12.00	0.17	43.443	44
	50	12.00	0.16	70.304	71
	60	12.00	0.15	104.987	105
	70	12.00	0.14	148.395	149
	80	12.00	0.14	193.822	194

Fuente: DG-2018

Respecto a la tabla mostrada se tiene que el peralte máximo será de 0.17 y el radio mínimo contará con 25 m.

4.5.1.5 Anchos mínimos de calzada en tangente

Estos se obtienen de acuerdo a la orografía, demanda y velocidad, los anchos mínimos que presenta la tabla 304.01 de la DG -2018 especifica que el ancho de calzada en tangente para la carretera con las características determinadas es de 6.00 m.

Tabla 304.01
Anchos mínimos de calzada en tangente

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera							
	> 6,000				6,000 - 4,001				4,000-2.001				2,000-400				< 400			
	Primera Clase		Segunda Clase		Primera Clase		Segunda Clase		Primera Clase		Segunda Clase		Tercera Clase		Tercera Clase					
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Velocidad de diseño: 30km/h																	5.00	5.00		
40 km/h																	6.60	6.60	6.60	5.00
50 km/h										7.20	7.20						6.60	6.60	6.60	6.60
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60		
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60			6.60	6.60		
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20				6.60	6.60		
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60		
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20							
110 km/h	7.20	7.20			7.20															
120 km/h	7.20	7.20			7.20															
130 km/h	7.20																			

Figura 12. Anchos mínimos

Fuente: DG-2018

4.5.1.6 Distancia de Visibilidad

- **Distancia de visibilidad de parada**

El manual de carreteras DG-2018 en la tabla 205.01A nos da los siguientes parámetros:

Tabla 26. Distancia de visibilidad

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada			Pendiente en subida		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75

Fuente: DG-2018

- **Distancia de Visibilidad de adelantamiento**

La tabla 205.03 de la DG- 2018, muestra valores de adelantamiento que se debe tener en cuenta de acuerdo a la velocidad mínima de la carretera.

Tabla 27. Velocidad de adelantamiento

Velocidad específica en la tangente en la que se efectúa la maniobra (km/h)	Velocidad del Vehículo adelantado (km/h)	Velocidad del vehículo que adelanta V (km/h)	Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento Da (m)	
			Calculada	Redondeada
20	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410

Fuente: DG-2018

Se considera 200m para la distancia de visibilidad mínima de adelantamiento.

4.5.2 Resumen de características del diseño geométrico

Tabla 28. Características de diseño de la carretera

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO EN ZONA RURAL	
DEMANDA	Tercera clase
IMDA	<400 veh./día
OROGRAFIA	Terreno accidentado (tipo 3)
VELOCIDAD DE DISEÑO	30km/h
DISEÑO EN PLANTA Y PERFIL	
DIS. VISIBILIDAD	Pendiente bajada = 35%
	Pendiente subida = 31%; 30%;29%
DIS. ADELANTAMIENTO	200m
TRAMOS TRANGENTE	L min s: 42
	L min o: 84
	L máx: 500
PENDIENTES	Smin: 0.5%
	Smáx: 9.0 %
RADIO MINIMO	R min: 25 m
SECCIONES TRANSVERSALES	
CALZADA	6.00m
BERMA	0.50m
BOMBEO	2.50%
PERALTE	Absoluto: 12.00%
	Nominal: 8.00%
TALUDES	Corte (H : V) = 1 : 1.5
	Relleno (V : H)= 1 : 2

Fuente: Elaborado por el investigador

4.5. Diseño de Pavimento Flexible

Para obtener un correcto el diseño del pavimento flexible se tuvo en cuenta el estudio de suelos (CBR) y el ESAL de diseño respecto al tráfico.

De esta manera se obtienen los datos para hallar los espesores de las capas del pavimento realizado por AASHTO 93.

Del estudio de suelos se obtuvo dos muestras de CBR indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 29. CBR de diseño

CALICATA N°	CBR al 95%
C01	7.7
C04	8.4

Fuente: Elaborado por el investigador

Dado que el diseño se realizará con el menor valor obtenido del CBR al 95% Así mismo respecto al estudio de tráfico se obtuvo un ESAL de diseño igual a 99 526 EE, determinando un tipo de tráfico "tp0".

Para obtener los espesores de las capas del pavimento por el Método AASHTO 93 es necesario determinar el Número Estructural Requerido (SN), por lo cual se consideró un módulo de resiliencia (Mr.)= 11 238.450, Confiabilidad (R) = 65%, Desviación Estándar Normal (Zr.)= -0.385, Desviación Estándar Total (So)=0.4, Pérdida de Serviciabilidad Inicial (Pi) y Final (Pt)= 3.8 y 2 respectivamente; de acuerdo al manual de carreteras sección suelos y pavimentos.

Tabla 30. Datos terreno de fundación

T. de camino	Mr.= $2555 \cdot \text{CBR}^{0.64}$	R	Zr.	So.	Pi	Pt
Tp0	9435.067	65%	-0.385	0.4	3.8	2

Fuente: Elaborado por el investigador

- **Numero Estructural Requerido (SNR)**

Para calcular el SN se utiliza la siguiente fórmula:

$$\log_{10}(W_{18}) = ZrSo + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta Psi}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(Mr) - 8.07$$

Entonces reemplazando:

$$\log_{10}(99526) = (-0.385)(0.4) + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{1.8}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(9435.067) - 8.07$$

- N18 nominal= $\text{Log}_{10}(99\ 526) = 4.998$
- N18 calculo = 4.998
- SN requerido = 1.834

- **Espesores de capa**

Ya calculado el SNR, se procede a determinar el espesor de las capas, la cual se hallan con el coeficiente estructural de la capa (a1, a2, a3); con los Espesores de la Capa (D1,D2,D3) y con los coeficientes de drenaje (m2,m3).

Para el coeficiente estructural se obtuvo del cuadro 12.13 del manual de carreteras suelos y pavimentos teniendo los siguientes valores:

Tabla 31. *Coeficiente estructural*

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	COEFICIENTE ESTRUCTURAL (cm)
Carpeta Asfáltica en Caliente	a1	0.170
Base Granular	a2	0.052
Sub Base Granular	a3	0.047

Fuente: Manual de carreteras

La calidad de drenaje se consideró como buena ya que el tiempo de evacuación será de 1 día y de acuerdo a la siguiente imagen los valores para m2 y m3 se consideraron 1.

Tabla 32. Coeficientes de drenaje

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN.			
	MENOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAYOR QUE 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 - 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: Manual de carreteras

Las capas están en relación del SN querido y del SN calculado este se calcula con la siguiente fórmula:

$$SNR = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

De acuerdo al manual de carreteras (suelos y pavimentos) en el catálogo de pavimentos flexibles en caliente, propone espesores para una clasificación de tráfico.

EE		75,001-150,000	150,001-300,000
CBR%	$M_r = 2555 \times CBR^{0.64}$	75,001-150,000	150,001-300,000
< 6%	< 8,040psi (55.4MPa)	5cm 25cm 	6cm 28cm
> 6% < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) < 11,150psi (76.9MPa)	5cm 25cm 	6cm 28cm
> 10% < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) < 17,380psi (119.8MPa)	5cm 20cm 	6cm 23cm

Figura 13. Espesores recomendados según el CBR y EE

Fuente: Manual de carreteras

Tomando los espesores correspondientes, para un tráfico tp_0 con un CBR $< 10\%$ se considera una capa de base granular de 25 cm y una carpeta asfáltica de 5cm tal como se muestra en la figura.

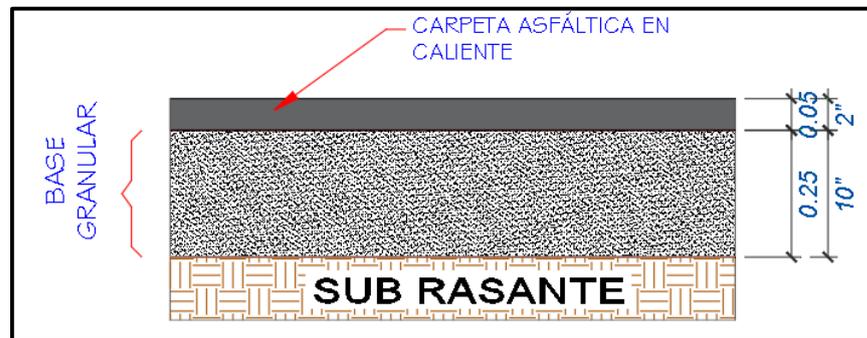


Figura 14. *Espesor del pavimento no reforzado*

Fuente: Elaborado por el investigador

Por lo tanto tomando los espesores considerados tenemos que:

SNR (calculado) $>$ SNR (requerido) determinando que los espesores cumplen.

Tabla 33. Diseño de espesor

	a_i	$D_i(\text{cm})$	m_i	$a_i \cdot D_i \cdot m_i$
Capa superficial	0.17	5	0	0.85
Base granular	0.052	25	1	1.3
Sub base	0.047	0	1	0
SNR	1.834	\leq		2.15

Fuente: Elaborado por el investigador

4.6. Pavimento Flexible Reforzado con Geoceldas

Para realizar el refuerzo del pavimento flexible empleando geoceldas es necesario realizar la modelación de la estructura del pavimento empleando el método racional, en este caso se definirá los esfuerzos y deformaciones producidas por las cargas que soportará el pavimento, por ello se utilizó el software KENPAVE.

- **Esfuerzos y deformaciones del pavimento sin refuerzo**

Se tiene en cuenta los espesores obtenidos por el método AASHTO 93, el módulo de resiliencia de cada capa, la relación Poisson de los materiales de las capas.

Tabla 34. Módulos de resiliencia en Psi y Mpa

CAPA	ESPESOR (cm)	CBR	Mr (psi)	Mr (Mpa)
CARPETA DE RODADURA	5	-	430000	2965
BASE GRANULAR	25	80	42205.4	292
SUBRASANTE		7.7	9435.1	65

Fuente: Elaborado por el investigador

Tabla 35. Módulos de poisson

CAPA	ν_i
CARPETA DE RODADURA	0.35
BASE GRANULAR	0.40
SUBRASANTE	0.45

Fuente: Manual de geosintéticos

Se utilizaron los anteriores datos reemplazando en el software KENPAVE para determinar los valores de ahuellamiento y fatiga

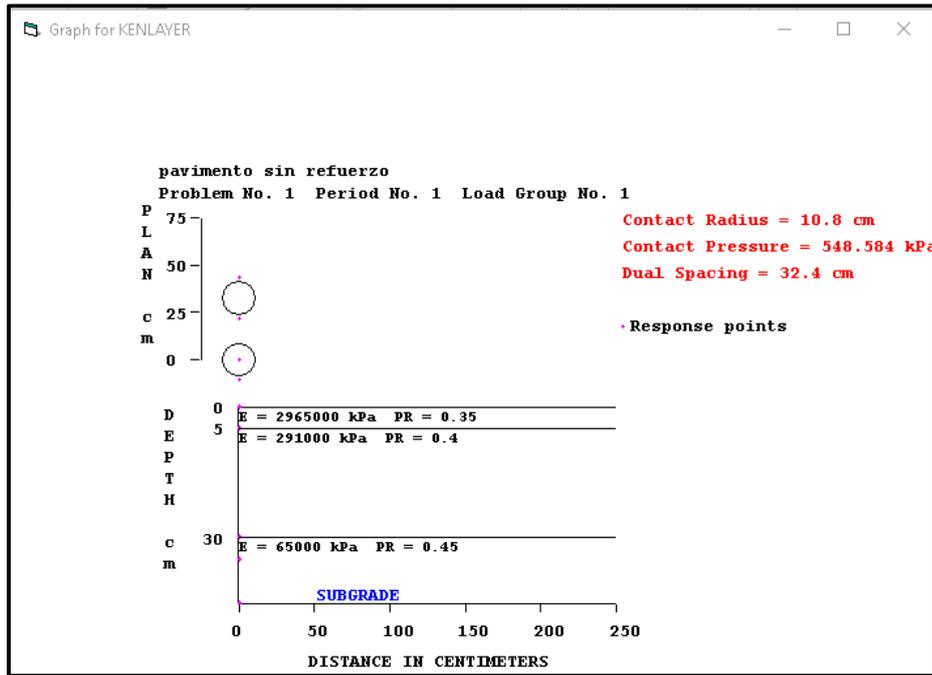


Figura 15. Espesor del pavimento no reforzado

Fuente: Software KENPAVE

Tabla 36. Fallas obtenidas por el software KENPAVE

Punto 2; eje y	Vertical Disp.	Vertical Strain(ϵ_z)	Major P. Strain (ϵ_1)	Minor P. Strain (ϵ_3)	Horizontal P. Strain (ϵ_t)
0	0.06812	-2.57 E-04	4.01 E-04	-2.57 E-04	3.69 E-04
5	0.06552	3.50 E-04	3.50 E-04	-2.77 E-04	-2.77 E-04
5	0.06552	3.50 E-04	3.50 E-04	-2.77 E-04	-2.77 E-04
30	0.05013	5.17 E-04	5.19 E-04	-3.94 E-04	-3.94 E-04
30	0.05013	5.17 E-04	5.19 E-04	-3.94 E-04	-3.94 E-04
35	0.04668	6.40 E-04	6.73 E-04	-3.34 E-04	-3.34 E-04
45	0.04106	4.93 E-04	5.18 E-04	-2.50 E-04	-2.50 E-04

Fuente: Elaborado por el investigador

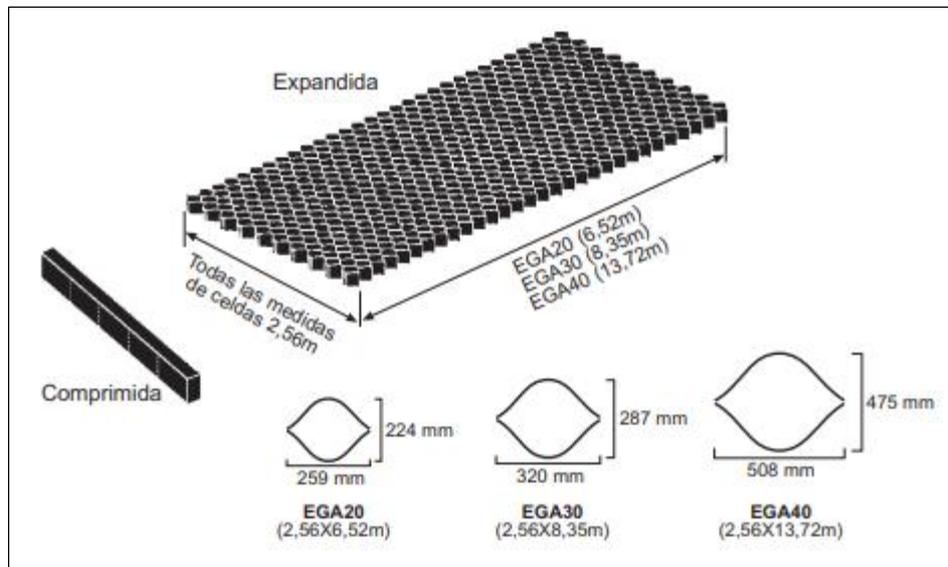
Tabla 37. Ahuellamiento y fatiga en pavimento no reforzado

Criterio	Valor	Unidad	Valor
Ahuellamiento	Deformación vertical de subrasante	cm	5.17E-04
Fatiga	Deformación horizontal interior de la carpeta asfáltica	cm	2.77E-04

Fuente: Elaborado por el investigador

- **Esfuerzos y deformaciones del pavimento empleando geoceldas**

Se propone utilizar geocelda EGA 20 como se muestra en la figura. Tiene 150 mm de altura y 259mm x 224mm de celda abierta ya que brinda óptimas condiciones para la compactación del material granular.



A continuación se plantea una propuesta para reforzar la base empleando geoceldas:

- Carpeta asfáltica : 5 cm
- Base granular : 5 cm
- Base granular reforzado: 15 cm
- CBR sub rasante : 7.7%

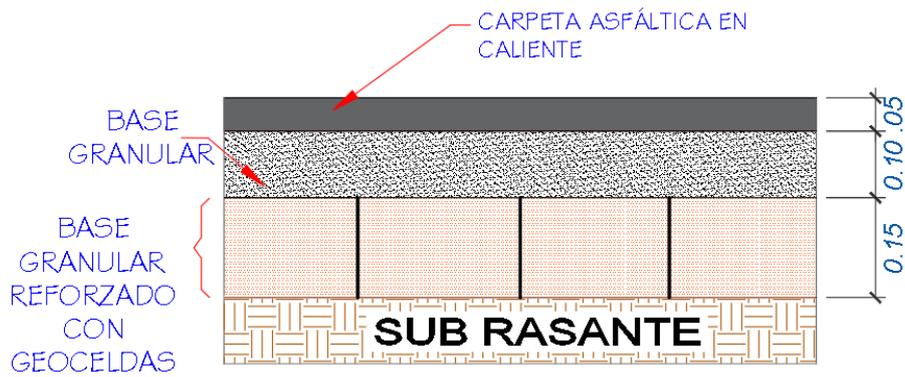


Figura 16. Espesor del pavimento reforzado con geoceldas

Fuente: Elaborado por el investigador

El módulo resiliente de la subrasante es igual a 65.06 Mpa

Se propone un CBR de 35% para el material granular de relleno a emplearse en las geoceldas cuyo módulo de elasticidad se obtiene con la ecuación: $E_{SR} = 36 \times (CBR)^{0.3}$, obteniendo $E_{SR} = 104.5$ Mpa.

De acuerdo a la siguiente tabla, teniendo en cuenta a la capa de soporte (CBR subrasante)= 65.06 Mpa y el módulo de material de relleno =104.5 Mpa, se obtiene que el MIF tomará un valor de 3.8

Tabla 7.1 Valores típicos del MIF

Capa de Soporte $E_{soporte}$ (MPa)	Módulo del material de llenado = $E_{llenado}$ (MPa)				
	80	110	150	200	300
50	4.0	3.6	3.0	2.5	1.8
100	4.2	3.8	3.2	2.8	2.0
150	4.5	4.0	3.4	2.9	2.1
200	4.8	4.2	3.6	3.1	2.2
300	5.0	4.4	3.8	3.3	2.3

Para obtener modulo modificado del pavimento con los datos adquiridos se plantea la siguiente ecuación:

$$E_{mod} = \frac{(H1 * MIF * E) + (H2 * E)}{H}$$

Donde;

E_{mod} : Modulo alterado

H1: zona total confinada = 15 cm + 2 cm de confinamiento = 17 cm

H2: Espesor zona no confinada = 20-17 cm = 3 cm

E: Modulo de resiliencia del material de relleno = 104.5 Mpa

H: Espesor total = 25 cm

Reemplazando en la ecuación se tiene:

$$E_{mod} = \frac{(17 * 3.8 * 104.5) + (3 * 104.5)}{20}$$

Por lo tanto el modulo alterado es igual a 353.21 Mpa

De acuerdo a los datos obtenidos se realiza el cálculo de esfuerzos y deformaciones en el pavimento reforzado propuesto.

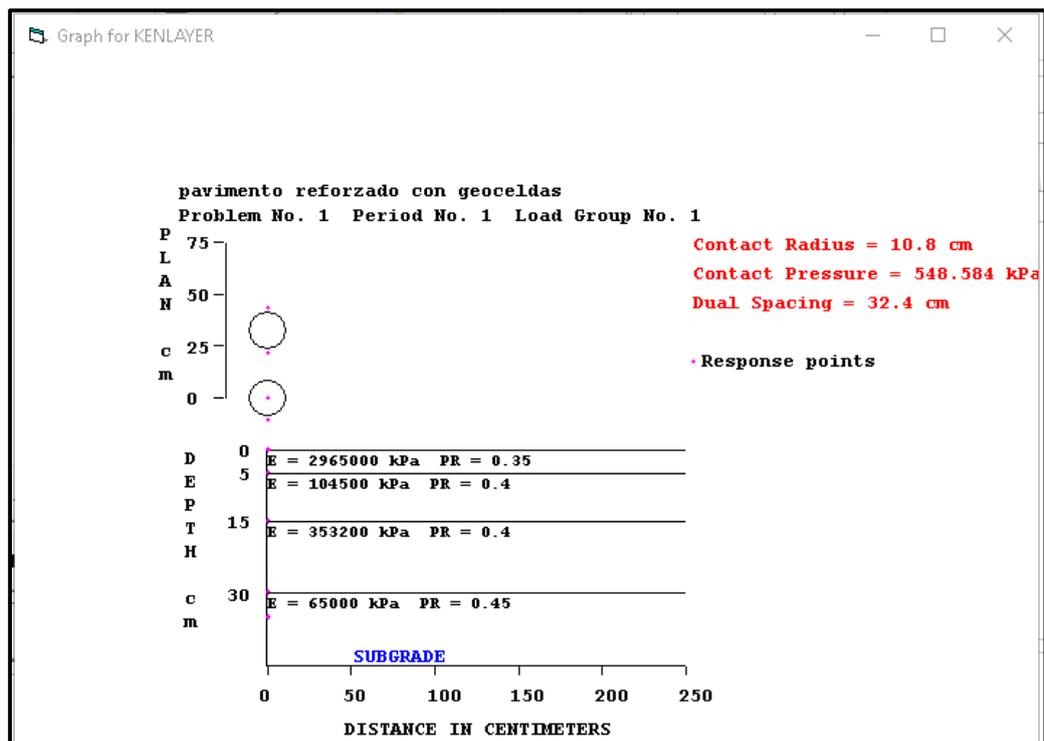


Figura 17. Espesor del pavimento reforzado con geoceladas

Fuente: Software KENPAVE

Tabla 38. Fallas obtenidas por el software KENPAVE

Punto 2; eje y	Vertical Disp.	Vertical Strain	Major P. Strain	Minor P. Strain	Horizontal P. Strain
0	0.08119	-4.01E-04	5.36E-04	-4.01E-04	5.01E-04
5	0.07716	5.26E-04	5.26E-04	-4.82E-04	-4.82E-04
5	0.07716	5.26E-04	5.26E-04	-4.82E-04	-4.82E-04
15	0.06099	9.85E-04	1.09E-03	-1.92E-04	-1.25E-04
30	0.0547	5.31E-04	5.33E-04	-4.18E-04	-4.18E-04
30	0.0547	5.31E-04	5.33E-04	-4.18E-04	-4.18E-04
35	0.05091	7.14E-04	7.54E-04	-3.70E-04	-3.70E-04

Fuente: Elaborado por el investigador

Tabla 39. Ahuellamiento y fatiga en pavimento reforzado con geoceldas

Criterio	Valor	Unidad	Valor
Ahuellamiento	Deformación vertical de sub rasante	cm	5.31E-04
Fatiga	Deformación horizontal el interior de la carpeta asfáltica	cm	4.82E-04

Fuente: Elaborado por el investigador

De tal forma con los valores obtenidos permiten determinar el tráfico esperado según las siguientes ecuaciones:

- **Ahuellamiento**

$$W_{fatiga} = 1.077 * 10^{18} \left(\frac{10^{-6}}{\varepsilon_c} \right)^{4.4843} = 648\ 198\ EE$$

- **Fatiga**

$$\log N_f = 15.947 * 3.291 \log \left(\frac{\varepsilon_t}{10^{-6}} \right) - 0.854 \log \left(\frac{E_{AC}}{10^3} \right)$$

$$N_f = 90\ 355\ 270\ EE$$

Entonces se tiene que el tráfico mínimo esperado del pavimento reforzado con geoceldas es superior al tráfico de diseño.

V. DISCUSION

- Tellez y Maldonado (2021), elaboraron una simulación numérica para la estructura de un pavimento flexible aplicando geoceldas, donde se busca determinar la disminución en las lesiones y afectaciones a la transitabilidad de las vías generadas por la pérdida de continuidad, para ello emplearon el programa PLAXIS para determinar el comportamiento dinámico del pavimento, el modelamiento los desplazamientos horizontales y verticales tienen una disminución entre un 4% y 16%. En cuanto al presente proyecto se empleó el programa KENPAVE determinando las fallas de ahuellamiento y fatiga en el pavimento con refuerzo y sin refuerzo.
- Méndez Navarro (2020), en su trabajo de grado planteó el diseño de pavimento flexible empleando agregados reciclados y geosintéticos, estableciéndose un 3.2 % de CBR de diseño y un Mr. de 37.07 Mpa, del estudio de tráfico se estipuló un ESAL de diseño 3 179 400 EE para un periodo de 10 años. El diseño de pavimento se realizó mediante el método mecanicista donde propuso dos alternativas de las cuales se llegó a la conclusión de que emplear geoceldas en la capa de agregados reciclados mitiga los fallos por fatiga y aumenta su módulo en la carpeta asfáltica. Para esta investigación se realizó el diseño de la estructura de pavimento con un CBR de 7.7%, y un ESAL de diseño de 99 526 EE.
- Gamarra y Sandoval (2021) en su diseño de pavimento flexible con geoceldas propusieron una carpeta de rodadura de 3", base de 6" y una sub base con geoceldas de 8" y un CBR de diseño de 4.68%, además sostuvieron emplear material granular con un CBR de 25%, teniendo así un módulo modificado = 358.80Mpa, el modelamiento en el software KENPAVE determinó que el pavimento puede soportar un tráfico máximo de 2 '096 ,126 EE para la falla de ahuellamiento y para la fatiga se obtuvo 50 '706, 959 EE.

- Para el presente proyecto se propuso una estructura con una carpeta asfáltica de 5cm, una base de 20 cm que será reforzada con geoceldas de 15cm; se consideró aplicar un material granular de 35% de CBR, determinando un módulo modificado de 353.21 Mpa. Para determinar si el pavimento propuesto cumple con las características de diseño se empleó el método mecanicista con el software KENPAVE para determinar el ahuellamiento y fatiga que producirán las cargas sometidas al pavimento, esto se aplicó en las dos estructuras.
- De acuerdo con los resultados obtenidos del software KENPAVE en la estructura no reforzada se determinó el valor de fatiga igual a $2.77E-4$ y el de ahuellamiento igual a $5.17E-04$, de la estructura reforzada con geoceldas se tuvo un valor de fatiga igual a $4.82E-04$ y un valor de ahuellamiento de $5.31E-04$. De los datos obtenidos se calculó los ejes equivalentes máximos de acuerdo a acuerdo al tipo de falla, para el ahuellamiento se calculó un máximo de 648,198 EE y para la fatiga 90'355,270 ejes equivalentes.

VI. CONCLUSIONES

- Del estudio topográfico se determinó que el tramo de estudio presenta un terreno de tipo 3 (orografía accidentada) ya presenta pendientes que oscilan entre 6% y 8%.
- Posteriormente en el estudio de mecánica de suelos se realizaron 5 calicatas a cada 1 km y con una profundidad de 1.5m; de ello se obtuvo 2 muestras de CBR. En el km-01+000, el tipo de suelo clasificado por SUCS es arena arcillosa con gravas (SC), presenta un contenido de humedad del 8.4%, así mismo el CBR es de 7.7%; en la segunda muestra ubicada en el km -04+ 000 presenta un tipo de suelo arena arcillosa con gravas (SC), y tiene un contenido de humedad de 8.08% así como un CBR igual a 8.40%.
- Así mismo, del estudio de tráfico realizado se determinó el índice medio diario anual (IMDA) de 77 veh/día o de 28105 veh/año. De ello se evaluó que cuenta con un ESAL igual a 99 526 ejes equivalentes, la cual lo clasifica a la se denomina un tipo de tráfico Tp0.
- Posteriormente se realizó el diseño geométrico de la carretera cumpliendo con lo requerido respecto al manual de carreteras DG-2018, la vía según su topografía presenta un terreno accidentado, y de acuerdo al estudio de tráfico esta presenta una demanda inferior a 400 veh/día lo que lo se denomina como carretera de tercera clase, la carretera presentará una velocidad de 30 km/h, la cual cuenta con pendientes mínimas y máximas de 0.5% y 9% respectivamente; la carretera presenta un ancho de calzada de 6m que cuenta con dos carriles y un ancho de berma de 0.50m a cada lado de la calzada.
- De acuerdo a los estudios previos realizados de mecánica de suelos y tráfico se realizó el diseño del pavimento flexible mediante la norma AASHTO 93. El CBR de diseño fue de 7.7%, y se tomaron en cuenta los valores correspondientes para un tráfico menor a 100 000 EE (tp0), estos se consideran para un periodo de 20 años, de ello se obtuvo que la

estructura del pavimento contará con una carpeta asfáltica de 5 cm y una base granular de 25 cm.

- Para el pavimento flexible empleando geoceldas, se diseñó de acuerdo al manual de diseño con geosintéticos Pavco. Se planteó una nueva estructura de pavimento, donde se cuenta con 5 cm de carpeta asfáltica y 20 cm de base granular, esta estará reforzada con geoceldas de 15 cm de espesor, para determinar su funcionabilidad se utilizó el método mecanicista a través del software KENPAVE que permite determinar las fallas de ahuellamiento y fatiga en las 2 estructuras propuestas. Según las fallas de la estructura del pavimento flexible empleando geoceldas esta tiene una capacidad máxima de 648,198 EE.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio de tráfico proyectado al número de vehículos que transitarán ya que esta vía permitirá el acceso en menos tiempo al centro turístico Wiracochapampa.
- Además se recomienda realizar las calicatas para el estudio de suelos a cada 500 m ya que este acceso no solo facilitará la llegada a un centro turístico, sino que acortará distancias a vehículos que tienen destino a la ciudad de Huamachuco, provenientes de las ciudades de Cajamarca, Cajabamba entre otros.
- Para el diseño geométrico se requiere tomar buenos criterios según la norma DG-2018, para que esta no afecte la transitabilidad vehicular.
- Si en caso no se emplee las geoceldas como refuerzo se recomienda utilizar piedra rajón ya que esta genera un aporte de apoyo y control de humedad a la estructura, se usen en reemplazo de los geosintéticos.
- Se sugiere emplear una norma de diseño para realizar un correcto modelamiento de una estructura de pavimento flexible empleando geosintéticos.

REFERENCIAS

1. Análisis térmico de geosintéticos utilizados en la rehabilitación de pavimentos. Norambuena, José, [et al] Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería [en línea]. 2009, 17(1), 95-100[fecha de Consulta 10 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77211342010> ISSN: 0718-3291.
2. BAQUE, Simón. Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí [en línea]. Ecuador: 2020 [fecha de consulta: 20 de Octubre de 2022]. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7398457> ISSN-e 2477-8818
3. BASANTE, Edwar, VILLACRÉS, Miguel, y CRUZ, Lucio. Simulación numérica 2D subrasantes de baja resistencia, estabilizadas con material granular de sobre tamaño (rajón). Revista UIS Ingenierías [en línea]. 2021, 20(3), 61-76[fecha de Consulta 19 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=553770600004> ISSN: 1657-4583
4. BLANCO, Carlos, GRUPP, Federico y VOIROL, Eric. Plan de estudio para la evaluación del comportamiento de un pavimento flexible reforzado con geosintéticos. Ciencia e Ingeniería [en línea]. 2008, 29(1), 3-9[fecha de Consulta 19 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507550781002> ISSN: 1316-7081.
5. CARDENAS, James. Diseño geométrico de carreteras. 2ª. Ed. Bogotá: Ecoe ediciones, 2013. 491 pp. ISBN:978-958-649-859-4
6. CHAMIE, Samir. Análisis de las causas de retraso y sobrecoste en la construcción de vías terciarias en Colombia. Tesis (Máster en Ingeniería Civil). Valencia: Universidad Politécnica de València, 2021. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/175931>
7. DUARTE, María, SIERRA, Valeria Tesis “Estudio del comportamiento de un material de subrasante típico de Bogotá estabilizado con un sistema de geoceldas ante la aplicación de ciclos de carga y descarga mediante pruebas de laboratorio. Tesis (ingeniero Civil). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2011. Disponible en <https://repository.javeriana.co/handle/10554/7505>

8. DUARTE, María, SIERRA, Valeria. Estudio del comportamiento de un material de subrasante típico de Bogotá estabilizado con un sistema de geoceldas ante la aplicación de ciclos de carga y descarga mediante pruebas de laboratorio. Tesis (Ingeniero Civil). Bogotá: Pontificia Universidad de Javeriana, 2011. Disponible en <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/7505>
9. FERNÁNDEZ, Pedro, FATTORELLI, Sergio. Diseño hidrológico. 2.^a ed. Argentina: WASA–GN, 2011. 602 pp. ISBN:978-987-05-2738-2
10. FIENCO JALCA, M.G., BRAVO MERA, B. S., GUACHISACA CONTENTO, V.E., JARAMILLO PINTADO, E. A., & FIENCO JALCA, V.E. Elementos Originales en el Diseño Geométrico de Carreteras. España: Área de Innovación y Desarrollo, S.L., 2017. 148 pp. ISBN: 978-84-947995-2-5
11. GÁMEZ, William. Texto básico auto formativo de topografía genera. Managua: Universidad Nacional Agraria, 2015. 202 pp. ISBN 978-99924-1-036-3
12. GARZÓN, Laura. Evaluación del desempeño estructural de un sistema de confinamiento celular como alternativa de mejoramiento de suelo. Tesis (Maestría en ingeniería). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2017. Disponible en <http://hdl.handle.net/10554/40201>
13. Geosistemas Pavco (2012). Manual de diseños con geosintéticos, 9na edición 2012. Colombia.
14. GUZMÁN, Martínez, *et al*, Análisis Numérico Unidimensional del Proceso de Infiltración en Suelos Parcialmente Saturados Reforzados con Geosintéticos Permeables. Scientia Et Technica [en línea]. 2019, 24(1), 46-56 [fecha de Consulta septiembre 29 de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84959429005> ISSN: 0122-1701.
15. Han, Jie., Yang, Xiaoming, Parsons, Robert. Behavior of Geocell-Reinforced Sand under a Vertical Load. Estudios Públicos [en línea] 2018. Vol.2045 nº1. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2012]. Disponible en <https://doi.org/10.3141/2045-11>
16. HUARAZ Luis, y SÁNCHEZ, Abel. Diseño del mejoramiento de la carretera a nivel afirmado, tramo San Luis – Santa Cecilia, distrito de Usquil, Otuzco, La

- Libertad. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad César Vallejo, 2020. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/44905>
17. LIZÁRRAGA, José. Diseño y construcción de pavimentos flexibles aplicando geomallas de polipropileno como sistema de reforzamiento estructural. Tesis (Maestría en ingeniería civil). México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2013. Disponible en: https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000704215
18. Manimaran, A.; Santhosh, S.; Ravichandran, P. T. (2018). Characteristics study on sub grade soil blended with ground granulated blast furnace slag. *Rasayan Journal of Chemistry*, 11(1), 401–404. Disponible en: <https://doi.org/10.7324/RJC.2018.1112044>
19. MÉNDEZ, Jhon. Diseño de la estructura de pavimento flexible con Agregados Reciclados (AR) y Geosintéticos, aplicando la metodología mecanicista, para la Av. Ferrocarril de occidente entre Av. Boyacá y Av. Agoberto Mejía de la ciudad de Bogotá. Tesis (Especialista en Ingeniería de Pavimentos). Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2020. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/36308>
20. Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2008), Manual de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito. Disponible en: <http://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/manualdedisenodecarreterasnopavimentadasdebajovolumendetransito.pdf>
21. Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014), Manual de Carreteras: Diseño Geométrico – 2014. Disponible en: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3580.pdf
22. Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014), Manual de Carreteras: Suelos Geología y Pavimentos. Disponible en : https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf
23. Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018), Manual de Carreteras: Diseño Geométrico – 2018. Disponible en : https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documento_s/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

24. Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2019): estándares de las carreteras con una cláusula de seguridad vial. Mayo 2019. Disponible en: <https://www.gob.pe/es/n/28519>
25. Miranda Novales [et al]. El protocolo de investigación III: la población de estudio por Miranda Revista Alergia México [en línea]. 2016, 63(2), 201-206 [fecha de Consulta 1 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755023011> ISSN: 0002-5151.
26. MIRANDA, Eddy. Diseño de una base granular reforzada con geomalla biaxial; para optimizar la calidad en la construcción de pavimentos flexibles, tramo Tayabamba - Ongón. Provincia de Pataz. La Libertad. Tesis (Maestro en transportes y conservación vial). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2019. Disponible en: <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/5061>
27. OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. Int. J. Morphol. [online]. 2017, vol.35, n.1 [fecha de Consulta 2 de junio de 2022], pp.227-232. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037> ISSN 0717-9502.
28. PEZO, Flavio. Uso Combinado de Geomalla y Geotextil como Refuerzo para Pavimentos Flexibles en Suelos Expansivos. Tesis (Maestría en ingeniería vial). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2022. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/5352>
29. PORRAS, Pahola. Diseño, construcción e instrumentación del equipo de ahuellamiento para pavimentos flexibles. Prospectiva [en línea]. 2017, 15(2), 126-134 [fecha de Consulta 22 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496254902014> ISSN: 1692-8261.
30. QUISPE, Antonio [et al], Metodologías cuantitativas: Cálculo del tamaño de muestra con STATA y R. HNAAA [en línea]. 2020, vol.13, n.1 [fecha de Consulta 2 de junio de 2022], pp.78-83. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2020.131.627> ISSN 2225-5109.

31. Revista de actualidad gestión y turismo: El 84,2% de carreteras en la Macro Región Norte no está pavimentado.(Noviembre, 2020) Disponible en: <https://www.revistaeconomia.com/el-842-de-carreteras-en-la-macro-region-norte-no-esta-pavimentado>
32. RODRIGUEZ, Lucio, DEL AGUILA, Carlos. Estabilización de suelos mediante confinamiento celular con materiales reciclables en el pasaje Los Rosales San Juan Bautista – Maynas – Loreto 2018. Tesis (Ingeniero Civil) Loreto: San Juan Bautista, 2019. Disponible en <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/853>
33. RONDÓN, Quintana, HUGO Alexander y REYES Lizcano Comportamiento resiliente de materiales granulares en pavimentos flexibles: estado del conocimiento. Revista Ingenierías Universidad de Medellín [en línea]. 2007, 6(11), 65-90 [fecha de Consulta 07 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75061106> ISSN: 1692-3324
34. SANTIESTEBAN, Ericson. Evaluación de la estructura de pavimento flexible con la aplicación de geoceldas en Huaura – Huaura – Lima, 2019. Tesis (Título de ingeniero civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/45690>
35. SIVAPRIYA, S. VIJAYASIMHAN, Ganesh Functional and cost-benefits of geosynthetics as subgrade reinforcement in the design of flexible pavement. Facultad de Ingeniería [en línea]. 2019, 28(51), 39-49[fecha de Consulta 20 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=413959633003> ISSN: 0121-1129.
36. SOSA, Luis. Pavimento con geosintéticos para mejorar la resistencia en la capa estructural de la avenida Tréboles provincia y distrito de Chiclayo – Lambayeque. Tesis (Título de ingeniero civil). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/44413>
37. TÉLLEZ, Jhoan y MALDONADO, Cristian. Simulación numérica de una estructura de pavimento flexible reforzada con geo celdas, apoyada sobre subrasantes continuas y discontinuas. Tesis (Título de ingeniero civil). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José De Caldas, 2021. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/28720>

38. URRESTA Melo, YINNA Marcela. Análisis de alternativas de diseño con geoceldas, en estructuras de pavimento, estudio de caso carrera 12, Funza – Cundinamarca, Tesis (Especialista en Ingeniería de Pavimentos). Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2014. Disponible en <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/13150>
39. USECHE, María, QUEIPO, Beatriz y ARTIAGAS. Wileidys. Técnicas e instrumentos de recolección de datos Cualitativos – Cuantitativos. Colombia: Gente Nueva, 2019. 85pp.
ISBN: 978-956-6037-04-0
40. VALENTÍN, Emerson y VALLADARES, Mijael. Análisis comparativo de refuerzo estructural entre la geomalla triaxial y la geocelda para la optimización del diseño de pavimento flexible, del tramo ii de la carretera departamental hu- 108, Distrito de Churubamba-Huánuco. Tesis (Título de ingeniero civil). Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizán, 2021. Disponible en: <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/7092>
41. VARGAS Jiménez, J *et al.* La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles. Ingeniería [en línea]. 2017, 21(1), [fecha de Consulta 29 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46752305006> ISSN: 1665-529X.
42. VÉLEZ, Jorge, BOTERO, Blanca, PARRA, Juan, ARISTIZÁBAL, Víctor, MARULANDA, Alejandro. Diseño hidráulico e hidrológico de obras de ingeniería para proyectos viales. Colombia: Blanecolor S.A.S. 2013. 2021 pp.
ISBN: 978-958-761-287-5

ANEXOS

- ANEXO 1: OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELDAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA	“Los pavimentos flexibles presentan una estructura compuesta una capa de rodadura, que están formados con materiales aglomerantes y aditivos, estas presentan una capas granulares de base y sub base. La metodología para su diseño presenta los criterios de tráfico, módulo de elasticidad y drenaje” (De La Cruz y Paredes, 2021, p.108).	El diseño vial se basará en determinar las características del sistema vial de acuerdo con la normatividad vigente; se empleará con base al estado del campo y un conjunto de pruebas realizadas en laboratorio para adquirir las propiedades físicas, así como también mecánicas del suelo; ya que de esta manera ayudará a que el trazado vial sea compatible con el entorno.	Levantamiento Topográfico	Trazo de poligonales	Ordinal (m)
				Perfiles Longitudinales y Secciones Transversales	Intervalo(m)
			Mecánica de suelos	Granulometría	Razón (%)
				C.B. R	Razón (%)
				Contenido de humedad	Razón (%)
				Límites de consistencia	Razón (%)
				Peso Específico	Intervalo (g/cm3)
				Densidad Máxima	Razón (%)
			Estudio de tráfico	Índice medio diario	Razón (veh/día)
				ESAL de siseño	Razón (EE)
			Diseño Geométrico	Velocidad de diseño	Razón (m/s)
				Radios mínimos	Ordinal (m)
				Pendiente máx. y min.	Intervalo (%)
			Diseño de pavimento flexible con sub-base reforzada	Sub-rasante	Intervalo (kg/cm2)
base granular con geoceldas	Intervalo (kg/cm2)				
Asfalto	Intervalo (kg/cm2)				
Capa de rodadura	Intervalo (kg/cm2)				

• ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO:	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELDAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD – 2022	Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Independiente	Tipo de estudio
	¿Cuál será el diseño óptimo del pavimento flexible aplicando el uso de geoceldas en el camino vecinal que une los centros poblados de Marcochugo – El Capulí – La Conga pertenecientes al distrito de Huamachuco, Sánchez Carrión, La Libertad 2022?	Realizar diseño a nivel de pavimento flexible utilizando geoceldas para el camino vecinal que une los centros poblados de Marcochugo – El Capulí – La Conga.	El pavimento contará con una infraestructura que estará reforzada con geoceldas mejorando la resistencia y durabilidad, además de mitigar la erosión producida por el agua y aire producidos por la lluvia.	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELDAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA	La investigación de tipo aplicada
		Diseño de investigación			El diseño de la investigación es no experimental, transversal descriptivo.
		Método de investigación			Teórico
		Población			Camino vecinal tramo Marcochugo – El Capulí – La Conga.
		Muestra			El camino vecinal que une los centros poblados Marcochugo – El Capulí – La Conga
		Muestreo			No probabilístico
		Objetivos Específicos			Realizar el estudio topográfico en el tramo Marcochugo – El Capulí – La Conga.
		Determinar las características físicas y mecánicas que presenta el suelo mediante el EMS en el tramo Marcochugo - El Capulí - La Conga.			
		Determinar los Ejes Equivalentes a través del estudio de tráfico en el tramo Marcochugo - El Capulí - La Conga			
Elaborar el diseño geométrico de la carretera del tramo Marcochugo- El Capulí- La Conga.					
Diseñar el pavimento flexible reforzado con geoceldas en el tramo Marcochugo- El Capulí- La Conga.					

• ANEXO 3: ESTUDIO DE TRÁFICO

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA
SENTIDO	IDA
UBICACIÓN	A

ESTACION	KM 00+50
DIA	LUNES
FECHA	26/09/2022

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP	MINIBAN	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
0-1																					0
1-2																					0
2-3																					0
3-4																					0
4-5						1					1										2
5-6		1	1	1			1														4
6-7	1				1																2
7-8	2	1	1																		4
8-9	1				1						1										3
9-10						1															1
10-11	3		1																		4
11-12							1														1
12-13	1					1															2
13-14																					0
14-15		1	1				1														3
15-16																					0
16-17						1															1
17-18		1																			1
18-19					2																2
19-20							1														1
20-21					1																1
21-22						1															1
22-23																					0
23-24																					0
TOTALES	8	4	4	5	6	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA
SENTIDO	IDA
UBICACIÓN	A

ESTACION	KM 00+50
DIA	MARTES
FECHA	27/09/2022

HORA	MOTOS	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP 	MINIBAN 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 		
0-1																						0
1-2																						0
2-3																						0
3-4																						0
4-5																						0
5-6	2																					2
6-7	1		1	1						1												4
7-8	2				1																	3
8-9	1		1																			2
9-10		1				1																2
10-11	1																					1
11-12	2					1																3
12-13			1	1																		2
13-14	1			1		1																3
14-15	1				1																	2
15-16	1																					1
16-17			1	2																		3
17-18					1																	1
18-19																						0
19-20						1																1
20-21																						0
21-22																						0
22-23																						0
23-24																						0
TOTALES	12	1	4	5	3	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA
SENTIDO	IDA
UBICACIÓN	A

ESTACION	KM 00+50
DIA	MIÉRCOLES
FECHA	28/09/2022

HORA	MOTOS	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP 	MINIBAN 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 			
0-1																						0	
1-2																							0
2-3																							0
3-4																							0
4-5																							0
5-6											1												1
6-7			1	1	1																		3
7-8					2																		2
8-9	3		1																				4
9-10																							0
10-11																							0
11-12																							0
12-13																							0
13-14				1																			1
14-15	2		1																				3
15-16	2		2		1					1													6
16-17				1																			1
17-18	1		1	1																			3
18-19						1																	1
19-20			1		1																		2
20-21																							0
21-22																							0
22-23																							0
23-24																							0
TOTALES	8	0	7	4	5	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA
SENTIDO	IDA
UBICACIÓN	A

ESTACION	KM 00+50
DIA	JUEVES
FECHA	29/09/2022

HORA	MOTOS	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP 	MINIBAN 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 		
0-1																						0
1-2																						0
2-3																						0
3-4																						0
4-5																						0
5-6																						0
6-7	2		2																			4
7-8	2		1	1	1																	5
8-9	1	1	1							1												4
9-10	1					1																2
10-11					1																	1
11-12										1												1
12-13	1			1																		2
13-14					1																	1
14-15			1																			1
15-16																						0
16-17	1					1																2
17-18	4			1	1																	6
18-19	3																					3
19-20	2				1																	3
20-21																						0
21-22																						0
22-23																						0
23-24																						0
TOTALES	17	1	5	3	5	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA
SENTIDO	IDA
UBICACIÓN	A

ESTACION	KM 00+50
DIA	VIERNES
FECHA	30/09/2022

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP	MINIBAN	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1																						0
1-2																						0
2-3																						0
3-4																						0
4-5																						0
5-6																						0
6-7	2		1							1												4
7-8	1	1		2																		4
8-9	1		1		1						1											4
9-10																						0
10-11	1	1																				2
11-12						1																1
12-13	1				1																	2
13-14	1			1																		2
14-15			1																			1
15-16	1																					1
16-17	1	1				1																3
17-18	2			1	1																	4
18-19				2																		2
19-20			1																			1
20-21																						0
21-22																						0
22-23																						0
23-24																						0
TOTALES	11	3	4	6	3	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA
SENTIDO	IDA
UBICACIÓN	A

ESTACION	KM 00+50
DIA	SABADO
FECHA	01/10/2022

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP	MINIBAN	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1																						0
1-2																						0
2-3																						0
3-4											1											1
4-5																						0
5-6																						0
6-7	3											1										4
7-8	2		1		1																	4
8-9					1																	1
9-10	2										3											5
10-11	1					1	1															3
11-12	1	1																				2
12-13					2																	2
13-14	1																					1
14-15	1					1																2
15-16		1																				1
16-17	2																					2
17-18	3						1															4
18-19			1																			1
19-20					1																	1
20-21																						0
21-22																						0
22-23																						0
23-24																						0
TOTALES	16	2	2	5	2	2	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA
SENTIDO	IDA
UBICACIÓN	A

ESTACION	KM 00+50
DIA	DOMINGO
FECHA	02/10/2022

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP	MINIBAN	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1										1	1											2
1-2																						0
2-3																						0
3-4																						0
4-5	2				1					1	1											5
5-6							1															1
6-7	1									2												3
7-8	1		1	1	1					1	1											6
8-9	4			1		1				1												7
9-10			2		1					1												4
10-11		1			1																	2
11-12	1			1		1					1											4
12-13	1		1																			2
13-14			1		1																	2
14-15				1																		1
15-16	2					1																3
16-17	3		1		1																	5
17-18	2			1																		3
18-19	1		1			1																3
19-20																						0
20-21																						0
21-22																						0
22-23																						0
23-24																						0
TOTALES	18	1	7	5	6	5	0	0	0	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA
SENTIDO	VUELTA
UBICACIÓN	B

ESTACION	KM 00+50
DIA	LUNES
FECHA	26/09/2022

HORA	MOTOS	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP 	MINIBAN 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 		
0-1																						0
1-2																						0
2-3																						0
3-4																						0
4-5																						0
5-6	2																					2
6-7			1		1																	2
7-8	1			1		1																3
8-9	1								1													2
9-10			1		1																	2
10-11	2																					2
11-12	1			1																		2
12-13	1		1			1																3
13-14	1																					1
14-15			1		1																	2
15-16	1																					1
16-17			1	2																		3
17-18	1					1																2
18-19																						0
19-20						1																1
20-21																						0
21-22																						0
22-23																						0
23-24																						0
TOTALES	11	0	5	4	3	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA
SENTIDO	VUELTA
UBICACIÓN	B

ESTACION	KM 00+50
DIA	MARTES
FECHA	27/09/2022

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP	MINIBAN	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1																						0
1-2																						0
2-3																						0
3-4																						0
4-5																						0
5-6																						0
6-7																						0
7-8	1		1			1					1											1
8-9			1																			1
9-10				1	1																	2
10-11																						0
11-12	1		1																			2
12-13						1																1
13-14																						0
14-15	2			1																		3
15-16																						0
16-17	2																					2
17-18	1		1		1																	3
18-19	1	1		1		1																4
19-20																						0
20-21					1																	1
21-22																						0
22-23																						0
23-24																						0
TOTALES	8	1	4	3	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA
SENTIDO	VUELTA
UBICACIÓN	B

ESTACION	KM 00+50
DIA	MIÉRCOLES
FECHA	28/09/2022

HORA	MOTOS	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP 	MINIBAN 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 		
0-1																						0
1-2																						0
2-3																						0
3-4																						0
4-5																						0
5-6							2															2
6-7			1																			1
7-8					1																	1
8-9	2		1																			3
9-10						1																1
10-11				1	1																	2
11-12	1																					1
12-13	1				1																	2
13-14				2																		2
14-15	1		1																			2
15-16					1																	1
16-17	4	1	1			1																7
17-18	1			1																		2
18-19			1		1																	2
19-20						1																1
20-21																						0
21-22																						0
22-23																						0
23-24																						0
TOTALES	10	1	5	4	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA
SENTIDO	VUELTA
UBICACIÓN	B

ESTACION	KM 00+50
DIA	JUEVES
FECHA	29/09/2022

HORA	MOTOS	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP 	MINIBAN 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 		
0-1																						0
1-2																						0
2-3																						0
3-4																						0
4-5																						0
5-6																						0
6-7	2					1				2												5
7-8					1																	1
8-9	1		1																			2
9-10		1		1																		2
10-11	2		1																			3
11-12	1					1				1												3
12-13					2																	2
13-14	1					1																2
14-15	2																					2
15-16		1		1	1																	3
16-17																						0
17-18	2		1			1																4
18-19	2																					2
19-20	1																					1
20-21																						0
21-22																						0
22-23																						0
23-24																						0
TOTALES	14	2	3	2	4	4	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA
SENTIDO	VUELTA
UBICACIÓN	B

ESTACION	KM 00+50
DIA	VIERNES
FECHA	30/09/2022

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP	MINIBAN	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1																						0
1-2																						0
2-3																						0
3-4																						0
4-5																						0
5-6																						0
6-7																						0
7-8			1				1															2
8-9	1			1																		2
9-10		1	1				1															3
10-11	1				1																	2
11-12	2									1												3
12-13		1	2		1																	4
13-14	2					1																3
14-15			1							1												2
15-16		1			1																	2
16-17	1		2	1																		4
17-18			1		1	1																3
18-19	1			1																		2
19-20																						0
20-21																						0
21-22																						0
22-23																						0
23-24																						0
TOTALES	8	3	8	3	4	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA
SENTIDO	VUELTA
UBICACIÓN	B

ESTACION	KM 00+50
DIA	SABADO
FECHA	01/10/2022

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP	MINIBAN	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1																						0
1-2																						0
2-3																						0
3-4																						0
4-5																						0
5-6			1																			1
6-7					1																	1
7-8						1																1
8-9	1			1																		2
9-10																						0
10-11	2			1																		3
11-12	2				2																	4
12-13			1							1												2
13-14																						0
14-15	3		1		2																	6
15-16	1									1												2
16-17				1		1																2
17-18	2																					2
18-19					1																	1
19-20																						0
20-21																						0
21-22																						0
22-23																						0
23-24																						0
TOTALES	11	0	3	3	6	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA
SENTIDO	VUELTA
UBICACIÓN	B

ESTACION	KM 00+50
DIA	DOMINGO
FECHA	02/10/2022

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	MINIBAN	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3			
0-1																							
1-2																							0
2-3																							0
3-4																							0
4-5																							0
5-6																							0
6-7	1			1																			2
7-8						1																	1
8-9	1		1																				2
9-10	2																						2
10-11	1					1																	2
11-12	1		1		1																		3
12-13	2																						2
13-14						1																	1
14-15	1		1																				2
15-16	2			1						1													4
16-17	1	1	1		1																		4
17-18						1				1													2
18-19			1		1																		2
19-20						1																	1
20-21																							0
21-22																							0
22-23																							0
23-24																							0
TOTALES	12	1	5	2	3	5	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30

• ANEXO 4: ESTUDIO DE SUELOS



LIV INGENIEROS SAC

LABORATORIO GEOTECNICO, PROYECTOS E INGENIERÍA.

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (NTP 339.127)

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD – 2022.

UBICACIÓN: TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD.

SOLICITANTE: VERGARA RODRIGUEZ FRANK JESÚS.

CALICATA: CALICATA 01.

FECHA: NOVIEMBRE DEL 2022.

Muestra:	M-01	
Recipiente:	1	2
Peso Recipiente	21.25	20.47
Peso Recipiente + Muestra Humeda	258.35	258.76
Peso Recipiente + Muestra Seca	232.69	232.59
Peso Agua	25.66	26.17
Peso Seco	211.44	212.12
W%:	12.14	12.34
$W_{promedio} \%$:	12.24	

J. Carlos
 Jean Carlos Torres Araya
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP 242353

Dirección: Calle Pancho Fierro Mz. 1 Lt 27 - Trujillo - La libertad. /CONTACTO: 983 547 622

E-mail: geotecnia@livingenieros.com

LÍMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40
(ASTM D 4318)

I. Datos Generales:

PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELDAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD – 2022.

UBICACIÓN : TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD.

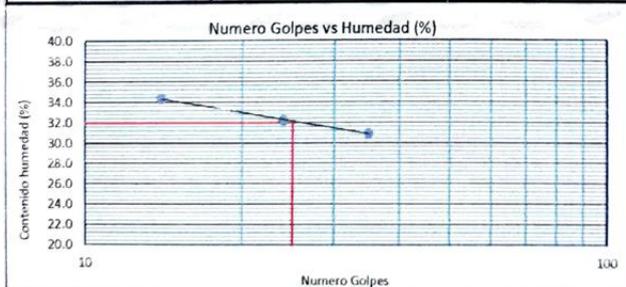
SOLICITANTE : VERGARA RODRIGUEZ FRANK JESÚS.

MUESTRA : CALICATA 01.

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2022.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (MTC E-111)			
Nº Tarro	1	2	
Tarro + Suelo húmedo. (g)	19.78	20.22	
Tarro + Suelo seco (g)	18.73	19.12	
Peso Agua (g)	1.05	1.10	
Peso del Tarro (g)	12.90	13.02	
Peso del suelo seco (g)	5.83	6.10	
Humedad (%)	18.01	18.03	
Límite Plástico (%)		18.02	

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E-110)			
Nº Tarro	3	4	5
Número de Golpes	14	24	35
Peso tarro + suelo húmedo (g)	42.78	43.85	49.61
Peso tarro+suelo seco (g)	35.72	36.23	41.57
Peso del Agua (g)	7.06	7.62	8.04
Peso del tarro (g)	15.17	12.57	15.55
Peso del suelo seco (%)	20.55	23.66	26.02
Humedad (%)	34.36	32.21	30.90
Límite Líquido (%)		32.00	



Límites de Consistencia de suelos

Límite Líquido (%)	32.00
Límite Plástico (%)	18.02
Índice de Plasticidad (%)	13.98

Jorge X
Jorge X
JEFE DE LABORATORIO
C.P. 242353

Dirección: Calle Pancho Fierro Mz. 1 Lt 27 - Trujillo - La libertad. / CONTACTO: 983 547 622

E-mail: geotecnia@livingenieros.com

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

N.T.P. 339.141

A. DATOS GENERALES

Proyecto: DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELDAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD – 2022.

Ubicación: TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD.

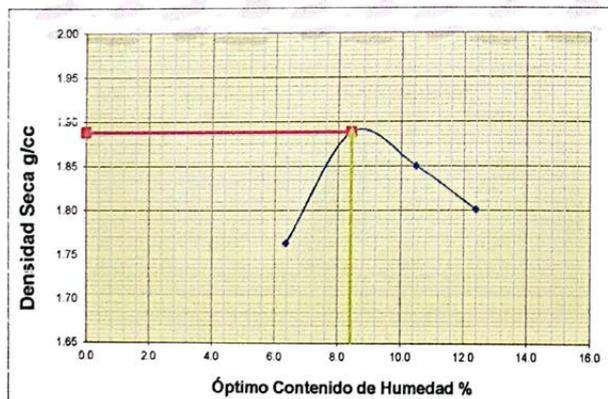
Solicitante: VERGARA RODRIGUEZ FRANK JESÚS.

Muestra: CALICATA 01.

Fecha de Entrega: NOVIEMBRE DEL 2022.

B. DATOS TÉCNICOS

N° DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	5598.00		5757.00		5794.00		5736.00	
Peso del Molde (g)	3860.00		3860.00		3860.00		3860.00	
Peso Suelo Húmedo (g)	1738.00		1897.00		1894.00		1876.00	
Volúmen del molde (cc)	926.60		926.60		926.60		926.60	
Densidad Suelo húmedo (g/cc)	1.876		2.047		2.044		2.025	
Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H ₂ O agregada	6.4%		8.4%		10.4%		12.4%	
Peso Tarro +Suelo húmedo (g)	142.50	149.20	152.50	138.20	143.90	150.70	141.60	135.90
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	136.50	142.70	144.60	131.20	134.90	141.10	128.10	125.70
Peso Tarro (g)	42.60	39.70	51.20	47.60	48.40	50.10	18.20	43.90
Peso del agua	6.00	6.50	7.90	7.00	9.00	9.60	13.50	19.20
Peso de suelo seco	93.90	103.00	93.40	83.60	86.50	91.00	109.90	81.80
Humedad (%)	6.4	6.3	8.5	8.4	10.4	10.5	12.3	12.5
Humedad promedio (%)	6.350		8.416		10.477		12.377	
Densidad Seca (g/cc)	1.764		1.888		1.850		1.802	



METODO:	A
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	56
DSM (g/cm ³)	1.88
OCH (%)	8.40

DATOS DEL MOLDE	
N°:	1
PESO(g):	3860.0
VOLUMEN(cc):	926.6

Jean Carlos Torres Araujo
JEFE DE LABORATORIO
CIP 242353

Dirección: Calle Pancho Fierro Mz. 1 Lt 27 - Trujillo - La libertad. / CONTACTO: 983 547 622

E-mail: geotecnia@livingenieros.com

Laboratorio Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

CBR de Suelos (Laboratorio)
MTC E 132 - 2000

I. Datos Generales:

PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELIDAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA, HUAMACHUCO - SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD - 2022.

UBICACIÓN : TRAMO MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA, HUAMACHUCO - SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD.

CALICATA : CALICATA 01.

SOLICITANTE : VERGARA RODRIGUEZ FRANK JESÚS.

Datos de la Muestra											
Procedencia de Muestra	HUAMACHUCO			Método Proctor	A						
Tipo de Muestra	Alterada			Máxima densidad seca (gr/cm ³)	1.88						
Uso de Muestra				Óptimo cont. Humedad (%)	8.40%						
Datos necesarios para el ensayo											
Preparación de muestra	Húmeda			Área Pistón de Penetración	19.4 cm ²						
Compactación de Especímenes											
Molde Nº	1			2			3				
Nº Capa	5			5			5				
Golpes por capa Nº	56			28			12				
Cond. de la muestra	Saturada		Saturada		Saturada		Saturada		Saturada		
Peso molde + Suelo húmedo	12149		12149		12326		12326		12158		
Peso de molde (gr.)	8031		8172		8172		8172		8172		
Peso del suelo húmedo (gr.)	4118		4118		4154		4154		3850		
Volumen del molde (cc)	2022		2122		2122		2122		2110		
Densidad húmeda (gr/cc)	2.037		2.037		1.958		1.958		1.825		
Contenido de humedad de los especímenes											
Tarro Nº											
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	101.94		108.56		114.2		110.98		115.27		
Tarro + Suelo seco (gr.)	96.15		102.02		107.12		104.51		108.28		
Peso del Agua (gr.)	5.79		6.54		7.08		6.47		6.99		
Peso del tarro (gr.)	26.38		24.15		22.69		25.72		24.57		
Peso del suelo seco (gr.)	69.77		77.87		84.43		77.79		83.71		
Humedad (%)	8.30		8.40		8.39		8.32		8.35		
Densidad seca (gr/cc)	1.880		1.807		1.807		1.807		1.883		
Expansión											
Fecha	Hora lec.	Hora	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/11/22	10:30	24	24	0.05	0.05	25.00	0.07	0.06	36.00	0.09	0.07
13/11/22	10:53	45	30	0.09	0.07	41.00	0.10	0.06	51.00	0.13	0.10
14/11/22	10:32	72	51	0.13	0.10	61.00	0.15	0.12	69.00	0.16	0.14
15/11/22	10:28	96	62	0.16	0.12	74.00	0.19	0.15	85.00	0.22	0.17
Penetración											
Penetración mm	Carga Estándar Kg/cm ²	Molde de 56 golpes/capa			Molde de 28 golpes/capa			Molde de 12 golpes/capa			
		Dial	Kg/cm ²	Corregida	Dial	Kg/cm ²	Corregida	Dial	Kg/cm ²	Corregida	
0.63		32.00	1.58		24.00	1.19		16.00	0.79		
1.27		72.00	3.57		45.00	2.23		28.00	1.39		
1.90		119.00	5.64		77.00	3.61		41.00	2.03		
2.54	70.31	146.00	7.23	7.03	104.00	5.15	5.72	57.00	2.82	3.98	
3.17		206.00	10.30		131.00	6.49		75.00	3.71		
3.81		240.00	11.89		160.00	7.52		108.00	5.35		
5.08	105.46	297.00	14.71	14.06	214.00	10.60	11.43	165.00	8.17	7.95	
7.62		401.00	19.86		318.00	15.75		223.00	11.05		
10.16		526.00	26.05		398.00	19.71		305.00	15.11		
12.70		622.00	30.81		447.00	22.14		378.00	18.72		

Jorge Torres Araujo
JEFE DE LABORATORIO
C.I. 242353

Dirección: Calle Pancho Fierro Mz. 1 Lt 27 - Trujillo - La libertad. / CONTACTO: 983 547 622

E-mail: geotecnia@livingenieros.com

Laboratorio Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

CBR de Suelos (Laboratorio)
MTC E 132 - 2000

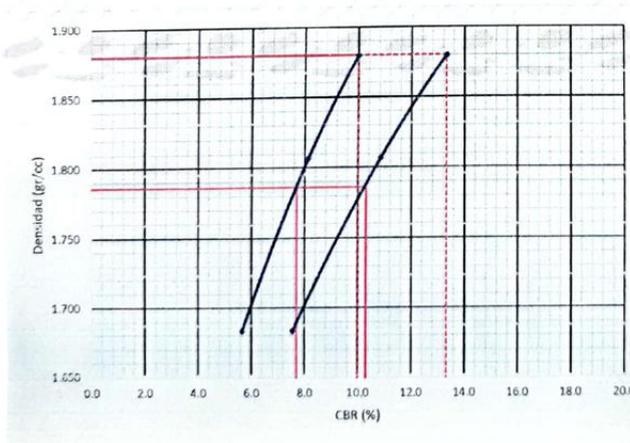
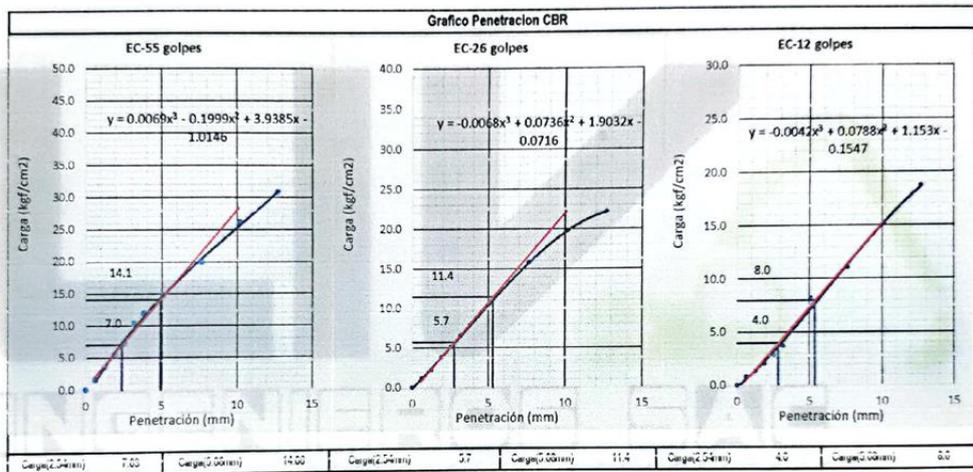
I. Datos Generales:

PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELDAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA, HUAMACHUCO - SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD - 2022.

UBICACIÓN : TRAMO MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA, HUAMACHUCO - SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD.

CALICATA : CALICATA 01.

SOLICITANTE : VERGARA RODRIGUEZ FRANK JESÚS.



Proctor / Densidad Natural / O.C.H	
Máxima Dens. Seca (gr/cc)	1.880
95% de la M.D.S. (gr/cc)	1.786
Densidad Natural (gr/cc)	-
Optimo Humedad (%)	8.40%

Ngolpes	C.B.R. (0.1")	C.B.R. (0.2")	Densidad
55	10.0	13.3	1.820
26	8.1	10.8	1.807
12	5.7	7.5	1.683

RESULTADOS DE C.B.R. (1")	
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	10.0
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	7.7

RESULTADOS DE C.B.R. (2")	
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	13.3
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	10.3

% de Expansión	Bajo
----------------	------

Dirección: Calle Pancho Fierro Mz. 1 Lt 27 - Trujillo - La libertad. / CONTACTO: 983 547 622

E-mail: geotecnia@livingenieros.com

Jean Carlos Torres Araujo
JEFE DE LABORATORIO
CIP 242353

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (NTP 339.127)

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD – 2022.

UBICACIÓN: TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD.

SOLICITANTE: VERGARA RODRIGUEZ FRANK JESÚS.

CALICATA: CALICATA 02.

FECHA: NOVIEMBRE DEL 2022.

Muestra:	M-01	
Recipiente:	1	2
Peso Recipiente :	-	-
Peso Recipiente + Muestra Humeda:	255.28	239.51
Peso Recipiente + Muestra Seca:	217.74	203.41
Peso Agua:	37.54	36.10
Peso Seco:	217.74	203.41
W%:	17.24	17.75
W _{promedio} %:	17.49	


 JEAN CARLOS TORRES ARAUJO
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP 242353

Dirección: Calle Pancho Fierro Mz. 1 Lt27 - Trujillo - La libertad. / CONTACTO: 983 547 622

E-mail: geotecnia@livingenieros.com

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 / ASTM D-422 / AASHTO T-88)

I. Datos Generales:

PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELDAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD – 2022

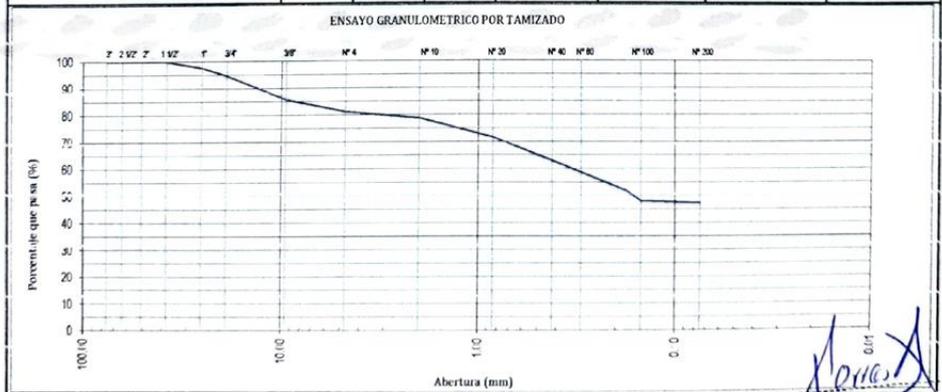
UBICACIÓN : TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD.

SOLICITANTE : VERGARA RODRIGUEZ FRANK JESÚS.

MUESTRA : CALICATA 02.

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2022.

ARENA LIMOSA CON GRAVAS										
		Tamiz			Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)		
		Malla	Abert (mm)	Serie						
PESO INICIAL:	1500.0 g	3"	76 200	32654	0.0	0.0	0.0	100.0		
		2"	50 800	33708	0.0	0.0	0.0	100.0		
		1 1/2"	38 100	42260	0.0	0.0	0.0	100.0		
SUCS:	SM	1"	25 400	42774	34.7	2.3	2.3	97.7		
AASHU:	A-4(U)	3/4"	19 125	46118	44.8	3.0	3.3	94.7		
		3/8"	9 500	42967	133.0	8.9	14.2	85.8		
%H₂O:	17.40	%Grava:		Nº 4	4 750	34993	60.0	4.6	19.9	81.2
LL:	26.1	%Arena:		Nº 10	2 000	45806	35.9	2.4	21.2	78.8
IP:	4.04	%Finos:		Nº 20	0.840	45149	108.8	7.3	28.4	71.6
				Nº 40	0.420	43661	129.4	8.6	37.0	63.0
D₁₀:	-	Cu:	-	Nº 80	0.180	34874	161.3	10.8	47.8	52.2
D₃₀:	-	Cc:	-	Nº 100	0.150	34875	58.6	3.9	51.7	48.3
D₆₀:	0.33			Nº 200	0.075	44659	14.5	1.0	52.7	47.3
				< Nº 200			710.1	47.3	100.0	0.0



Jean Carlos Torres Araujo
JEFE DE LABORATORIO
CIP 242353

LÍMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40
(ASTM D 4318)

I. Datos Generales:

PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELDAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD – 2022.

UBICACIÓN : TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD.

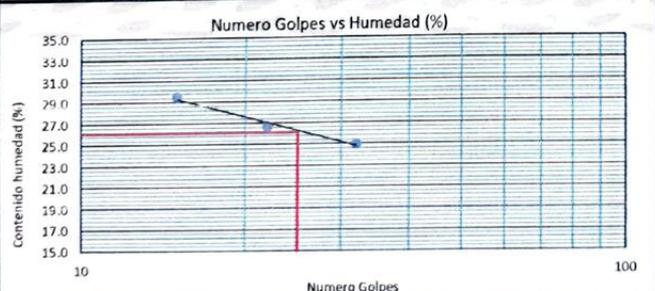
SOLICITANTE : VERGARA RODRIGUEZ FRANK JESÚS.

MUESTRA : CALICATA 02.

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2022.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (MTC E-111)			
Nº Tarro	5	6	
Tarro + Suelo húmedo. (g)	23.14	24.61	
Tarro + Suelo seco (g)	21.95	22.92	
Peso Agua (g)	1.19	1.69	
Peso del Tarro (g)	16.55	15.27	
Peso del suelo seco (g)	5.40	7.65	
Humedad (%)	22.04	22.09	
Límite Plástico (%)		22.06	

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E-110)			
Nº Tarro	1	2	3
Numero de Golpes	15	22	32
Peso tarro + suelo húmedo (g)	33.15	39.29	38.23
Peso tarro+suelo seco (g)	28.07	33.46	32.89
Peso del Agua (g)	5.08	5.83	5.34
Peso del tarro (g)	10.82	11.59	11.52
Peso del suelo seco (%)	17.25	21.87	21.37
Humedad (%)	29.45	26.66	24.99
Límite Líquido (%)		26.10	



Límites de Consistencia de suelos

Límite líquido (%)	26.10
Límite Plástico (%)	22.06
Índice de Plasticidad (%)	4.04

Jones
Jean Carlos Torres Araujo
JEFE DE LABORATORIO
CIP 242353

Dirección: Calle Pancho Fierro Mz. I Lt 27 - Trujillo - La libertad. / CONTACTO: 983 547 622

E-mail: geotecnia@livingenieros.com

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (NTP 339.127)

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELDAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD – 2022.

UBICACIÓN: TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD.

SOLICITANTE: VERGARA RODRIGUEZ FRANK JESÚS.

CALICATA: CALICATA 03.

FECHA: NOVIEMBRE DEL 2022.

Muestra:	M-01	
Recipiente:	1	2
Peso Recipiente :	-	-
Peso Recipiente + Muestra Humeda:	345.27	265.23
Peso Recipiente + Muestra Seca:	304.58	233.69
Peso Agua:	40.69	31.54
Peso Seco:	304.58	233.69
W%:	13.36	13.50
W_{promedio} %:	13.43	

Jean Carlos Torres Araujo
JEFE DE LABORATORIO
R.D. 242353

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(MTC E-107 / ASTM D-422 / AASHTO T-88)

I. Datos Generales:

PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD – 2022.

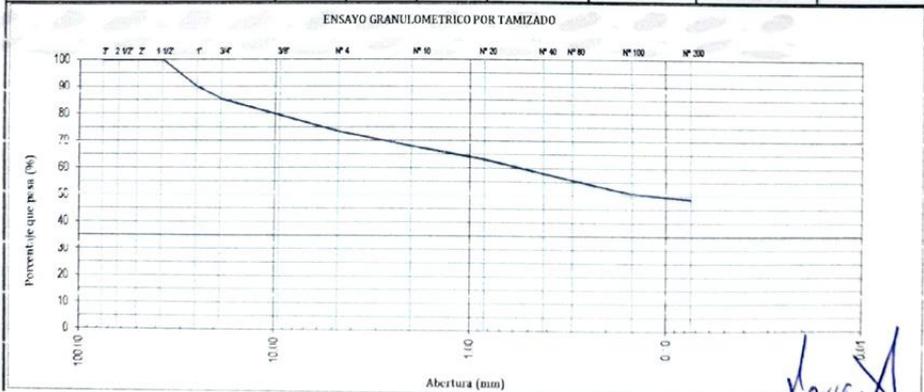
UBICACIÓN : TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD.

SOLICITANTE : VERGARA RODRIGUEZ FRANK JESÚS.

MUESTRA : CALICATA 03.

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2022.

GRAVA ARCILLOSA LIMOSA CON ARENA								
	Tamiz			Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)	
	Malla	Abert. (mm)	Senie					
PESO INICIAL: 1700.0 g.	3"	76.200	32854	0.0	0.0	0.0	100.0	
	2"	50.800	33708	0.0	0.0	0.0	100.0	
	1 1/2"	38.100	42260	0.0	0.0	0.0	100.0	
	1"	25.400	42774	169.5	10.0	10.0	90.0	
SUCS: GC-GM	3/4"	19.050	46118	75.4	4.4	14.4	85.6	
AASHTO: A-4(U)	3/8"	9.500	42967	104.3	6.1	20.5	79.5	
W 13.40	%Grava: 20.0	Nº 4	4.750	34993	103.7	6.1	26.6	73.4
LL 18	%Arena: 24.4	Nº 10	2.000	45806	89.4	5.3	31.9	68.1
I.P. 4	%Finos: 48.9	Nº 20	0.840	45149	82.1	4.8	36.7	63.3
D₁₀ :	Cu :	Nº 40	0.420	43661	87.0	5.1	41.8	58.2
D₃₀ :	Cc :	Nº 80	0.180	34874	101.0	5.9	47.8	52.2
D₆₀ : 0.54		Nº 100	0.150	34875	20.6	1.2	49.0	51.0
		Nº 200	0.075	44659	35.5	2.1	51.1	48.9
		<Nº 200			831.0	48.9	100.0	0.0



Jorge
Jefe de Laboratorio
DIP 242353

Dirección: Calle Pancho Fierro Mz. 1 Lt 27 - Trujillo - La libertad. / CONTACTO: 983 547 622

E-mail: geotecnia@livingenieros.com

**LÍMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40
(ASTM D 4318)**

I. Datos Generales:

PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELIDAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD – 2022.

UBICACIÓN : TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD.

SOLICITANTE : VERGARA RODRIGUEZ FRANK JESÚS.

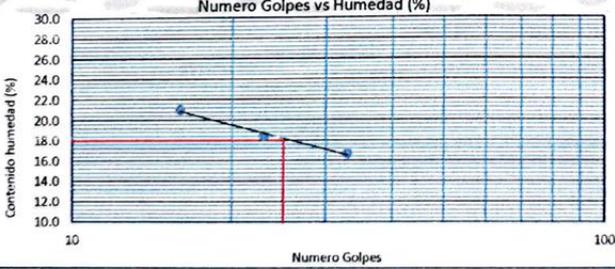
MUESTRA : CALICATA 03.

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2022.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (MTC E-111)			
Nº Tarro	1	2	
Tarro + Suelo humedo. (g)	19.71	20.14	
Tarro + Suelo seco (g)	18.87	19.27	
Peso Agua (g)	0.84	0.87	
Peso del Tarro (g)	12.90	13.02	
Peso del suelo seco (g)	5.97	6.25	
Humedad (%)	14.07	13.92	
Límite Plástico (%)		14.00	

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E-110)			
Nº Tarro	3	4	5
Numero de Golpes	16	23	33
Peso tarro + suelo humedo (g)	41.52	42.25	49.07
Peso tarro+suelo seco (g)	36.95	37.64	44.28
Peso del Agua (g)	4.57	4.61	4.79
Peso del tarro (g)	15.17	12.57	15.55
Peso del suelo seco (%)	21.78	25.07	28.73
Humedad (%)	20.98	18.39	16.67
Límite Líquido (%)		18.00	

Numero Golpes vs Humedad (%)



Límites de Consistencia de suelos

Límite Líquido (%)	18.00
Límite Plástico (%)	14.00
Índice de Plasticidad (%)	4.00

John Carlos Torres Araujo
JEFE DE LABORATORIO
CIP 242353

Dirección: Calle Pancho Fierro Mz. 1 Lt 27 - Trujillo - La libertad. /CONTACTO: 983 547 622

E-mail: geotecnia@livingenieros.com

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (NTP 339.127)

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELDAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD – 2022.

UBICACIÓN: TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD.

SOLICITANTE: VERGARA RODRIGUEZ FRANK JESÚS.

CALICATA: CALICATA 04.

FECHA: NOVIEMBRE DEL 2022.

Muestra:	M-01	
	1	2
Recipiente:	-	-
Peso Recipiente:	-	-
Peso Recipiente + Muestra Humeda:	243.69	258.24
Peso Recipiente + Muestra Seca:	221.95	235.42
Peso Agua:	21.74	22.82
Peso Seco:	221.95	235.42
W%:	9.79	9.69
W _{promedio} %:	9.74	


Jean Carlos Torres Araujo
JEFE DE LABORATORIO
CIP: 242353

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(MTC E-107 / ASTM D-422 / AASHTO T-88)

I. Datos Generales:

PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD – 2022.

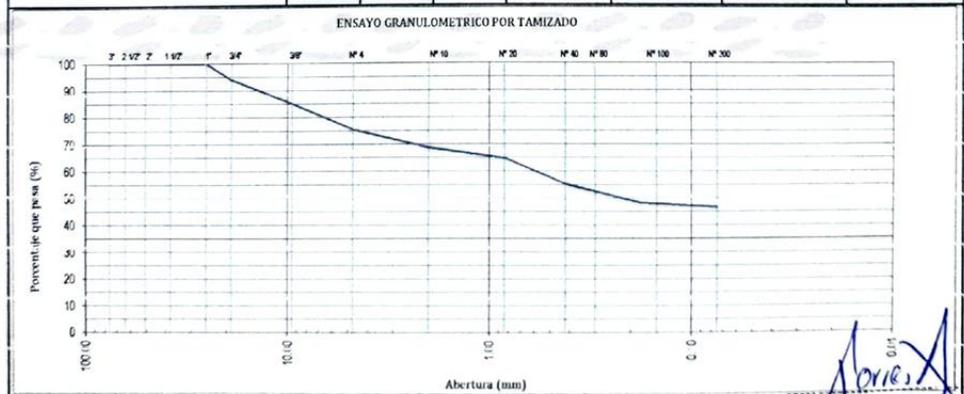
UBICACIÓN : TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD.

SOLICITANTE : VERGARA RODRIGUEZ FRANK JESÚS.

MUESTRA : CALICATA 04.

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2022.

ARENA ARCILLOSA CON GRAVA										
		Tamiz			Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)		
		Malla	Abert.(mm)	Serie						
PESO INICIAL:	1500.0 g									
		3"	76.200	32854	0.0	0.0	0.0	100.0		
		2"	50.800	33708	0.0	0.0	0.0	100.0		
		1 1/2"	38.100	42260	0.0	0.0	0.0	100.0		
SUCS:	SC	1"	25.400	42774	0.0	0.0	0.0	100.0		
AASHTO:	A-4(2)	3/4"	19.050	40118	89.4	5.9	5.9	94.0		
		3/8"	9.500	42967	132.7	8.8	14.8	85.2		
N₄₀	0.74	%Grava:	24.4	N^o 4	4.750	34093	144.4	9.6	24.4	75.6
LL	31.1	%Arena:	28.9	N^o 10	2.000	45806	101.3	6.8	31.2	68.8
I.P.	9.05	%Finos:	46.7	N^o 20	0.840	45149	58.3	3.9	35.1	64.9
				N^o 40	0.420	43661	145.2	9.7	44.7	55.3
D₁₅	-	Cu :	-	N^o 60	0.180	34874	103.6	6.9	51.7	48.3
D₃₀	-	Cc :	-	N^o 100	0.150	34875	5.9	0.4	52.1	47.9
D₆₀	0.59			N^o 200	0.075	44659	18.5	1.2	53.3	46.7
				< N^o 200		730.7	48.7	100.0	0.0	0.0



Juan Carlos Torres Araujo
JEFE DE LABORATORIO
CIP 242353

LÍMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40
(ASTM D 4318)

I. Datos Generales:

PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELIDAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD – 2022.

UBICACIÓN : TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD.

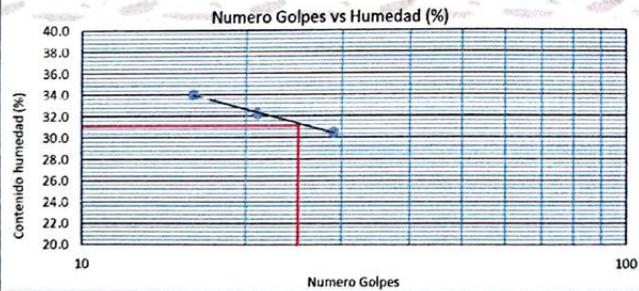
SOLICITANTE : VERGARA RODRIGUEZ FRANK JESÚS.

MUESTRA : CALICATA 04.

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2022.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (MTC E-111)			
N° Tarro	5	6	
Tarro + Suelo húmedo. (g)	24.62	24.44	
Tarro + Suelo seco (g)	23.04	22.92	
Peso Agua (g)	1.58	1.52	
Peso del Tarro (g)	15.87	16.03	
Peso del suelo seco (g)	7.17	6.69	
Humedad (%)	22.04	22.06	
Límite Plástico (%)		22.05	

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E-110)			
N° Tarro	5	6	7
Numero de Golpes	16	21	29
Peso tarro + suelo húmedo (g)	36.49	37.62	35.92
Peso tarro+suelo seco (g)	30.08	31.22	30.12
Peso del Agua (g)	6.41	6.4	5.8
Peso del tarro (g)	11.24	11.35	11.09
Peso del suelo seco (%)	18.84	19.87	19.03
Humedad (%)	34.02	32.21	30.48
Límite Líquido (%)		31.10	



Límites de Consistencia de suelos

Límite Líquido (%)	31.10
Límite Plástico (%)	22.05
Índice de Plasticidad (%)	9.05

Jean Carlos Torres Araujo
JEFE DE LABORATORIO
N° 242353

Dirección: Calle Pancho Fierro Mz. 1 Lt 27 - Trujillo - La libertad. / CONTACTO: 983 547 622

E-mail: geotecnia@livingenieros.com

ENSAYO DE COMPACTACIÓN
N.T.P. 339.141

A. DATOS GENERALES

Proyecto: DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELIDAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO EL CAPULÍ LA CONGA, HUAMACHUCO SÁNCHEZ CARRIÓN LA LIBERTAD - 2022.

Ubicación: TRAMO MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA, HUAMACHUCO - SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD.

Solicitante: VERGARA RODRIGUEZ FRANK JESÚS.

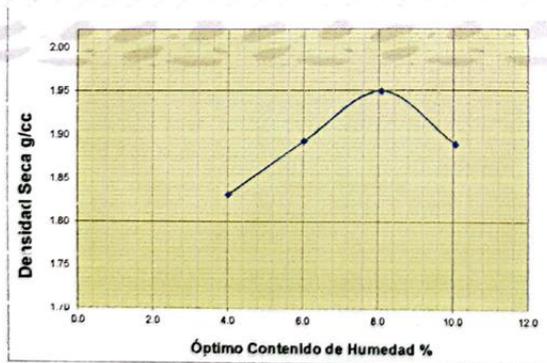
Muestra: CALICATA 04.

Fecha de Entrega: NOVIEMBRE DEL 2022.

B. DATOS TÉCNICOS

Nº DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso molde+Suelo Humedo (g)	5873.00		5968.40		6062.50		6035.80	
Peso del Molde (g)	4084.00		4084.00		4084.00		4084.00	
Peso Suelo Húmedo (g)	1789.00		1884.40		1978.50		1951.80	
Volúmen del molde (cc)	939.00		939.00		939.00		939.00	
Densidad Suelo humedo (g/cc)	1.905		2.007		2.107		2.079	

Número de Tarro	1		2		3		4		5		6		7		8	
Cantidad de H ₂ O agregada	4.0%				6.0%				8.0%				10.0%			
Peso Tarro +Suelo humedo (g)	150.70	148.90	153.60	157.40	158.20	148.90	147.60	150.2	146.50	145.10	147.80	151.10	149.90	141.50	138.50	140.40
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	43.80	48.60	50.40	47.80	46.90	50.10	47.40	43.60	4.20	3.80	5.80	6.30	8.30	7.40	9.10	9.80
Peso del agua	102.70	96.50	97.40	103.30	103.00	91.40	91.10	96.80	4.1	3.9	6.0	6.1	8.1	8.1	10.0	10.1
Humedad (%)	4.014				6.027				8.077				10.056			
Densidad Seca (g/cc)	1.832				1.893				1.950				1.889			



METODO	A
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	25
DSM (g/cm ³)	1.95
OCH (%)	8.08

DATOS DEL MOLDE	
Nº:	1
PESO(g):	4084.0
VOLUMEN(cc):	939.0


 JEAN CARLOS TORRES ARAUJO
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP 242353

Dirección: Calle Pancho Fierro Mz. 1 Lt 27 - Trujillo - La libertad. / CONTACTO: 983 547 622

E-mail: geotecnia@livingenieros.com

Laboratorio Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

**CBR de Suelos (Laboratorio)
MTC E 132 - 2000**

I. Datos Generales:

PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD – 2022.

UBICACIÓN : TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD.

MUESTRA : CALICATA 04.

SOLICITANTE : VERGARA RODRIGUEZ FRANK JESÚS.

Datos de la Muestra												
Procedencia de Muestra			: HUAMACHUCO			Método Proctor			: A			
Tipo de Muestra			: ALTERADA			Máxima densidad seca (g/cm ³)			: 1.95			
						Óptimo cont. Humedad (%)			: 8.08%			
Datos necesarios para el ensayo												
Preparación de muestra						Área Pistón de Penetración						
: Humeda						: 19.4 cm ²						
Compactación de Especímenes												
Molde N°			1			2			3			
N° Capa			5			5			5			
Golpes por capa N°			56			26			12			
Cond. de la muestra			Saturada		Saturada		Saturada		Saturada		Saturada	
Peso molde + Suelo húmedo			12294		12254		12424		12296		12256	
Peso de molde (g)			R031		R179		R00A		R00A		R00A	
Peso del suelo húmedo (g)			4263		4252		4252		3988		3988	
Volumen del molde (cc)			2022		2122		2122		2110		2110	
Densidad húmeda (gr/cc)			2.108		2.004		2.004		1.890		1.890	
Contenido de humedad de los especímenes												
Tarro N°			118.25		122.58		112.54		118.53		117.45	
Tarro + Suelo húmedo (g)			112.63		115.52		106.08		110.1		110.53	
Tarro + Suelo seco (g)			6.62		7.06		6.46		6.83		6.92	
Peso del agua (g)			30.58		28.47		26.31		25.48		24.79	
Peso del tarro (g)			82.05		87.05		79.77		84.62		85.74	
Peso del suelo seco (g)			8.07		8.11		8.10		8.07		8.01	
Humedad (%)			1.951		1.854		1.854		1.745		1.745	
Densidad seca (g/cc)												
Expansión												
Fecha	Hora lec.	Hora	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión		
				mm	%		mm	%		mm	%	
13/10/22	15:22:00 p.m.	24	13	0.03	0.03	22.00	0.06	0.04	30.00	0.08	0.06	
14/10/22	15:26:00 p.m.	46	30	0.06	0.06	46.00	0.12	0.05	53.00	0.13	0.11	
15/10/22	15:20:00 p.m.	72	41	0.10	0.08	55.00	0.14	0.11	72.00	0.18	0.14	
16/10/22	15:19:00 p.m.	96	52	0.13	0.10	73.00	0.19	0.15	85.00	0.22	0.17	
Penetración												
Penetración mm	Carga Estándar Kg/cm ²	Molde de 56 golpes/capa			Molde de 26 golpes/capa			Molde de 12 golpes/capa				
		Dial	Kg/cm ²	Corregida	Dial	Kg/cm ²	Corregida	Dial	Kg/cm ²	Corregida		
0.63		26.00	1.78		14.00	0.79		12.00	0.59			
1.27		54.00	4.16		27.00	1.83		24.00	1.58			
1.90		80.00	6.75		47.00	4.01		49.00	3.07			
2.54	70.31	121.00	7.78	7.87	75.00	5.00	5.96	64.00	3.71	4.49		
3.17		176.00	10.15		115.00	6.59		89.00	5.30			
3.81		201.00	11.44		140.00	8.02		108.00	6.34			
5.08	106.46	254.00	15.11	15.74	172.00	10.95	11.93	142.00	8.67	8.97		
7.62		402.00	24.91		274.00	20.31		198.00	11.89			
10.16		547.00	36.17		405.00	28.43		274.00	14.68			
12.70		622.00	44.97		528.00	34.52		341.00	17.83			

Dirección: Calle Pancho Fierro Mz. 1 Lt 27 - Trujillo - La libertad. / CONTACTO: 983 547 620 (C)

E-mail: geotecnia@livingenieros.com

Jean Carlos Torres Araujo
JEFE DE LABORATORIO
CIP 242353

Laboratorio Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

CBR de Suelos (Laboratorio)
MTC E 132 - 2000

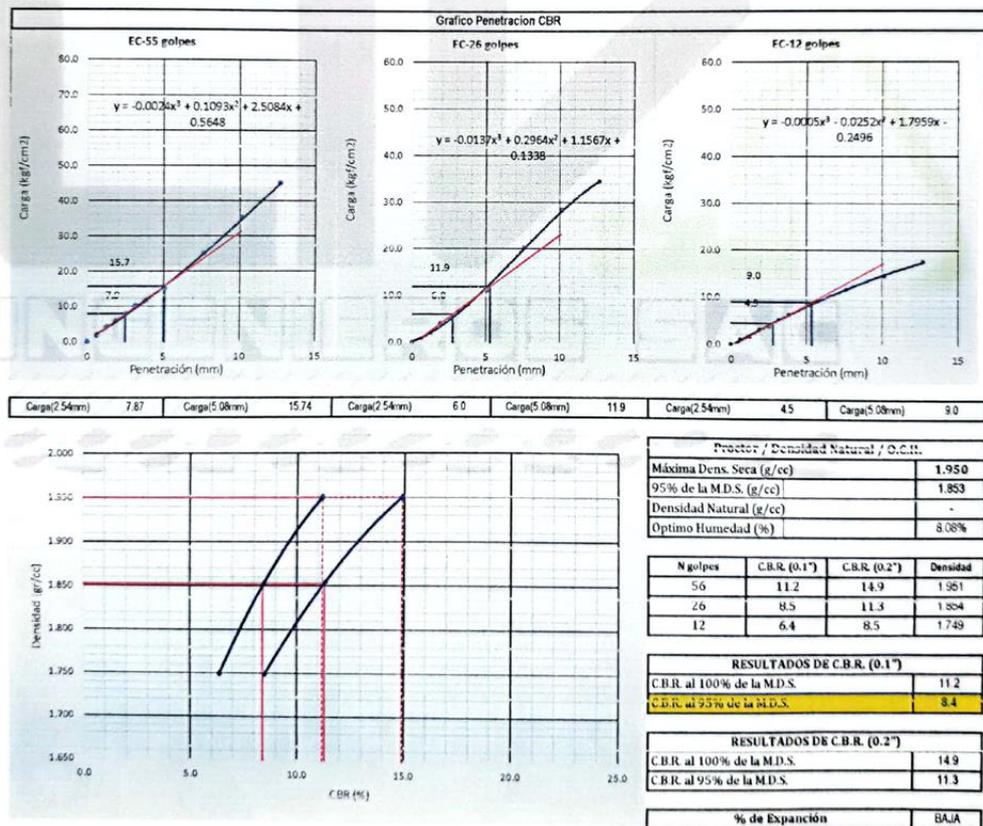
I. Datos Generales:

PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELDAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA, HUAMACHUCO - SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD - 2022.

UBICACIÓN : TRAMO MARCOCHUGO - EL CAPULÍ - LA CONGA, HUAMACHUCO - SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD.

MUESTRA : CALICATA 04.

SOLICITANTE : VERGARA RODRIGUEZ FRANK JESÚS.



Dirección: Calle Pancho Fierro Mz. 1 Lt 27 - Trujillo - La libertad. / CONTACTO: 983 547 620 / IIC

E-mail: geotecnia@livingenieros.com

Jean Carlos Torres Araujo
JEFE DE LABORATORIO
242353

- **ANEXO 4: PARAMETROS PARA EL DISEÑO GEOMETRICO EN PLANTA.**

1. Tramos en Tangente .

Tabla 40. Longitudes de tramos tangente

V(km/h)	Lmin.s (m)	Lmin.o (m)	Lmáx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	222	1336
80	111	250	1503

Fuente: Manual de carreteras (DG-2018)

2. Curvas Circulares

Las curvas circulares permiten el cambio de dirección de una vía, así como conectar tramos rectos.

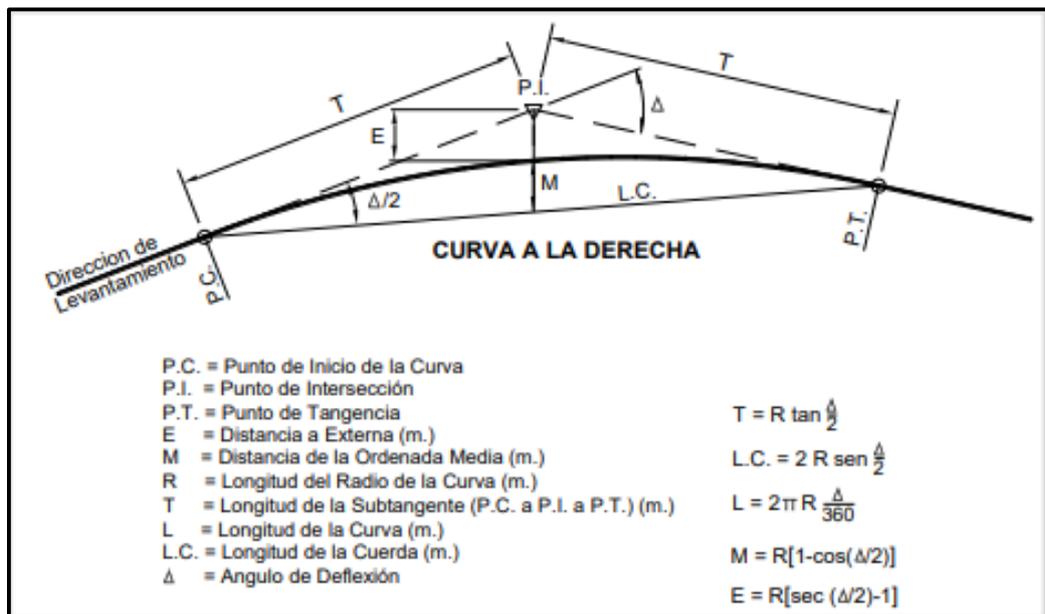


Figura 1: Simbología de curva circular

Fuente: DG-2018

3. Curvas de Transición

Para obtener el radio de la curva, se utiliza la ecuación de la clotoide (Euler):

$$R * L = A^2$$

Donde:

R : Radio de curvatura

L : Longitud de curva entre su punto de inflexión

A : Parámetro de la clotoide

Tabla 41. Radios que permiten prescindir de curva de transición

Velocidad de diseño (km/h)	Radio (m)
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210

Fuente: Manual de carreteras (DG-2018)

4. Curvas Vuelta

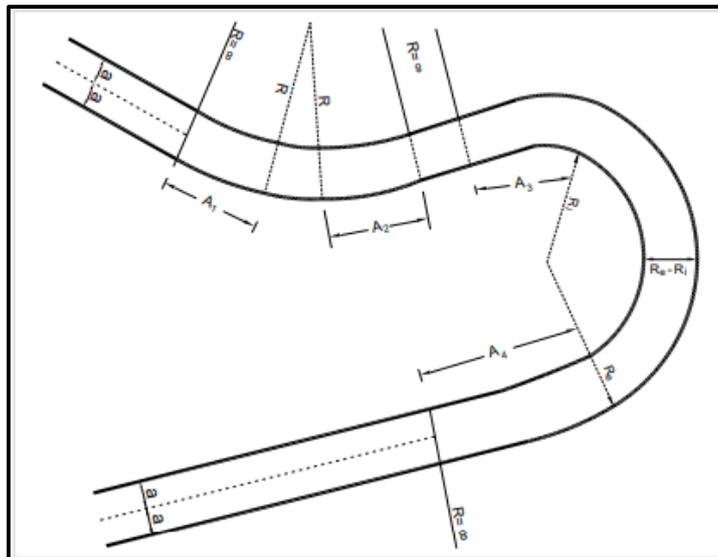


Figura 2: Curva de volteo

Fuente: Manual de carreteras (DG-2018)

Para el diseño de las curvas de volteo de debe tener en cuenta las maniobras de los tipos de vehículos como: T2S2, C2, C2+C2, tal como se muestra en la tabla 302.12 de la DG -2018.

Radio interior R_i (m)	Radio Exterior Mínimo R_e (m). según maniobra prevista		
	T2S2	C2	C2+C2
6.0	14.00	15.75	17.50
7.0	14.50	16.50	18.25
8.0	15.25	17.25	19.00
10.0	16.75*	18.75	20.50
12.0	18.25*	20.50	22.25
15.0	21.00*	23.25	24.75
20.0	26.00*	28.00	29.25

Figura 3: Curva de volteo

Fuente: Manual de carreteras (DG-2018)

- **ANEXO 5: PARAMETROS PARA EL DISEÑO GEOMETRICO EN PERFIL.**

1. Pendientes

a. Pendientes Mínimas y Máximas

Se debe especificar una pendiente mínima del 0.5% para garantizar el drenaje de aguas superficiales en todos los puntos de la calzada. .

Demanda	Autopistas				Carretera				Carretera				Carretera							
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			10.00	10.00
40 km/h																9.00	8.00	9.00	10.00	
50 km/h											7.00	7.00			8.00	9.00	8.00	8.00	8.00	
60 km/h					6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00		
70 km/h			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00		7.00	7.00		
80 km/h	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00		6.00	6.00			7.00	7.00		
90 km/h	4.50	4.50	5.00		5.00	5.00	6.00		5.00	5.00			6.00				6.00	6.00		
100 km/h	4.50	4.50	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00				6.00							
110 km/h	4.00	4.00			4.00															
120 km/h	4.00	4.00			4.00															
130 km/h	3.50																			

Figura 4: Pendientes Máximas (%)

Fuente: DG-2018

Según la DG-2018 para zonas donde presenta una altitud mayor a los 3000 m.s.n.m. se debe reducir en 1% las pendientes en terrenos accidentados y escarpados.

2. Curvas verticales

- **Por su forma:** Cóncavas y convexas

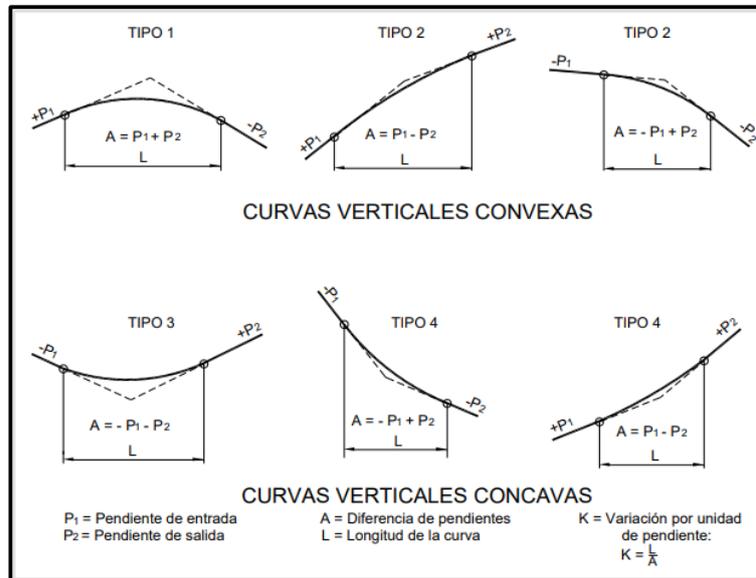


Figura 5: Tipos de curvas por su forma

Fuente: DG-2018

- **Por su distribución:** Simétricas y asimétricas

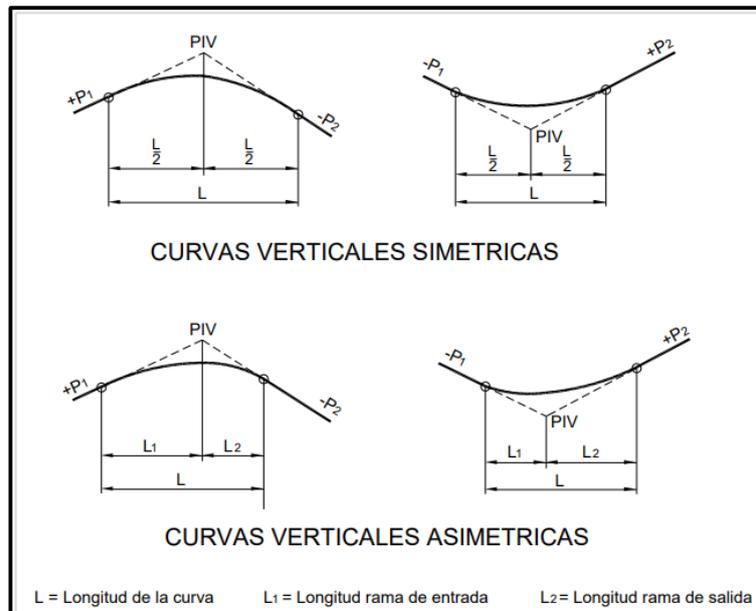


Figura 6: Tipos de curvas por su distribución

Fuente: Manual de carreteras (DG-2018)

- **Curvas verticales convexas**

Tabla 42. Valores del índice K para cálculo de la longitud de curva vertical convexa

Velocidad de diseño (Km/h)	Longitud controlada por visibilidad de parada		Longitud controlada por visibilidad de paso	
	Distancia de visibilidad de parada	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de paso	Índice de curvatura K
20	20	0.6	-	-
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272

Fuente: Manual de carreteras (DG-2018)

- **Curvas verticales cóncavas**

Tabla 43. Valores del índice K para cálculo de la longitud de curva vertical cóncava

Velocidad de diseño (Km/h)	Distancia de visibilidad de parada	Índice de curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23

Fuente: Manual de carreteras (DG-2018)

- **ANEXO 4: PARAMETROS PARA EL DISEÑO GEOMETRICO EN SECCIONES TRANSVERSALES.**

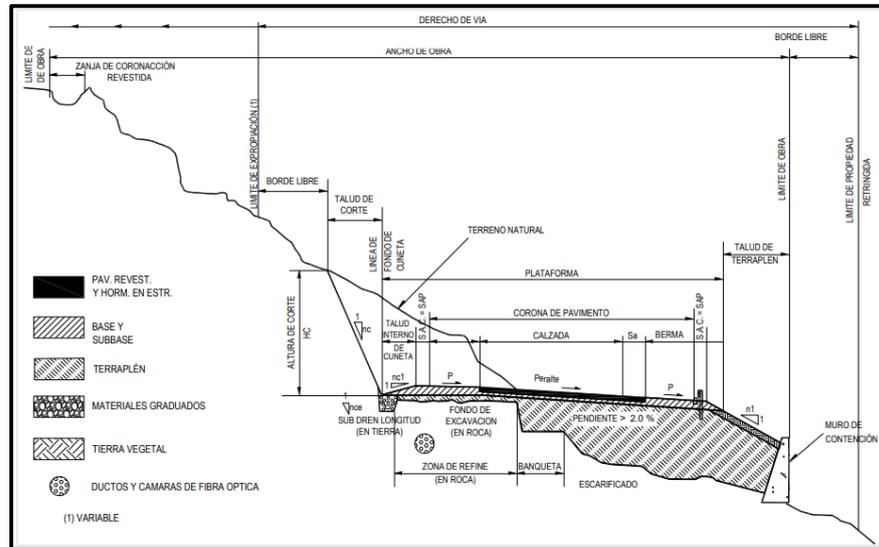


Figura 15: Sección transversal típica a media ladera vía de dos carriles

Fuente: Manual de carreteras (DG-2018)

1. Calzada

Tabla 304.01
Anchos mínimos de calzada en tangente

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera							
	> 6,000				6,000 – 4,001				4,000-2.001				2,000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30km/h																			5.00	5.00
40 km/h																	6.60	6.60	6.60	5.00
50 km/h											7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	5.00
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60		
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20			6.60	6.60		
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60		
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20							
110 km/h	7.20	7.20			7.20															
120 km/h	7.20	7.20			7.20															
130 km/h	7.20																			

Figura 7: Anchos mínimos de calzada tangente

Fuente: Manual de carreteras (DG-2018)

2. Berma

- Ancho de Berma

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera							
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Tráfico vehículos/día	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase			
Características	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			0.50	0.50
40 km/h																	1.20	1.20	0.90	0.50
50 km/h											2.60	2.60			1.20	1.20	1.20	0.90	0.90	
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20		
70 km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20		1.20	1.20		
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		2.00	2.00			1.20	1.20		
90 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20		
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00				2.00							
110 km/h	3.00	3.00			3.00															
120 km/h	3.00	3.00			3.00															
130 km/h	3.00																			

Figura 8: Ancho de berma

Fuente: Manual de carreteras (DG-2018)

El diseño de la carretera contará con un ancho de berma de 0.50m a ambos lados.

- Inclinación de Berma

Tabla 44. Inclinación de Berma

Superficie de la berma	Pendientes transversales de la berma	
	Pendiente Normal	Pendiente Especial
Pav. o tratamiento	4%	0%
Grava y afirmado	4% - 6%	
Césped	8%	

Fuente: Manual de carreteras (DG-2018)

De acuerdo a la tabla la pendiente de berma se considerará en un 4%. Pero respecto al bombeo y por estética se considera una pendiente de 2.5 %.

3. Bombeo

Tabla 45. Valores del bombeo de la calzada

Tipo de superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500mm/año	Precipitación >500mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto portland	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5 - 3.0
Afirmado	3.0 - 3.5	3.0 - 4.0

Fuente: Manual de carreteras (DG-2018)

4. Peralte

Tabla 46. Valores de peralte máximo

Pueblo o ciudad	Peralte máximo	
	absoluto	nominal
Zona rural (plano, ondulado, accidentado)	8.00%	6.00%
Zona rural (accidentado, escarpado)	12.00%	8.00%
Zona rural con peligro de hielo	8.00%	6.00%

Fuente: Manual de carreteras (DG-2018)

5. Taludes.

Tabla 47. Valores referenciales para taludes en corte (H:V)

Clasificación de materiales de corte	Roca fija	Roca suelta	Material			
			Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas	
Altura de corte	<5m	1:10	1:6 - 1:4	1:1 - 1:3	1:1	2:1
	5m - 10m	1:10	1:4 - 1:2	1:1	1:1	-
	>10m	1:8	1:2	-	-	-

Fuente: Manual de carreteras (DG-2018)

Tabla 48. Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes)

Materiales	Talud (V:H)		
	Altura (m)		
	<5m	5m - 10m	>10m
Gravas, limo arenoso y arcilla	1:1.5	1:1.75	1:2
Arena	1:2	1:1.25	1:2.5
Enrocado	1:1	1:2.25	1:1.5

Fuente: Manual de carreteras (DG-2018)

De acuerdo a las tablas mostradas con referencia a la altura y al tipo de material se consideraron las siguientes secciones: para talud de corte 1:1.5 (H: V), y para talud de relleno 1:2(V: H).

• ANEXO 5: DISEÑO DE PAVIMENTOS – AASHTO 93

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE AASHTO 93					
Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento				ESAL(W18)	99 526
Suelo de la subrasante				CBR =	7.70 %
Módulo de resiliencia de la subrasante		$Mr(psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$		MR (psi)=	9435.07
Tipo de tráfico		VERDADERO		Tipo:	TP0
Número de etapas				Etapas:	1
Nivel de confiabilidad				conf.	65.0 %
Coeficiente estadístico de desviación estandar normal				ZR	-0.385
Desviación estandar combinado				So	0.4
Indice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico				Pi	3.8
Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico				Pt	2
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico				Δ PSI	1.8

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Número estructural requerido	Calcular SN	SNR=	1.8335
------------------------------	--------------------	------	--------

Coefficientes estructurales de las capas

CAPA SUPERFICIAL	BASE	SUBBASE
a1	a2	a3
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS
Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	Capa de Base recomendada para Tráfico ≤ 5'000,000 EE	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico ≤ 15'000,000 EE
0.170	0.052	0.047

Coefficientes de drenaje para Bases y SubBases granulares no tratadas en pavimentos flexibles

m2	m3
1	1

$$SNR = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

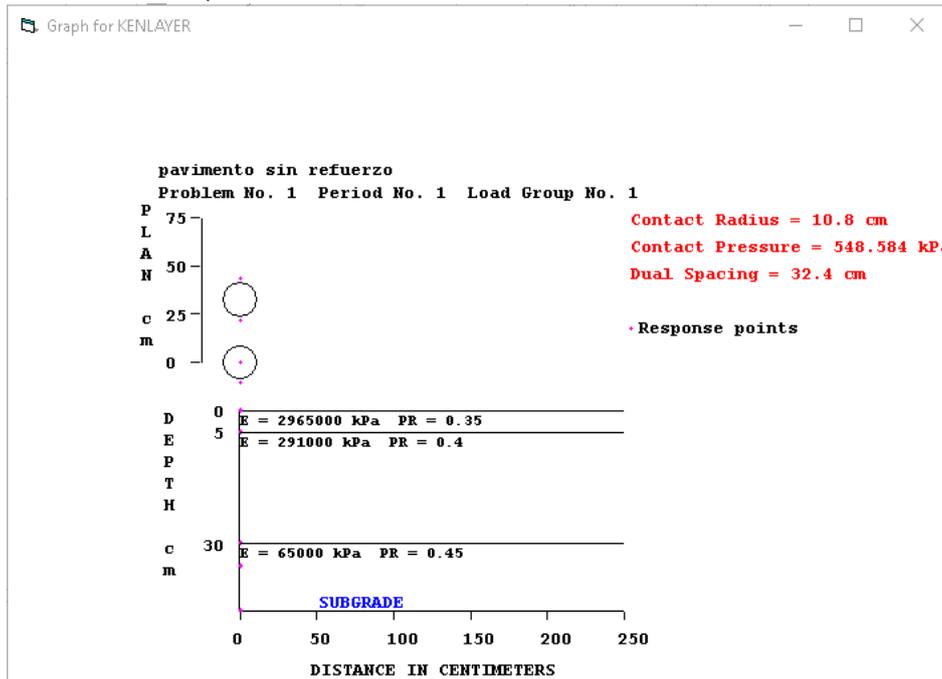
Cálculo de espesores de las capas

d1	d2	d3
5 cm	25 cm	0 cm
Capa superficial	Base	SubBase

SNR (Requerido)	1.834	Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido)
SNR (Resultado)	2.15	SI CUMPLE

El diagrama muestra un perfil transversal de un pavimento flexible. Desde arriba hacia abajo, las capas son: Capa superficial, Base, Sub base y Sub rasante. A ambos lados del pavimento hay bermas. A la derecha, se indica una cuneta. Una línea horizontal con flechas indica un espesor de 3.6 m que abarca la capa superficial y la base.

- **ANEXO 6: FALLAS EN EL SOFTWARE KENPAVE (PAVIMENTO SIN REFUERZOS)**



✓ Información general

General Information of LAYERINP for Set No. 1

TITLE pavimento sin refuerzo

Type of material (1=linear, 2=nonlinear, 3=viscoelastic, 4=combined)	(MATL)	1
Damage analysis (0=no, 1=yes with summary only, 2=yes with detailed printout)	(NDAMA)	0
Number of periods per year	(NPY)	1
Number of load groups	(NLG)	1
Tolerance for numerical integration	(DEL)	0.001
Number of layers	(NL)	3
Number of Z coordinates for analysis	(NZ)	7
Maximum cycles of numerical integration	(ICL)	80
Type of responses (1=displacements only, 5=plus stresses, 9=plus strains)	(NSTD)	9
All layer interfaces bonded (1=yes, 0=if some are frictionless)	(NBOND)	1
Number of layers for bottom tension	(NLBT)	1
Number of layers for top compression	(NLTC)	1
System of units (0=English, 1=SI)	(NUNIT)	1

OK

[1] This form appears when the "General" on the Main Menu of LAYERINP is clicked. You can override any of the default values by typing in a new value. You can use the Tab key to move the cursor from one textbox to the next or just click on the textbox before typing. The use of click has the advantage that you don't have to delete the default before typing in the data you want. If you want to read the remaining text, you can use the scrollbar. You can also use the PgDn key after clicking this textbox to make it active.

[2] TITLE (title of run): Any title or comment can be typed on one line. The title should not be longer than 68 characters including spaces. If you make a mistake in typing, use the Del key to erase any typographical errors. When the total length reaches 68, no additional characters can be added. No comma should be used in TITLE. Use colon or semicolon instead.

[3] MATL (types of material): 1 when all layers are linear elastic, 2 when some layers are nonlinear

✓ Coordinadas en Z

General Information of LAYERINP for Set No. 1

TITLE pavimento sin refuerzo

Type of material (1=linear, 2=nonlinear, 3=viscoelastic, 4=combined) (MATL)	1
Damage analysis (0=no, 1=yes with summary only, 2=yes with detailed printout) (NDAMA)	0
Number of periods per year (NPY)	1
Number of load groups (NLG)	1
Tolerance for numerical integration (DEL)	0.001
Number of layers (NL)	3
Number of Z coordinates for analysis (NZ)	7
Maximum cycles of numerical integration (ICL)	80
Type of responses (1=displacements only, 5=plus stresses, 9=plus strains) (NSTD)	9
All layer interfaces bonded (1=yes, 0=if some are frictionless) (NBOND)	1
Number of layers for bottom tension (NLBT)	1
Number of layers for top compression (NLTC)	1
System of units (0=English, 1=SI) (NUNIT)	1

OK

(1) This form appears when the "General" on the Main Menu of LAYERINP is clicked. You can override any of the default values by typing in a new value. You can use the Tab key to move the cursor from one textbox to the next or just click on the textbox before typing. The use of click has the advantage that you don't have to delete the default before typing in the data you want. If you want to read the remaining text, you can use the scrollbar. You can also use the PgDn key after clicking this textbox to make it active.

(2) TITLE (title of run): Any title or comment can be typed on one line. The title should not be longer than 68 characters including spaces. If you make a mistake in typing, use the Del key to erase any typographical errors. When the total length reaches 68, no additional characters can be added. No comma should be used in TITLE. Use colon or semicolon instead.

(3) MATL (types of material): 1 when all layers are linear elastic, 2 when some layers are nonlinear

✓ Espesor y módulo de poisson del pavimento

Layer Thickness, Poisson's Ratio and Unit Weight for Data Set No. 1

After typing the value in a cell, be sure to press the Enter key to make it effective.

Unit cm kN/m³

Layer No.	TH	PR
1	5	.35
2	25	.4
3	XXXXXXXXXX	.45

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

(1) This form appears when the "Layer" menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of layers on this form is equal to NL, as specified in the "General" menu. This form is different from the one used for General Information in that a dotted rectangle, instead of the cursor, is used to indicate the active cell. If the dotted rectangle is not the location for input, you can use the arrow key to move the dotted rectangle to the cell you want to input, or more conveniently by clicking the cell you want. After you type in the data, the dotted rectangle will be changed into a three dimensional box and you must press the Enter key to make it effective. You can also use the up and down arrow keys to make the entry effective. Note that the dotted rectangle is now in the upper left cell, so you can type in the data right away. If you want to read the remaining text and use the PgDn key, instead of the scrollbar, you

OK

✓ Módulo de resiliencia (Mr.) de las capas

Layer Moduli for Period No. 1 and Data Set No. 1

Unit	kPa
Layer No.	E
1	2965000
2	291000
3	65000

(1) This form appears when the period button on the Layer Modulus of Each Period is clicked. The number of layers on this form is equal to NL, as specified in the "General" menu.

(2) E (elastic modulus of each layer): Use as the assumed modulus for the first iteration when the layer is nonlinear. If more convenient, you can enter the modulus in exponential form such as 1.234E5. Assign 0 or any value for viscoelastic layer.

(3) After typing the data in the first cell, move to the next cell by pressing the Enter or arrow down key. After the last cell is filled, be sure to click the Enter key.

(4) You can delete a line, or one layer, by first clicking anywhere on the line to make it active and then press the <Ctrl>- keys. The NL in the "general" menu will be reduced automatically by 1.

(5) You can add a new line, or one more layer, above any given line by first clicking the cell in the given line to make it active and then press the <Ctrl>-<Ins>. A blank line will appear for you to enter the necessary data. The NL in the "General" menu will increase automatically by 1. If you want to add a line after the last line, you can change NL in the "General" menu by adding 1 and a blank line will appear as the last line. Remember that always use the <Ctrl>-<Ins>

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

OK

✓ Información del radio de carga

Load Information for Data Set No. 1

Double click anywhere on a line to get auxiliary form for NR or NPT.

Unit		cm	kPa	cm	cm	
Load Group No.	LOAD	CR	CP	YW	XW	NR or NPT
1	1	10.8	548.584	32.4	0	5

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

(1) This form appears when the "Load" menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of lines, or load groups, is equal to NLG, as specified in the "General" menu. Please refer to Figure 3.8 for wheel and axle arrangements.

(2) LOAD (type of loading): Assign 0 for single axle with single tire, 1 for single axle with dual tires, 2 for tandem axles, and 3 for tridem axles.

(3) CR (contact radius of circular loaded area).

(4) CP (contact pressure on circular loaded area).

(5) YW (center to center spacing between two dual wheels along the y axis): Assign 0 if there is only one wheel or LOAD = 0.

(6) XW (center to center spacing between two axles along the x axis): Assign 0 if only one axle exists, i.e. LOAD = 0 or 1.

(7) NR (number of radial coordinates to be analyzed under a single wheel, maximum 25): A single

OK

✓ Coordenadas de puntos de respuesta

X and Y Coordinates of Response Points for Load Group No. 1 and Data Set No. 1

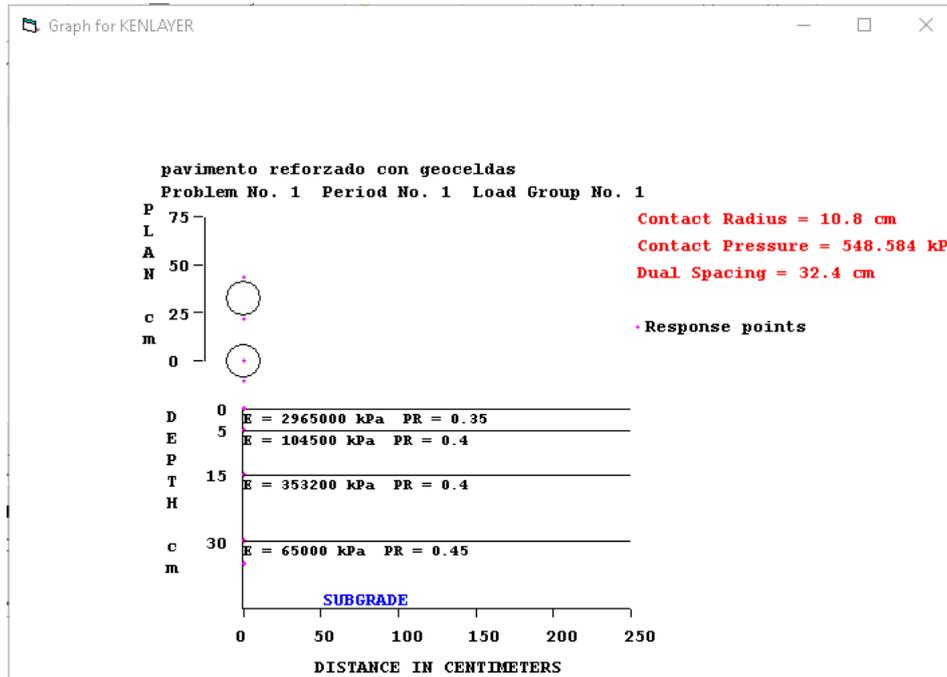
Point No.	XPT	YPT
1	0	-10.8
2	0	0
3	0	-10.8
4	0	21.6
5	0	43.2

(1) This auxiliary form appears automatically when NPT of a given load is typed on the main form. If NPT was specified previously, you can also enter this auxiliary form by double clicking the main form anywhere on the given load group, instead of retyping NPT to enter this auxiliary form.
(2) XPT (x coordinates of points to be analyzed).
(3) YPT (y coordinates of points to be analyzed).
(4) After typing the data in a cell, be sure to press the Enter key to make it effective.
(5) You can delete a line, or one of the points, by first clicking anywhere on the line to make it active and then press the <Ctrl>- keys. The NPT in the main form will be reduced automatically by 1.
(6) You can add a new line, or one more point, above any given line by first clicking the cell in the given line to make it active and then press the <Ctrl>-<Ins>. A blank line will appear for you to enter the necessary data. The NPT in the main form will increase automatically by 1. If you want to add a line after the last line, you can change NPT in the main form by adding 1 and a blank line will appear as the last line. Remember that always use the <Ctrl>-<Ins> keys to add a line unless the line to be added is the last line. By so doing, you don't have to retype any of the existing lines.
(7) After completing this form, click OK to return to the

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

OK

- **ANEXO 7: FALLAS EN EL SOFTWARE KENPAVE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOCELDA)**



✓ Información general

General Information of LAYERINP for Set No. 1

TITLE pavimento reforzado con geoceldas

Type of material (1=linear, 2=nonlinear, 3=viscoelastic, 4=combined)	(MATL)	1
Damage analysis (0=no, 1=yes with summary only, 2=yes with detailed printout)	(NDAMA)	0
Number of periods per year	(NPY)	1
Number of load groups	(NLG)	1
Tolerance for numerical integration	(DEL)	0.001
Number of layers	(NL)	4
Number of Z coordinates for analysis	(NZ)	7
Maximum cycles of numerical integration	(ICL)	80
Type of responses (1=displacements only, 5=plus stresses, 9=plus strains)	(NSTD)	9
All layer interfaces bonded (1=yes, 0=if some are frictionless)	(NBOND)	1
Number of layers for bottom tension	(NLBT)	1
Number of layers for top compression	(NLTC)	1
System of units (0=English, 1=SI)	(NUNIT)	1

OK

(1) This form appears when the 'General' on the Main Menu of LAYERINP is clicked. You can override any of the default values by typing in a new value. You can use the Tab key to move the cursor from one textbox to the next or just click on the textbox before typing. The use of click has the advantage that you don't have to delete the default before typing in the data you want. If you want to read the remaining text, you can use the scrollbar. You can also use the PgDn key after clicking this textbox to make it active.

(2) TITLE (title of run): Any title or comment can be typed on one line. The title should not be longer than 68 characters including spaces. If you make a mistake in typing, use the Del key to erase any typographical errors. When the total length reaches 68, no additional characters can be added. No comma should be used in TITLE. Use colon or semicolon instead.

(3) MATL (types of material): 1 when all layers are linear elastic, 2 when some layers are nonlinear

✓ Coordenadas en Z

Z Coordinates of Response Points for Data Set No. 1

Point No.	ZC
1	0
2	5
3	5
4	15
5	30
6	30
7	35

Unit cm

(1) This form appears when the 'Zcoord' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of Z coordinates on this form is equal to NZ, as specified in the 'General' menu. This form is different from the one used for General Information in that a dotted rectangle, instead of the cursor, is used to indicate the active cell. If the dotted rectangle is not the location for input, you can use the arrow key to move the dotted rectangle to the cell you want to input, or more conveniently by clicking the cell you want. After you type in the data, the dotted rectangle will be changed into a three dimensional box and you must press the Enter key to make it effective. You can also use the up and down arrow keys to make the entry effective. You should not click the other cell before pressing the Enter key, otherwise the data you have typed will move to the cell you click.

(2) ZC (vertical distance, or z coordinate, of each response point): When the point is located exactly at the interface between two layers, the results are at the bottom of upper layer. If the results at the top of lower layer are desired, a slightly larger z coordinate, say 0.0001 larger, should be used.

(3) After typing in the data in the first cell, move to the next cell by pressing the Enter or arrow down key.

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

OK

✓ Espesor y módulo de poisson del pavimento

Layer Thickness, Poisson's Ratio and Unit Weight for Data Set No. 1

After typing the value in a cell, be sure to press the Enter key to make it effective.

Layer No.	TH	PR	kN/m ³
1	5	.35	
2	10	.4	
3	15	.4	
4	XXXXXXXXXX	.45	

Unit cm

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

(1) This form appears when the 'Layer' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of layers on this form is equal to NL, as specified in the 'General' menu. This form is different from the one used for General Information in that a dotted rectangle, instead of the cursor, is used to indicate the active cell. If the dotted rectangle is not the location for input, you can use the arrow key to move the dotted rectangle to the cell you want to input, or more conveniently by clicking the cell you want. After you type in the data, the dotted rectangle will be changed into a three dimensional box and you must press the Enter key to make it effective. You can also use the up and down arrow keys to make the entry effective. Note that the dotted rectangle is now in the upper left cell, so you can type in the data right away. If you want to read the remaining text and use the PgDn key, instead of the scrollbar, you

OK

✓ Módulo de resiliencia (Mr.) de las capas

Layer Moduli for Period No. 1 and Data Set No. 1

Unit	kPa
Layer No.	E
1	2965000
2	104500
3	353210
4	65000

(1) This form appears when the period button on the Layer Modulus of Each Period is clicked. The number of layers on this form is equal to NL, as specified in the 'General' menu.

(2) E (elastic modulus of each layer): Use as the assumed modulus for the first iteration when the layer is nonlinear. If more convenient, you can enter the modulus in exponential form such as 1.234E5. Assign 0 or any value for viscoelastic layer.

(3) After typing the data in the first cell, move to the next cell by pressing the Enter or arrow down key. After the last cell is filled, be sure to click the Enter key.

(4) You can delete a line, or one layer, by first clicking anywhere on the line to make it active and then press the <Ctrl>- keys. The NL in the 'general' menu will be reduced automatically by 1.

(5) You can add a new line, or one more layer, above any given line by first clicking the cell in the given line to make it active and then press the <Ctrl>-<Ins>. A blank line will appear for you to enter the necessary data. The NL in the 'General' menu will increase automatically by 1. If you want to add a line after the last line, you can change NL in the 'General' menu by adding 1 and a blank line will appear as the last line. Remember that always use the <Ctrl>-<Ins>

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

OK

✓ Información del radio de carga

Load Information for Data Set No. 1

Double click anywhere on a line to get auxiliary form for NR or NPT.

Unit	cm	kPa	cm	cm		
Load Group No.	LOAD	CR	CP	YW	XW	NR or NPT
1	1	10.8	548.584	32.4	0	5

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

(1) This form appears when the 'Load' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of lines, or load groups, is equal to NLG, as specified in the 'General' menu. Please refer to Figure 3.8 for wheel and axle arrangements.

(2) LOAD (type of loading): Assign 0 for single axle with single tire, 1 for single axle with dual tires, 2 for tandem axles, and 3 for tridem axles.

(3) CR (contact radius of circular loaded area).

(4) CP (contact pressure on circular loaded area).

(5) YW (center to center spacing between two dual wheels along the y axis): Assign 0 if there is only one wheel or LOAD = 0.

(6) XW (center to center spacing between two axles along the x axis): Assign 0 if only one axle exists, i.e. LOAD = 0 or 1.

(7) NR (number of radial coordinates to be analyzed under a single wheel, maximum 25): A single

OK

✓ Coordenadas de puntos de respuesta

X and Y Coordinates of Response Points for Load Group No. 1 and Data Set No. 1

Point No.	XPT	YPT
1	0	-10.8
2	0	0
3	0	-10.8
4	0	21.6
5	0	43.2

(1) This auxiliary form appears automatically when NPT of a given load is typed on the main form. If NPT was specified previously, you can also enter this auxiliary form by double clicking the main form anywhere on the given load group, instead of retyping NPT to enter this auxiliary form.
(2) XPT (x coordinates of points to be analyzed).
(3) YPT (y coordinates of points to be analyzed).
(4) After typing the data in a cell, be sure to press the Enter key to make it effective.
(5) You can delete a line, or one of the points, by first clicking anywhere on the line to make it active and then press the <Ctrl>- keys. The NPT in the main form will be reduced automatically by 1.
(6) You can add a new line, or one more point, above any given line by first clicking the cell in the given line to make it active and then press the <Ctrl>-<Ins>. A blank line will appear for you to enter the necessary data. The NPT in the main form will increase automatically by 1. If you want to add a line after the last line, you can change NPT in the main form by adding 1 and a blank line will appear as the last line. Remember that always use the <Ctrl>-<Ins> keys to add a line unless the line to be added is the last line. By so doing, you don't have to retype any of the existing lines.
(7) After completing this form, click OK to return to the

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

OK

- **ANEXO 8: EVIDENCIAS**
 - ✓ **LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**





✓ REALIZACION DE CALICATAS





- **ANEXO 9: PLANOS TOPOGRÁFICOS**



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PANDURO ALVARADO ELKA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO GEOCELDAS EN EL TRAMO MARCOCHUGO – EL CAPULÍ – LA CONGA, HUAMACHUCO – SÁNCHEZ CARRIÓN – LA LIBERTAD – 2022", constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

TRUJILLO, 26 de Octubre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PANDURO ALVARADO ELKA DNI: 18081570 ORCID: 0000-0003-4866-87070	Firmado electrónicamente por: EPANDUROAL el 30- 11-2022 22:58:05

Código documento Trilce: TRI - 0436038