



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Diseño del sistema de sub drenaje en la carretera departamental  
Campo Verde - Nueva Requena (km 1+600 a km 1+750) Coronel  
Portillo - Ucayali**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Artica Uriburú, Deyvidds Franklin ([orcid.org/0000-0002-6325-2059](https://orcid.org/0000-0002-6325-2059))

Mejia Requejo, Ilario Isaias ([orcid.org/0000-0001-9580-3989](https://orcid.org/0000-0001-9580-3989))

**ASESOR:**

Mgtr. Gallo Gallo, Teodora Margarita ([orcid.org/0000-0001-5793-3811](https://orcid.org/0000-0001-5793-3811))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**CALLAO – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

Brindo esta tesis con todo mi corazón a mi madre, SARA MARIEL URIBURU SANTOS, y a mi hija, DOMENICA CATALEYA. Vuestro continuo regalo a lo largo de mi vida me protege y guía en la dirección adecuada. Por ello, os presento mi trabajo como muestra de mi agradecimiento por vuestra paciencia y cariño, amantes de mi vida que ayudan a forjar mi futuro, os adoro a todos.

### **Deyvidds Franklin Artica Uriburú**

Mi más profundo agradecimiento a Dios, cuyo amor sin límites me ha conducido por el camino de la felicidad y me ha proporcionado la sabiduría necesaria para desempeñar mi profesión.

A mi madre Maricia, que como un ángel dirigió mi camino y siempre me colmó de bendiciones.

A mi hermano John, piedra angular en mi vida, que con su ayuda, trabajo, amor, persistencia y lucha me permitió culminar mi profesión.

A mis hermanas Cesia y Flor, por su amor, comprensión, y apoyo incondicional mientras ejercía mi carrera.

### **Ilario Isaías Mejía Requejo**

## **Agradecimiento**

Los miembros de esta tesis ofrecen un agradecimiento a todas las personas que han contribuido a su realización.

Para empezar, queremos agradecer a Dios, el Creador de todas las cosas y el que permite que todo ocurra, por habernos dado la paciencia, la fuerza y la sabiduría necesarias para llegar a este emotivo momento.

A nuestras familias, cuyo apoyo emocional y espiritual ha hecho posible la realización de esta tesis, que es un triunfo y un orgullo para ellas y para nosotros.

Queremos expresar nuestra gratitud a la Universidad "César Vallejo" por habernos brindado la ocasión de lograr nuestras metas, gracias a la administración y al cuerpo docente de la Escuela de Postgrado, quienes se esforzaron por brindar la mejor formación profesional, conocimientos teóricos y experiencia práctica.

Del mismo modo, agradecemos a nuestro director de tesis, el profesor Mg. Gallo Gallo, Teodora Margarita, por toda su ayuda y dedicación para llevar este trabajo a buen puerto.

Para que no se pase por alto a nadie, nos gustaría agradecer a todas las personas que, de forma anónima y desinteresada, nos han ayudado a completar esta tesis.

## Índice de contenido

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenido .....	iv
Índice de Tablas .....	v
Índice de Gráficos y Figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	13
3.2 Variables y operacionalización .....	13
3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis 14	
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5 Procedimientos .....	15
IV. RESULTADOS .....	17
V. DISCUSIÓN .....	28
VI. CONCLUSIONES.....	29
VII. RECOMENDACIONES .....	30
REFERENCIAS.....	31
ANEXO.....	34

## Índice de Tablas

TABLA. 1:	resultados de análisis de suelos .....	17
TABLA. 2:	: nivel freático encontrado en el área de estudio según calicata de exploración.....	18
TABLA. 3:	Resultados análisis de granulometría de suelos de cantera Zanja Seca.....	19
TABLA. 4:	Análisis de tamiz Base permeable .....	22
TABLA. 5:	Sub grado de análisis de tamiz.....	24

## Índice de Gráficos y Figuras

figura.1: Curva Granulometría análisis de suelo .....	20
figura.2: : Drenaje longitudinal (Sección tipo de relleno).....	21
figura.3: Curva granulométrica análisis de cantera .....	23

## Resumen

La actual investigación tiene como **objetivo**: diseñar el sistema de sub drenaje, la metodología de la investigación cuantitativo de tipo aplicada, descriptivo transversal. **Metodología**: Investigación de enfoque cuantitativo de tipo aplicada La **muestra** fue la población la conformó toda la longitud y ancho de la vía que hace un total de 19 km de longitud y una población de 21,250 habitantes, La muestra tomada fue 150 m. desde la progresiva 1+600 km. a + 1+750 km, tomando como base un muestreo a conveniencia no probabilístico y por lo tanto no aleatorio. **Conclusión**, Con los datos obtenidos se planteó el diseño de un sub drenaje con el método DRIP, teniendo como resultado la utilización de capa permeable de espesor  $H=0.35\text{m}$ , con un porcentaje de drenaje  $U=1.27\%$  la Pendiente resultante de la trayectoria de drenaje  $S_R = 100.6231 \text{ m/m}$ , y Longitud resultante de la trayectoria de drenaje  $L_R = 11.40 \text{ m}$ , esto para un coeficiente de infiltración de  $C=0.415$  por último se concluye con la utilización de una tubería de diámetro 100.6 mm. Del cual la capacidad de la tubería es  $Q=0.3\text{m}^3/\text{día}$ , con un espaciado de salida  $L_o=1551.2 \text{ m}$ .

**Palabras clave**: Pavimento; Sub drenaje; *Drainage Requirements In Pavement* (DRIP)

## **Abstract**

The current research aims to: design the sub-drainage system, quantitative research methodology of an applied, descriptive cross-sectional type. Methodology: Applied-type quantitative approach research. The sample was the population that made up the entire length and width of the road, which makes a total of 19 km in length and a population of 21,250 inhabitants. The sample taken was 150 m. from the progressive 1+600 km. at + 1+750 km, based on a non-probabilistic and therefore non-random convenience sampling. Conclusion, With the data obtained, the design of a sub-drainage with the DRIP method was proposed, resulting in the use of a permeable layer with a thickness of  $H=0.35\text{m}$ , with a percentage of drainage  $U=1.27\%$ , the slope resulting from the trajectory of drainage  $SR = 100.6231 \text{ m/m}$ , and resulting length of the drainage path  $LR = 11.40 \text{ m}$ , this for an infiltration coefficient of  $C=0.415$ , finally it is concluded with the use of a pipe with a diameter of 100.6 mm. Of which the capacity of the pipeline is  $Q=0.3\text{m}^3/\text{day}$ , with an outlet spacing  $Lo=1551.2 \text{ m}$ .

**Keywords:** Pavement; underdrain; Drainage Requirements In Pavement (DRIP)

## I. INTRODUCCIÓN

La Amazonia peruana por su crecimiento demográfico acelerado, así como del crecimiento industrial y comercial ha hecho que se tenga que iniciar una fuerte y agresiva inversión en infraestructura vial tanto así que solo para la zona urbana se prevee una inversión de 56 millones de soles y vías de interconexión departamental más de 250 millones (construcción y vivienda. 2020). Este hecho ha generado la ejecución y planteamiento de estudios de diseño de infraestructura vial en muchas zonas que Ucayali, pero que por su complejidad en función a las características hidrogeológicas de la zona estas se tienen que revisar de manera exhaustiva. Uno de los problemas observados en la obra Mejora de la carretera departamental Campo Verde Nueva Requena progresiva (km 1+600 a km 1+750) Coronel Portillo Ucayali, fue que el nivel freático está a  $-0.80$  m. y que la sub rasante del pavimento se encuentra a  $-1.50$  m. y teniendo en cuenta un espesor de sub base de  $0.70$  m. y base de  $0.60$  m. el agua afectaría la estructura de fundación, permitiendo que esta se infiltre en toda la cimentación deteriorándola y trayendo como consecuencia afectación a la carpeta asfáltica. El estudio que aquí se presenta ayudará a que la vía alcance su máximo tiempo de diseño evitando que se deteriore por aguas subterráneas con lo que se sostendrá mejor la comunicación entre pueblos y zonas aledañas. Técnicamente nuestro estudio se sustenta en el hecho que marcará la pauta para la incursión de este tipo de estructuras en los expedientes a desarrollarse a futuro en la Amazonía y conservar la serviciabilidad de la vía. Con lo que se demuestra la importancia del desarrollo de esta investigación. Del análisis de la realidad problemática se desprende la pregunta ¿Cuál será el diseño adecuado de una estructura de sub que permita cuidar la estructura de fundación del pavimento, a lo largo de medio kilómetro (progresiva 1+600 al 1+750)", ya que en este tramo se necesita hacer un estudio para evitar el agua subterránea por lo que se plantea diseñar un sistema de sub dren para evitar el agua que afectaría la estructura del pavimento? Por las consideraciones antes mencionadas, es importante la realización de los estudios que permitan construir un sistema de sub drenaje y así se pueda excluir los problemas del agua a la estructura de fundación. El **objetivo general** del presente estudio radica en diseñar una estructura de sub

drenaje la cual responda de manera adecuada según sus características al cuidado de la estructura de fundación del pavimento, a lo largo de medio kilómetro (progresiva 1+600 al 1+750). De las cuales se desprenden **objetivos específicos** que corresponden en primer lugar, analizar la topografía carretera departamental Campo Verde - Nueva Requena (km 1+600 a km 1+750) región Ucayali, la determinar las características del suelo de la carretera departamental Campo Verde - Nueva Requena (km 1+600 a km 1+750) región Ucayali, y Diseñar el sub drenaje en la carretera departamental Campo Verde - Nueva Requena (km 1+600 a km 1+750). Como **hipótesis** del estudio se considera que por las características del suelo en el área de estudio es necesario en el diseño de sub drenaje considerar geo sintética. Y como hipótesis nula por las características del suelo en el área de estudio no es necesario en el diseño de sub drenaje considerar geo sintética. Los métodos a utilizarse estarán fundamentados en teorías y técnicas ya establecidas y utilizadas en otras zonas, que dieron como resultado un óptimo sistema de drenaje subterráneo, principalmente utilizando el software DRIP, para modelar el comportamiento del dren de acuerdo a las características de la vía y la granulometría del suelo. Conocedores de la problemática que acarrea como fenómeno natural las aguas subterráneas en los pavimentos, básicamente en limitar su capacidad de uso ya que afectan directamente a los suelos de fundación, en este estudio se presentan los resultados de un diseño de sub drenaje para evitar esa problemática, sobre todo porque el área escogida para tal fin (selva baja) tiene un alto porcentaje de aguas subterráneas, las cuales en época de lluvias tienden a emerger o subir su nivel a estratos casi superficiales, esto hace que entren en contacto con los suelos de fundación de los pavimentos que ahí se construyen y limitan su periodo de diseño y funcionamiento. El presente estudio tuvo como finalidad específica diseñar un sistema de sub drenaje que permita evacuar aguas subterráneas a través de un sistema de tuberías adecuadas prolijamente con incorporación de geotextiles y sin su incorporación, y así evitar el daño que pudieran causar estas a la sub estructura del pavimento. El método utilizado para el diseño fue un modelado Drainage Requirements In Pavement. Que utiliza información de las características del área de estudio como base de información para su desarrollo. Este estudio se inició con un estudio de mecánica de suelos donde se determinó el tipo de suelo predominante, límites de consistencia, para determinar el índice de

plasticidad y granulometría. Posteriormente se analizó las características geométricas de la vía, para determinar la ruta superficial de drenaje, en esta geometría se determinó el ancho de vía ( $W$ ), Pendiente ( $S_r$ ), y longitud ( $L_r$ ) las cuales dependiendo de la característica de la vía pudiera ser de geometría A (uniform slope), y geometría B (Crowned), tienen diferente manera de aplicación del método.

## II. MARCO TEÓRICO

En el **contexto internacional**, en referencia a la investigación tenemos a **Kalore. et al. (2018)**, en su investigación el propósito de proporcionar un drenaje secundario adecuado en el sistema de pavimento para eliminar la entrada de humedad en un tiempo mínimo, esta es una consideración de diseño importante que ayuda a prevenir fallas prematuras del sistema de pavimento y, por lo tanto, reduce significativamente los costos del ciclo de vida. Se explicó la aplicabilidad de este método utilizando los cuatro grados estándar recomendados por AASHTO para la capa de drenaje, así como el grado denso, y se compararon los resultados con los del método FHWA y el análisis de elementos finitos. La investigación muestra que el modelo desarrollado es tan efectivo como el análisis de elementos finitos, que requiere un modelado numérico riguroso. También predice tiempos de drenaje que son significativamente diferentes de los obtenidos del análisis FHWA y es sensible a los parámetros de diseño críticos clave. Por lo tanto, se recomienda el uso regular del modelo propuesto para el diseño de la capa de drenaje y para el estudio paramétrico de todo el proceso de drenaje. Por otro lado, se tiene el estudio realizado por **Callan y Rondon. (2019)**, Se realizaron estudios básicos como la topografía, la mecánica del suelo y la hidrología para proponer una solución al problema actual. En consecuencia, se utilizó la investigación exploratoria y el diseño experimental. La población es la carretera Buenos Aires (EMP PI – 1020), la muestra está constituida por el tramo de 01 km entre el Km 0 000 y el Km 1 000. Para lograr los objetivos generales del estudio se utilizaron los métodos de diseño especificados en el Manual de Diseño de Geosintéticos PAVCO y se utilizó la disponibilidad del software PAVCO 3.0 para determinar las dimensiones de la sección transversal de Geodrain y el tipo y diámetro de la tubería a utilizar. medios de evacuación. Durante el análisis de datos, se determinó que las dimensiones de la sección transversal del sistema Geodren eran de 1,20 m x 0,60 m; era compatible con geotextil no tejido perforado compatible mecánica e hidráulicamente, geomalla 01 y tubería de HDPE perforada de 4 pulgadas de diámetro para bombear a un caudal de  $5,01 \text{ E-}03 \text{ m}^3/\text{s}$ . Asimismo, **Navarro (2019)**, explica las técnicas y teorías utilizadas para realizar los cálculos para el diseño de dos sistemas de subdrenaje,

basándose en el Manual de drenaje para carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) (Manual de drenaje para carreteras, 2009). Utilizando datos de las primeras investigaciones, se comparó el desempeño de dos tipos distintos de subdrenaje para una longitud de carretera en la región andina. Se comparó la capacidad hidráulica y el coste de construcción del subdrenaje francés frente al geodren Lamidren L20DB, diseñando dos sistemas con el mismo caudal de infiltración. Investigar métodos innovadores de subdrenaje que aumenten la capacidad de drenaje de la carretera y, por tanto, reduzcan sus costes de construcción. Se descubrió que el sistema de subdrenaje que utiliza el geodren Lamidren L20DB proporciona una capacidad de drenaje tres veces mayor para el mismo caudal de infiltración que el subdrenaje francés convencional. Además, la investigación encontró una disminución del 41% en los costes al implementar el subdrenaje utilizando geodren, ya que su alta capacidad hidráulica permite una reducción en la cantidad de excavación de zanjas y filtrado de escombros triturados. La población es la carretera Buenos Aires (EMP PI – 1020), la muestra está constituida por el tramo de 01 km entre el Km 0 000 y el Km 1 000. Para lograr los objetivos generales del estudio se utilizaron los métodos de diseño especificados en el Manual de Diseño de Geosintéticos PAVCO y se utilizó la disponibilidad del software PAVCO 3.0 para determinar las dimensiones de la sección transversal de Geodrain y el tipo y diámetro de la tubería a utilizar. medios de evacuación. Durante el análisis de datos, se determinó que las dimensiones de la sección transversal del sistema Geodren eran de 1,20 m x 0,60 m; era compatible con geotextil no tejido perforado compatible mecánica e hidráulicamente, geomalla 01 y tubería de HDPE perforada de 4 pulgadas de diámetro para bombear a un caudal de  $5,01 \text{ E-}03 \text{ m}^3/\text{s}$ . Además, **Contreras (2020)**, se creó un medidor de infiltración de campo para determinar la tasa de infiltración de los pavimentos flexibles, como se ha dicho. Además, se realizaron múltiples pruebas "in situ" en varias rutas del estado mexicano de Michoacán. La mayoría de estas pruebas se realizaron sobre superficies fracturadas. Sin embargo, para determinar el efecto del agrietamiento de la superficie en la tasa de infiltración, también se realizaron experimentos en superficies sin grietas. En relación a las investigaciones evaluadas en el **contexto nacional**, se tiene a **Álvarez y Guerra (2021)** para dar una solución a la carretera local, hay que identificar las zonas dañadas por la erosión del viento, la acumulación

de partículas y el desgaste del tráfico, que dificultan la circulación por estas carreteras. Se utilizó el proceso de diseño del Manual y las herramientas de Geosintético PAVCO. El diseño del drenaje del piso está completo. Como resultado se obtuvo una sección con un canto de  $H=0,50$  m. Ancho  $A = 0,20$  m utilizando geotextil no tejido punzonado como filtro, una (1) geored como drenaje y una (1) tubería perforada de 65 mm de diámetro para un caudal de  $0,0003$  m<sup>3</sup>/s Después de la instalación El caudal se evacua del barreno justo en el canal. Además, **Reynoso (2020)**, el propósito de este estudio fue determinar la relación entre la calidad de drenaje de la subbase y el diseño de los pavimentos rígidos AASHTO 93. La calidad de drenaje de la subbase determina el espesor de la losa de hormigón hidráulico, según el diseño de los pavimentos rígidos AASHTO 93. La investigación concluye que el coeficiente de drenaje  $C_d$ , que caracteriza la calidad de drenaje de la subbase, es proporcional al espesor de la losa de hormigón hidráulico. Igualmente, **Guerra (2019)**, El objetivo del estudio era crear un pavimento permeable que cumpliera los criterios de resistencia mecánica e hidráulica necesarios para un drenaje eficaz. La losa de hormigón permeable se creó diseñando la mezcla de hormigón permeable de acuerdo con las especificaciones ACI 211.3R - 97 y ACI 522 - 10. Según los resultados mecánicos e hidráulicos, la mezcla óptima comprende un 0,05% de polipropileno. La resistencia a la compresión fue de  $196,95$  kg/cm<sup>2</sup>, el módulo de rotura de  $31,74$  kg/cm<sup>2</sup> y la permeabilidad de  $0,463$  cm/s. Los materiales empleados fueron rocas de una cantera de Isla, fibra de polipropileno y cemento portland de tipo I. La estructura del pavimento se construyó de acuerdo con la norma AASHTO 93, dando lugar a una losa de hormigón permeable de 20 centímetros, una subbase filtrante granular de 30 centímetros y una capa de transición de 5 centímetros. La calidad de drenaje del pavimento rígido permeable, que se mide por el tiempo necesario para que el agua se infiltre a través de la superficie del pavimento permeable y en el subdrenaje durante una inundación, es de 1:36 horas, lo que indica una buena calidad de drenaje. Del mismo modo, **Niño (2018)**, tuvo como objetivo diseñar la infraestructura vial urbana de la avenida Andrés Avelino Cáceres en la ciudad de Lambayeque, teniendo en cuenta que existe un tramo que presenta dificultades de nivel freático en circunstancias extremas. El reto se presentó en el capítulo I: ¿Cómo construir un pavimento rígido en la avenida Andrés Avelino Cáceres si

existe una zona crucial con un nivel freático alto? Sección 2: El estudio es de tipo Cuantitativo-Descriptivo, el instrumento utilizado es una encuesta aplicada a una muestra de 98 de una población de 130 hogares, y la hipótesis H1 se acepta con un nivel de confianza del 95%. Capítulo III: Diseño de pavimento rígido de losa de 0,20m de espesor y 0,20m de subbase granular, cuentas de tipo triangular de  $B=0,60\text{m}$  y  $h=0,30\text{m}$ ,  $Z=2$ , se ha diseñado un subdrenaje utilizando un geodren de carretera de  $h=0,50$  y  $21\ 2,38\text{m}$  de longitud, con un geotextil no tejido 3000 y espesor de 2mm, la geored será de HDP de 6,5mm de espesor, y la tubería de evacuación. Por otro lado, según las **Generalidades de los pavimentos y drenajes**, explica que de acuerdo con el Manual de Orientaciones Metodológicas para las Alternativas Técnicas de Pavimentos DGIP - MEF (2015). El pavimento es una estructura multicapa construida sobre la subrasante de la carretera para soportar y dispersar las tensiones inducidas por los coches y para mejorar la seguridad y el confort del tráfico. Por lo general, consta de una capa de rodadura, una base y una subbase. Así también, la estructura de los pavimentos consiste en una combinación de cimentación y capa de rodadura, que se coloca sobre un sustrato diseñado para resistir las cargas dinámicas, las condiciones climáticas y los efectos abrasivos propios del tráfico. (Bobadilla. y Vásquez. 2021). Se cita la investigación de **(Kalore. 2018)**, el drenaje es el proceso por el cual el agua de infiltración superficial o subsuperficial es eliminada del suelo y de la roca por métodos naturales o artificiales; es uno de los aspectos más significativos a considerar cuando se diseña un pavimento. El flujo de agua dentro de la estructura del pavimento puede ser inducido por la gravedad, la acción capilar, la presión de vapor o cualquier combinación de ellas. Además, los **Materiales de drenaje en pavimentos**, entre los materiales de drenaje se encuentran los áridos, los geotextiles y las tuberías, que se utilizan de la siguiente manera: los áridos pueden utilizarse como drenajes franceses y desagües o como medios filtrantes para protegerlos, los geotextiles se utilizan principalmente para sustituir a los áridos como filtros, y las tuberías perforadas, ranuradas o de junta abierta se colocan en los drenajes franceses para la toma de agua. Estas tuberías también pueden ser del tipo tradicional para transportar el agua a un lado. Asimismo, **Huang (1993)** llama al discernimiento de la tubería el criterio de dificultad y lo establece de la sucesiva manera: El medio filtrante debe ser lo adecuadamente fino para evitar que

material más fino se mueva o se conduzca al medio filtrante. También tenemos a **Cedergren (1990)** llama al criterio Prueba esta tubería y establezca de la siguiente manera: El espacio poroso en los desagües y filtros en contacto con suelo y roca en erosión debe ser lo suficientemente pequeño para bloquear que las partículas se infiltren o penetren en este 1087. Asimismo, el **Drenaje**, es el coeficiente de drenaje depende de que tan rápido el pavimento quede sin humedad, este valor varía entre 0.70 y 1.25, según el manual AASHTO93 mientras este valor sea mayor, mejor será el drenaje. También el **propósito del sub drenaje (ERES, 1999)**, es un componente importante del diseño de pavimentos es determinar la necesidad de incorporar un sistema de drenaje en estructuras de pavimento nuevas y/o existentes. Los factores clave que determinan la necesidad de drenaje subterráneo pueden clasificarse como: Cargas de tráfico, que incluyen volumen y peso (eje), factores que influyen en la cantidad de agua libre que ingresa al sistema de pavimento, que incluyen: factores climáticos de lluvia y temperatura (congelación y descongelación), agua subterránea, geometría de la calzada, tipo de pavimento y condición, factores que aumentan el potencial de daño al pavimento relacionado con la humedad, tales como: tpo de subrasante, resistencia y condició, tipo de material de pavimento utilizado, características de diseño como el grosor del pavimento, el diseño del arcén, etc. Asimismo, **(ERES, 1998; ERES, 1999)**, indica que la acumulación de humedad introducida en la subrasante del pavimento desde cualquiera de las fuentes puede afectar negativamente el rendimiento del pavimento, lo que lleva a un desperfecto rápido del pavimento. Los problemas de pavimento asociados con el agua infiltrada pueden clasificarse en tres categorías: ablandamiento de las capas de pavimento y subrasante al saturarse y permanecer así por períodos prolongados, degradación de la propiedad del material del pavimento y subrasante debido a la interacción con la humedad. De igual modo **(Cedergren, 1973)** pérdida de adherencia entre las capas del pavimento debido a la saturación con la humedad. Asimismo, las fallas que ocurren debido a las aguas subterráneas y las filtraciones se pueden clasificar en dos categorías: aquellos que causan fallas en las tuberías o erosión, los causados por patrones de filtración no controlados que conducen a la saturación, inundaciones internas, elevación excesiva o fuerzas de filtración excesivas. De igual manera los **efectos de la humedad en los pavimentos (ERES, 1999)**, son los problemas relacionados con

la humedad en los pavimentos se pueden minimizar cuando los diseñadores de la estructura hacen esfuerzos conscientes para evitar que la base, la subbase, la subrasante y otros materiales de pavimentación susceptibles se saturen o se espongan a niveles de humedad altos y constantes. Tres enfoques efectivos para controlar o reducir los problemas del pavimento son: proporcionar taludes transversales y taludes longitudinales adecuados para drenar rápidamente la humedad de la superficie del pavimento, minimizando así la infiltración en la estructura del pavimento, utilizar materiales y características de diseño, como cemento estabilizado (CTB) o bases de hormigón pobre (LCB) en hormigón de cemento Portland, también conocido como pavimento PCC, que no son sensibles a los efectos de la humedad, para eliminar rápidamente la humedad que ingresa al sistema de pavimento, para un control eficaz de los problemas relacionados con la humedad en los pavimentos durante la vida útil del pavimento, a menudo es necesario emplear estos enfoques en combinación. Acorde a lo previsto la **Acción capilar y movimiento de vapor de agua (Dempsey, 1982; Peck et al., 1975)**, la acción capilar hace que la humedad se eleve desde el nivel freático, transportándola a la organización del pavimento. La altura de ascenso del agua debido a la acción capilar varía, dependiendo del tamaño de grano del suelo. Esto puede variar entre 3,9 a 7,9 pies para suelos arenosos, 10 a 20 pies para suelos limosos y 20 pies o más para suelos arcillosos. Los gradientes de temperatura en la subrasante podrían causar que el agua presente en los vacíos de aire de la subrasante migre y se condense dentro de los materiales de cimentación del pavimento (ERES, 1999). Asimismo (**Hindermann, 1968**) indica que el volumen de agua libre que se produce en la estructura del pavimento suele ser insignificante en paralelo con otras fuentes y no presenta problemas para el pavimento, excepto en determinadas circunstancias extremas, como en el caso de los pavimentos AC en zonas desérticas, que tienen días calurosos y noches frías. La condensación generada por el ciclo de calefacción y refrigeración puede causar decapado en estos pavimentos. Las condiciones climáticas de Minnesota no son favorables para este tipo de movimiento de agua. Por lo tanto, en la mayoría de las condiciones locales, el movimiento de vapor no es una circunspección significativa en el diseño de estructuras de pavimento, por lo tanto, los sistemas de drenaje subterráneo del pavimento. La definición de **Drenajes Longitudinales**, se ubican paralelos a la

línea central de la calzada, con alineaciones tanto horizontales como verticales. Este tipo de drenaje suele incluir una zanja de gran profundidad, un tubo colector y algún tipo de filtro protector, o puede ser menos elaborado. De acuerdo a **DRIP (Drainage Requirement in Pavements)**, las características más destacadas del software DRIP se describen a continuación. Cada una de estas funciones se puede ejecutar de forma independiente desde dentro del programa. Cálculos de geometría de carreteras, con esta característica del programa, el usuario puede calcular la longitud y la pendiente de la ruta de drenaje real según el grado longitudinal y transversal de la calzada, así como el ancho del material de base subyacente. El usuario puede realizar estos cálculos para las dos secciones transversales de calzada comunes que se encuentran comúnmente: secciones coronadas y peraltadas (pendiente uniforme). Cálculos de análisis de tamiz, son los tamaños de grano efectivos ( $D_x$ ), las porosidades totales y efectivas, el coeficiente de uniformidad y gradación y el coeficiente de permeabilidad se pueden calcular para cualquier gradación ingresada por el usuario utilizando esta función del programa. Los gráficos de las gradaciones en plantillas semilogarítmicas y FHWA power 45 también se pueden obtener desde esta pantalla del programa. Cálculos de flujo de entrada, es la cantidad de humedad que se infiltra en la estructura del pavimento debido a la lluvia y el agua de deshielo se puede calcular usando esta opción del programa. Los cálculos de infiltración superficial se pueden realizar utilizando dos enfoques diferentes: el enfoque de relación de infiltración y el enfoque de grietas. Diseño de base permeable, es el programa ofrece dos opciones de diseño de base permeable: profundidad de flujo y tiempo de drenaje, estos métodos permiten al usuario diseñar una base abierta que pueda manejar el flujo de entrada que ingresa a la estructura del pavimento. Asimismo, el diseño de capa separadora, con esta opción del programa, el usuario puede diseñar dos tipos de capas separadoras: geotextil y capas separadoras agregadas. Con base en las graduaciones de la base permeable propuesta y la subrasante en consideración, el programa también verifica si se requiere una capa de separación. Por otro lado, los **Requisitos básicos de agregados en filtros y drenes**, son filtros y los sistemas de drenaje pueden brindar seguridad permanente contra las filtraciones destructivas y los impactos de las aguas subterráneas; sin embargo, se deben cumplir estrictamente algunos requisitos básicos del. Si los filtros y drenajes van a realizar estas

funciones, el agregado utilizado en su construcción debe clasificarse adecuadamente y debe manipularse y colocarse con cuidado para evitar la contaminación y la segregación. También deben compactarse para reducir la posibilidad de que ocurran cambios jerárquicos locales a partir de partículas finas que caen a través de los espacios libres. Se requiere un control estricto durante la producción, el manejo y la colocación de los materiales, ya que incluso un elemento mal construido en el filtro puede provocar fallas. De tal modo **Tubificación u obstrucción (Huang, 1993)**, el material filtrante debe ser lo suficientemente fino como para impedir que las partículas vecinas más finas migren o se entuben en el material filtrante", según los criterios de obstrucción. Cedergren (1990) describe el requisito de tubificación de la siguiente manera: los espacios porosos de los drenajes y filtros en contacto con suelos y rocas erosionables deben ser lo suficientemente pequeños como para evitar que las partículas entren o pasen a través de ellos. Además, se tiene **Requisito de la permeabilidad (Huang, 1993)**, este requisito estipula que el medio filtrante debe ser lo suficientemente grueso para transportar el agua sin una resistencia considerable. Por su parte **Cedergren (1990)** publicó este criterio de la siguiente manera: El espacio poroso en el drenaje y el filtro debe ser lo suficientemente grande para proporcionar la permeabilidad suficiente para permitir que el permealado se mueva libremente y, por lo tanto, proporcionar un alto grado de control de la fuerza de corte y la presión hidrostática. Para la **DGIP – MEF (2015)**, El pavimento es una estructura construida sobre la subrasante de la carretera para soportar y dispersar las tensiones impuestas por los coches y mejorar la seguridad y la comodidad del tráfico. Normalmente, incluye una capa de rodadura, una base y una subbase. También **(DGIP – MEF, 2015)** Según él, el pavimento rígido es una estructura de pavimento que consta de una base granular; sin embargo, la capa puede ser un sustrato granular o una capa resistente al desgaste de cemento, asfalto o cal y (generalmente ferro) hormigón. utilizado como aglutinante, relleno y, si es necesario, un aditivo para la estabilización. De igual modo la **Estabilización de suelos (DGIP – MEF, 2015)**, asegurar una superficie natural implica optimar sus propiedades físicas y/o mecánicas, como la firmeza al corte, la deformabilidad, la persistencia volumétrica en apariencia de agua, entre otras, con el objetivo de conseguir una respuesta favorable a las tensiones y deformaciones del suelo. y de la estructura colocada

sobre él, durante la vida útil de la estructura. Por otro lado, el **Ensayo CBR (DPN-2017)**, permite el cálculo de un índice de la resistencia del suelo conocido como el coeficiente de soporte de California, abreviado CBR. Además, el **Drenaje Superficial (DPN-2017)**, es una estructura diseñada para transportar y eliminar el agua que cae directamente sobre la capa de rodadura del pavimento. Por otra parte, las **Juntas (DPN-2017)**, son un componente esencial de los pavimentos rígidos y están diseñados para regular las tensiones que se desarrollan en el hormigón como consecuencia de la contracción y expansión del material y de las variaciones de temperatura y humedad. Asimismo, el **Eje Tándem (DPN-2017)** es el eje producido por dos líneas de rotación, provistas de una suspensión que permite la corrección de la carga, y cuya separación está entre 1,0 y 1,6 metros. Según **(DPN-2017)**, vías locales, es el corredor vial que proporciona acceso a nivel local a las distintas secciones de la ciudad mediante la articulación con otras redes viales. Asimismo, **(DPN-2017)** el plazo de diseño es el tiempo que se espera que la estructura del pavimento proporcione un nivel de servicio satisfactorio sin necesidad de restauración. Finalmente, **Sub - Base (DPN-2017)**, Identifica la capa principal de construcción del pavimento situada entre la subrasante y la capa de rodadura. Su función es dispersar las fuerzas generadas por la carga sobre la subrasante.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1 tipo de investigación

El tipo de investigación desarrollada fue aplicada, debido a que fueron utilizados métodos existentes que se aplicaron en la resolución del problema planteado por los investigadores. Hernández y Sampieri (2006), según el equipo de investigación, "este tipo de investigación trata de desarrollar la información y los conocimientos esenciales con aplicación directa a la cuestión planteada para abordarla", lo que se utilizará en nuestro estudio de diseño de subdivisiones.

##### 3.1.2 Diseño de investigación

El diseño utilizado en nuestro estudio es de enfoque que se ajustó a la investigación es cuantitativo, principalmente porque este método, utiliza técnicas de análisis matemático y estadístico para representar, explicar y predecir eventos utilizando datos numéricos. (Hernández y Sampieri, 2006). El grado de investigación fue Descriptivo - transversal ya que las investigaciones se realizaron en un periodo específico y las variables no fueron alteradas deliberadamente.

El plan de estudio se presentará de acuerdo con el siguiente formato.

$$O_1 - G_x$$

Diseño descriptivo simple, transversal

Dónde:

O: Observación

G1: Características del área de estudio

#### 3.2 Variables y operacionalización

La variable de estudio es el diseño de sub drenaje de la carretera departamental Campo Verde - Nueva Requena (km 1+600 a km 1+750).

**Variable 1: Diseño de sub drenaje de la carretera departamental Campo Verde - Nueva Requena (km 1+600 a km 1+750).**

**Definición conceptual:** Sistema de tuberías perforadas cuyos diámetros suelen variar entre 2" y 3" que se insertan en suelo natural, o se cortan o rellenan, mediante perforación profunda o ligeramente inclinadas horizontalmente, para captar agua en su interior y disminuir la presión en el interior del suelo y aumenta la estabilidad del talud.

**Definición operacional:** Se utiliza para diseñar sub drenajes que distribuyen las aguas subterráneas y las conducen a tuberías perforadas para su evacuación y cuidado de la fundación de la estructura del pavimento.

**Indicadores:** Estudio hidro geológico, Clasificación del suelo Resistencia, Método de diseño

**Técnica:** Levantamiento hidro geológico, SUCS-AASHTO, DRIP.

**Instrumentos:** Estación total, Tamices, Manual DRIP

**Escala de medición:** Nominal

**3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis**

La población incluía toda la longitud y la anchura de la ruta, que sumaba 19 kilómetros y 21.250 individuos.

La muestra tomada fue 0.150 km. desde la progresiva 1+600 km. a + 1+750 km, tomando como base un muestreo a conveniencia no probabilístico y por lo tanto no aleatorio. Este muestreo permitirá seleccionar un caso en específico por los investigadores. Esto, fundamentado en la conveniente accesibilidad, proximidad y características de las áreas a intervenir. (Hernández Sampieri, R, 2006).

**3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

El método de observación, que presupone el conjunto de objetos observados, el conjunto de datos y el conjunto de hechos, nos servirá de fundamento esencial. La observación es igual a los datos, los acontecimientos y los hechos en este sentido, que podemos calificar de objetivos. (Pardinas, F. 2005)

Se utilizará un formato de archivo o campo como herramienta de recopilación de datos. Rojas Soriano (1996) destaca que “para recopilar la información existente sobre un tema, los investigadores utilizan herramientas como las hojas de trabajo, donde recogen y compilan la información contenida en fuentes bibliográficas, así como la información obtenida de trabajos de campo previos o a través de guías de observación, realiza reconocimientos. Área de estudio.

Por último, se utilizará el enfoque documental, que permite la obtención de datos para apoyar el estudio de los fenómenos y procesos con conclusiones e hipótesis. Implica el uso de instrumentos que se especifican en función de la fuente de documentación a la que se refieren. Este enfoque permite la observación directa del objeto de investigación en el campo. Rojas Soriano (1996)

### **3.5 Procedimientos**

Los principales factores a considerar en el progreso de dilemas de diseño tanto para construcciones nuevas como para rehabilitación son:

- La carga por eje pesada acumulada de tráfico medida durante la vida útil de un pavimento es un factor necesario en el diseño del sistema de drenaje subterráneo. Esto es indicativo del potencial de daño a la estructura del pavimento debido a la carga por eje. El volumen total de tráfico debe tenerse en cuenta en el diseño geométrico de la calzada.
- Los tipos del suelo son factores clave que influyen en las características de diseño para reducir el daño por humedad. Las propiedades de resistencia, deformación, gradación y permeabilidad del suelo de la subrasante influyen en el diseño del pavimento y en la necesidad de drenaje subterráneo.
- Las condiciones climáticas tales como lluvia, nieve, hielo, penetración de escarcha, congelamiento y deshielo cíclico y ciclos de temperatura diarios y estacionales influyen en las capas de suelo y pavimento de la subrasante y, por lo tanto, son importantes en la selección de diseños alternativos. Pavimentos ubicados en regiones con poca o ninguna precipitación y sin congelación-descongelación no requerirán drenaje subterráneo.

- Consideraciones de construcción: se necesita una evaluación para determinar el tiempo requerido para la construcción inicial, el período antes de que sea necesaria una rehabilitación importante y la frecuencia del mantenimiento futuro. Estos son importantes, especialmente para las vías urbanas y otras rutas de alto volumen, donde el control del tráfico es costoso y se debe minimizar el tiempo de cierre de carril.
- Comparaciones de costos: las agencias federales y estatales reconocen la necesidad de evaluar todos los costos de la mejora de una carretera durante un cierto período de análisis de diseño en lugar de comparar solo los costos iniciales de construcción de diferentes alternativas.
- Se debe considerar la capacidad de mantenimiento del sistema y el rendimiento esperado.

Estos factores primarios son de suma importancia en un análisis de ingeniería de alternativas de diseño. Sin embargo, es necesario considerar factores adicionales que son específicos del drenaje subterráneo, que incluyen:

- Tipo de construcción (nueva o rehabilitación de una estructura existente)
- Cómo se están desempeñando diseños similares de drenaje subterráneo en el área
- Éxito de los contratistas locales en la construcción de alternativas de diseño de drenaje
- Características del drenaje superficial
- Tipo de pavimento y otras características de diseño
- La calidad de los materiales locales
- Condición del pavimento para el diseño de drenaje de borde de actualización
- Topografía

#### IV. RESULTADOS

Para alcanzar los objetivos propuestos de nuestra investigación, se tuvieron que realizar ensayos de los materiales en el laboratorio “GEOTECNIA”, y cumpliendo las normas vigentes, ASTM y ASSHTO, con lo que se puede obtener lo siguiente:

##### Resultado del OE. 01

Para evaluar las propiedades físico-mecánicas de los componentes del suelo de los cimientos, se han excavado pozos exploratorios a cielo abierto (calicatas) con una retroexcavadora para realizar los experimentos. Según la norma ASTM D-2488, la distancia entre los pozos exploratorios no puede superar los 250 metros, y la profundidad mínima de excavación es de 1,50 metros. (*Practice for Description and Identification of Soils*).

Los resultados del análisis en la siguiente tabla

TABLA. 1: resultados de análisis de suelos

CALICATA	PROGRESIVA (Km.)	LADO	MUESTRA	PROF. (m)	LIM. DE ATTERBERG		% HUMEDAD NATURAL	CLASIFICACIÓN		
					L.L.	I.P.		SUCS	AASHTO	
C-01	1+620	LD	M1	0.00-0.40	NP	NP	4.5	SM	A-2-4	(0)
			M2	0.40-1.50	25	5	12.5	SC-SM	A-4	(0)
C-02	1+657	LI	M1	0.00-1.50	25	4	12.5	SM	A-4	(1)
C-03	1+695	LD	M1	0.00-0.20	NP	NP	7.9	SM	A-2-4	(0)
			M2	0.20-1.60	23	3	13.4	SM	A-2-4	(0)
C-04	1+732	LI	M1	0.00-1.50	50	17	23.7	ML	A-7-5	(10)

**Fuente:** Estudio de Mecánica de suelos

**Análisis:** De los ensayos utilizando para ello la norma ASTM D-2488, en la determinación del nivel freático se tuvo como resultado lo mostrado en la siguiente tabla.

TABLA. 2: : nivel freático encontrado en el área de estudio según calicata de exploración

CALICATA	COORDENADAS		PROGRESIVA (Km.)	LADO	NIVEL FREÁTICO (m)
	NORTE	ESTE			
C-01	9062980	0521173	1+620	LD	
C-02	9063141	0520999	1+657	LI	-1.2
C-03	9063325	0520825	1+695	LD	-1.5
C-04	9063475	0520978	1+732	LI	-1.1

**Fuente:** Estudio de Mecánica de suelos

**Análisis:** Los ensayos se realizó investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios a cielo abierto (calicatas) Nivel freático encontrado en el área de estudio, C-02 -1.2, C-03 -1.5, C-04 -1.1. mostrado en la tabla.

## Resultado del OE. 02

De acuerdo con el Manual de Ensayos de Materiales de Carretera del MTC, se realizaron ensayos para determinar las características físico-mecánicas del suelo (EM-2000).

Análisis de suelos de cantera para diseño de sub drenaje

TABLA. 3: Resultados análisis de granulometría de suelos de cantera Zanja Seca.

Tamiz	Tamiz	Pasa	Pasante	Retenido	Retenido
N	(mm)	(%)	(%)	acumulado (%)	parcial (%)
	100	100.00	100.00	0.00	0.00
3"	76.2	100.00	100.00	0.00	0.00
2 1/2"	63.5	95.00	95.00	5.00	5.00
2"	50.8	89.90	89.90	10.10	5.10
1 1/2"	38.1	78.10	78.10	21.90	11.80
1"	25.4	68.30	68.30	31.70	9.80
3/4"	19.05	52.70	52.70	47.30	15.60
1/2"	12.7	42.50	42.50	57.50	10.20
3/8"	9.53	37.90	37.90	62.10	4.60
1/4"	6.35	32.90	32.90	67.10	5.00
N° 4	4.75	27.90	27.90	72.10	5.00
N° 8	2.36	22.00	22.00	78.00	5.90
N° 10	2	21.10	21.10	78.90	0.90
N° 16	1.19	18.90	18.90	81.10	2.20
N° 20	0.85	17.00	17.00	83.00	1.90
N° 30	0.6	13.80	13.80	86.20	3.20
N° 40	0.42	5.50	5.50	94.50	8.30
N° 50	0.3	2.10	2.10	97.90	3.40
N° 80	0.18	1.30	1.30	98.70	0.80
N° 100	0.150	1.00	1.00	99.00	0.30
N° 200	0.074	0.50	0.50	99.50	0.50
<b>BANDEJA</b>				100.00	0.50

*Fuente: Estudio de Mecánica de suelos*

Límite líquido LL	24.10	%
Límite plástico LP	23.60	%
Índice plasticidad IP	0.50	%

Pasa tamiz N° 4 (5mm):	27.90	%
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	0.50	%
D60:	22.02	mm
D30:	5.42	mm
D10 (diámetro efectivo):	0.57	mm
Coeficiente de uniformidad (Cu):	38.41	
Grado de curvatura (Cc):	2.33	

### Granulometría

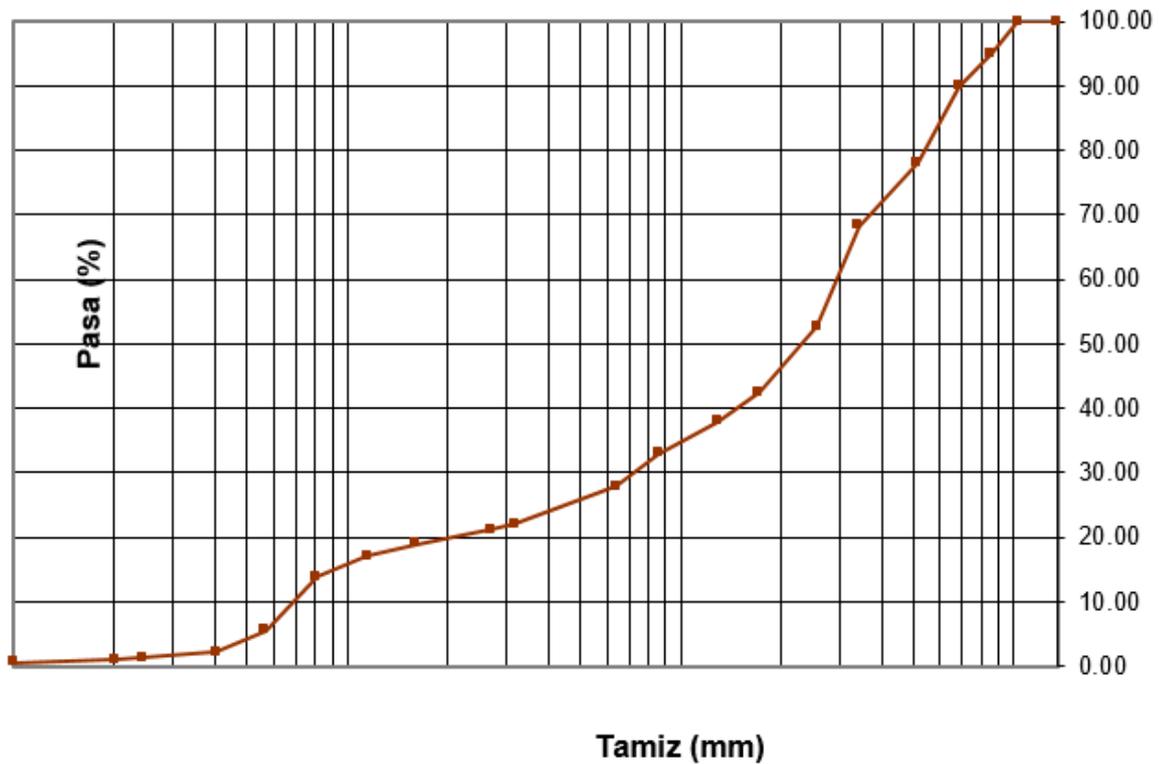


figura.1: Curva Granulometría análisis de suelo

<b>Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)</b>
Suelo de partículas gruesas. Suelo limpio.
<b>Grava bien graduada GW</b>

### Resultado del OE. 03

Con los datos obtenidos se planteó el diseño de un sub drenaje con el método DRIP, teniendo como resultado:

#### Geometría de la carretera

Anchura de la superficie (b) = 7,2 m

Distancia del borde de la superficie al borde de la base (c) = 1,5 m

Anchura de la senda de drenaje (W) = 5,1 m

Pendiente longitudinal (S) = 90,0000 m/m

Pendiente transversal ( $S_x$ ) = 45,0000 m/m

Pendiente resultante de la senda de drenaje ( $S_R$ ) = 100,6231 m/m

Longitud resultante de la senda de drenaje ( $L_R$ ) = 11,40 m

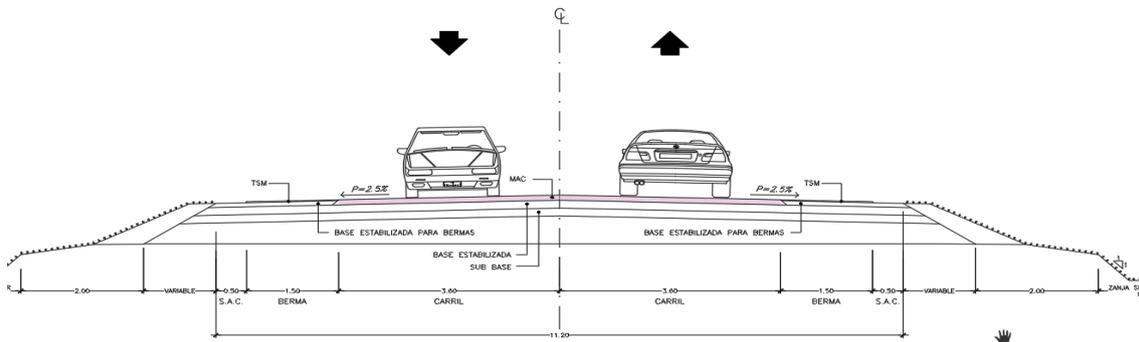


figura.2: : Drenaje longitudinal (Sección tipo de relleno)

## Análisis de tamiz

**TABLA. 4:** Análisis de tamiz Base permeable

		Tamaño del tamiz	Porcentaje de aprobación
$P_{200} =$	0.10 %	0.075	0.1
$D_{10} =$	9,9390 milímetros	0.150	0.1
$D_{12} =$	11,8050 milímetros	0.212	0.2
$D_{15} =$	14,6646 milímetros	0.250	0.2
$D_{30} =$	28,8879 milímetros	0.300	0.3
$D_{50} =$	49,0822 milímetros	0.425	0.4
$D_{85} =$	59,9140 milímetros	0.600	0.6
$C_u =$	5.29	0.931	0.8
$C_c =$	5.29	1.18	1.2
Peso unitario =	5. kg/m <sup>3</sup>	2.00	2.0
Gravedad específica =	3.5	2.36	2.4
Porosidad (n) =	0.999	4.75	4.8
Pérdida/contenido de agua = %		9.5	9.5
Porosidad efectiva ( $N_e$ ) =	0.783	12.5	12.7
Permeabilidad ( $k_{base}$ ) =	22159883.198 m/d	19.0	19.1
		25.0	25.4
		37.5	39.1
		50.0	50.8
		63.0	95.0
		75.0	100.0

Grain-size Distribution - Base Course

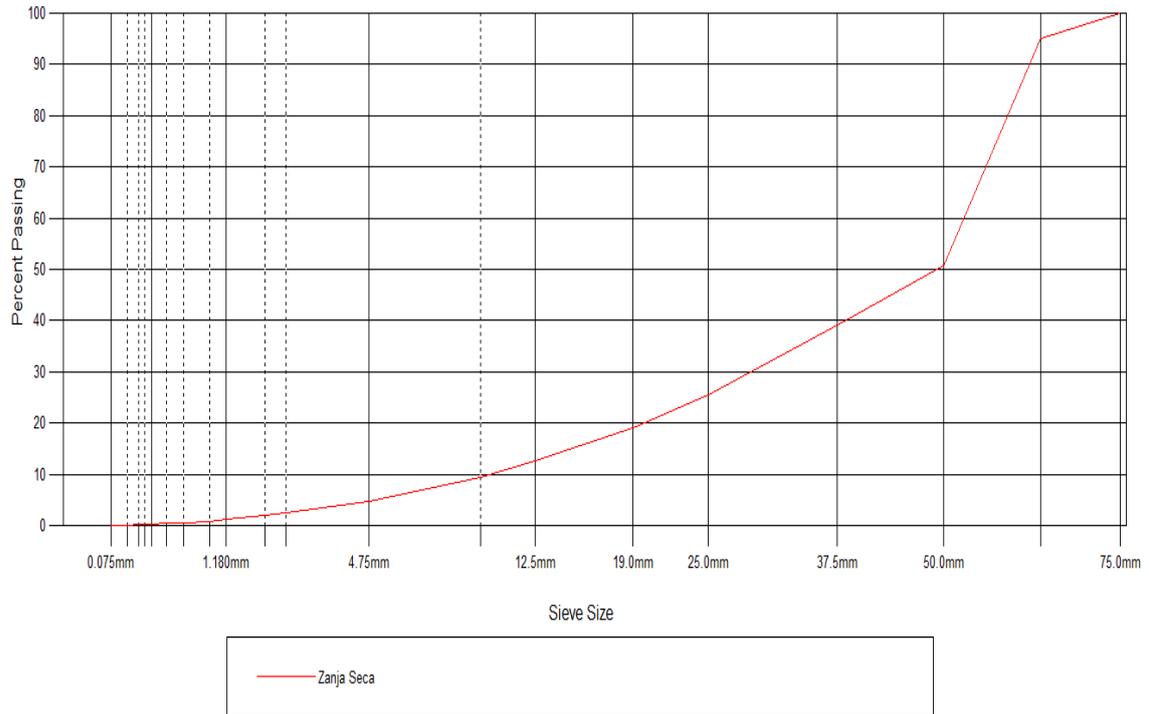
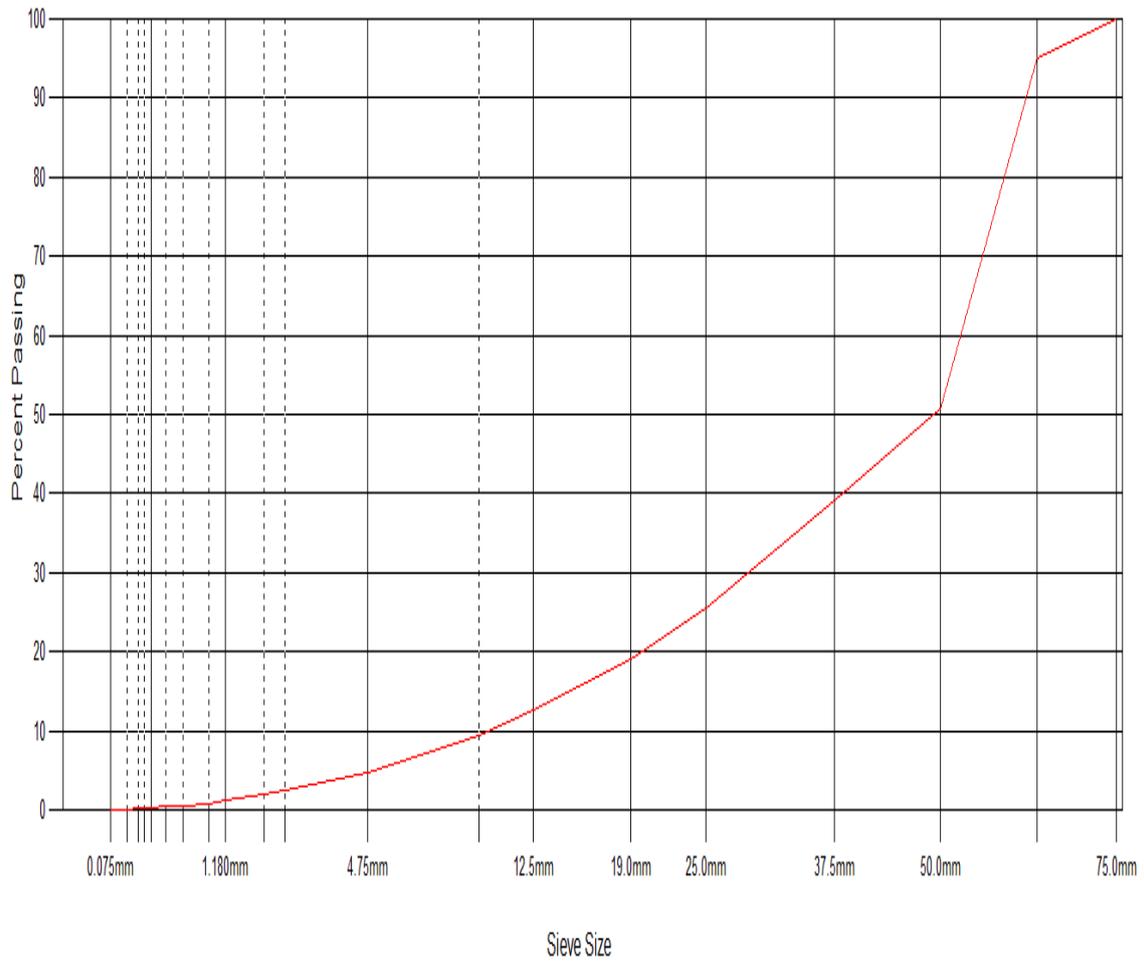


figura.3: Curva granulométrica análisis de cantera

TABLA. 5: Sub grado de análisis de tamiz

		Tamaño del tamiz	Porcentaje de aprobación
$P_{200} =$	0.10 %	0.075	0.1
$D_{10} =$	9,9390 milímetros	0.150	0.1
$D_{12} =$	11,8050 milímetros	0.212	0.2
$D_{15} =$	14,6646 milímetros	0.250	0.2
$D_{30} =$	28,8879 milímetros	0.300	0.3
$D_{50} =$	49,0822 milímetros	0.425	0.4
$D_{85} =$	59,9140 milímetros	0.600	0.6
$C_u =$	5.29	0.931	0.8
$C_c =$	1.60	1.18	1.2
Peso unitario =	kg/m <sup>3</sup>	2.00	2.0
Gravedad específica =		2.36	2.4
Porosidad (n) =		4.75	4.8
Pérdida/contenido de agua =		9.5	9.5
Porosidad efectiva ( $N_e$ ) =		12.5	12.7
Permeabilidad ( $k_{\text{subgrado}}$ ) =	2,0 m/día	19.0	19.1
		25.0	25.4
		37.5	39.1
		50.0	50.8
		63.0	95.0
		75.0	100.0

### Grain-size Distribution - Seperator



**Fuente:** Estudio de Mecánica de suelos

## Afluencia

Método de infiltración de grietas

Coefficiente de infiltración de hormigón de cemento asfáltico (C) = 0.415

Un año, una hora, tasa de precipitación (R) = 2. mm/hr

Velocidad de infiltración a través de la superficie ( $q_i$ ) =  $2.3057e-007$  m<sup>3</sup>/s/m<sup>2</sup>

## Permeable Base

Método de tiempo de drenaje

Porosidad efectiva ( $N_e$ ) = 0.783

Permeabilidad de la base ( $k_{sub}$ ) = 22159883.198 m/d

Pendiente resultante de la trayectoria de drenaje ( $S_R$ ) = 100.6231 m/m

Longitud resultante de la trayectoria de drenaje ( $L_R$ ) = 11.40 m

Porcentaje de saturación (S) = %

Espesor de la base (H) = 0.35 m

Porcentaje de drenaje (U) = 1.27 %

Tiempo para drenar  $U\%$  del agua de la base (t) =  $-1.10e-008$  hr

## Capa separadora

Separador - Geotextil

$P_{200} = 0.10$

$k_{subgrado} = 2.0$  m/d

$C_u = 5.29$

Subgrado  $D_{15} = 49.0822$  mm

Subgrado  $D_{85} = 59.9140$  mm

AOS =  $9.1e+001$  mm

$k_{min} = 2.0$  m/d

$k_{separador} =$  m/d

$t_{separador} =$  mm

AOS  $\geq 3D_{15}^{Subrasante}$  ----- Pass

$C_u > 3$  ----- Pass

$k_{separador} > k_{subgrado}$  ----- Pass

## Drenaje de borde

### Pipa (tubo)

Pendiente longitudinal de la tubería (S) = m/m

Coefficiente de rugosidad de la tubería (n) = 2.4e-002

Diámetro de la tubería (D) = 100.6231 mm

### Enfoque de tasa de descarga - Infiltración de pavimento

Velocidad de infiltración a través de la superficie ( $q_i$ ) = 2.3057e-007 m<sup>3</sup>/s/m<sup>2</sup>

Ancho de la trayectoria de drenaje (W) = 5.1 m

### Resultados del drenaje de bordes

Capacidad de tubería (Q) = 0,3 m<sup>3</sup>/día

Espaciado de salida ( $L_o$ ) = 1551,2 m

**Análisis:** De acuerdo a los resultados del diseño del sub drenaje, este estará formado por una capa permeable de espesor  $H=0.35\text{m}$ , con un porcentaje de drenaje  $U=1.27\%$  la Pendiente resultante de la trayectoria de drenaje  $S_R = 100.6231$  m/m, y Longitud resultante de la trayectoria de drenaje  $L_R = 11.40$  m, esto para un coeficiente de infiltración de  $C=0.415$  por último se concluye con una tubería de diámetro 100.6 mm. Del cual la capacidad de la tubería es  $Q=0.3\text{m}^3/\text{día}$ , con un espaciado de salida  $L_o=1551.2$  m.

## V. DISCUSIÓN

### **Discusión #1:**

Del análisis de resultados, expuestos en la presente investigación (Tesis). El coeficiente de infiltración calculado  $C = 0.415$ , muestra una infiltración media, pudiéndose considerarse al pavimento objeto de estudio semi permeable. En contraparte. Zegarra et al 2015, reporta que el coeficiente de escurrimiento medio para pavimentos de bloque cemento, alcanzo hasta  $C=0.6$ , lo que supone una mayor permeabilidad, esto hace que el diseño de subdrenaje alcance a otros tipos de pavimentos.

### **Discusión #2:**

Hashim et al., (2022) mencionan que “En los pavimentos de granulometría densa, que se utilizan para componer y recomponer carreteras en la industria de la pavimentación en todo el mundo, las fallas ocurren debido al aumento de las cargas de tráfico y al aumento de la escorrentía de agua causada por tormentas o inundaciones, o por cualquier otra razón” esta afirmación corresponde teóricamente a la realidad de los pavimentos en la Amazonía toda vez que el volumen de tráfico suele incrementarse con la construcción de las vías, lo que causa fallas por agrietamiento en el pavimento, haciendo que este vea afectado su diseño y estructura.

## VI. CONCLUSIONES

Finalmente podemos concluir lo siguiente con respecto a los objetivos planteados para nuestra investigación:

### 1. **OG: “Diseño del sistema de sub drenaje en la carretera departamental Campo Verde - Nueva Requena (km 1+600 a km 1+750) Coronel Portillo - Ucayali”**

Concluimos que el presente estudio tuvo como finalidad específica diseñar un sistema de sub drenaje que permita evacuar aguas subterráneas a través de un sistema de tuberías adecuadas prolijamente con incorporación de geotextiles y sin su incorporación, y así evitar el daño que pudieran causar estas a la sub estructura del pavimento.

2. **OE1.** Se excavaron cuatro pozos de prueba, designados como C-01 a C-04, alternativamente a la derecha y a la izquierda del lecho de la carretera existente a lo largo del segmento estudiado. El trabajo de campo se completó a finales de abril de 2022. Durante la excavación de los pozos de prueba, sin embargo, se descubrió el nivel freático a -1,2 m, -1,5 m y -1,1 m en los pozos de prueba C-02, C-03 y C-04, respectivamente.
3. **OE2.** En la exploración por calicatas se encontró en la primera SM y SC-SM para la clasificación SUCS, y A-2-4 para AASHTO, en la segunda se encontró SM para SUCS, y A-4 para AASHTO, en cuanto a la tercera calicata se encontró suelos de tipos para SUCS, y A-2-4 para AASHTO, en la última calicata se halló un suelo tipo ML para SUCS, y A-7-5 para AASHTO.
4. **OE3.** De acuerdo a los resultados del diseño del sub drenaje, este estará formado por una capa permeable de espesor  $H=0.35\text{m}$ , con un porcentaje de drenaje  $U=1.27\%$  la Pendiente resultante de la trayectoria de drenaje  $S_R = 100.6231 \text{ m/m}$ , y Longitud resultante de la trayectoria de drenaje  $L_R = 11.40 \text{ m}$ , esto para un coeficiente de infiltración de  $C=0.415$  por último se concluye con una tubería de diámetro 100.6 mm. Del cual la capacidad de la tubería es  $Q=0.3\text{m}^3/\text{día}$ , con un espaciado de salida  $Lo=1551.2 \text{ m}$ .

## VII. RECOMENDACIONES

1. Las precipitaciones en la amazonia son altas por lo que el porcentaje de infiltración también es elevada, lo que ocasiona que la fundación de los pavimentos se vea afectada y por consiguiente el periodo de uso del pavimento no se cumpla. Es en ese sentido que recomendamos se utilice subdrenaje en toda la construcción de la vía y así contrarrestar los problemas ocasionados por la infiltración.
2. El empleo de cajas de salida de los subdrenajes es importante para evacuar las aguas, sin embargo, estas se ven afectadas por falta de mantenimiento y tienen como consecuencia el deterioro de las tuberías de sub dren. Por lo antes mencionado recomendamos que de utilizarse este sistema se comprometa el mantenimiento del mismo para alcanzar mayores beneficios del subdrenaje.
3. Se recomienda también estudiar la infiltración generada por condensación, toda vez que en la amazonía se ven temporadas muy marcadas y fuertes de neblina a nivel troposférico, que, al contacto con la superficie del pavimento podría generar un importante grado de infiltración.

## REFERENCIAS

1. AASHTO, A. A. (1993). Guide for design of Pavements Structures. Washington DC.
2. Amjad Issa, Haya Samaneh, Mohammad Ghanim, predicting pavement condition index using artificial neural networks approach, (2022), Ain Shams Engineering Journal, Volume 13, Issue 1, 101490, ISSN 2090-4479, <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.04.033>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447921002264>)
3. Aroni, J. (2017). Diseño de un pavimento rígido, para las vías de servicio vehicular en el terminal portuario de Matarani. [Tesis de ingeniería civil]. Universidad Católica Santa María.
4. Ayasta, W. (2018). Diseño del pavimento rígido y sistema de drenaje pluvial para el casco urbano del distrito de Monsefú, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2018. [Tesis de ingeniería civil]. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
5. Calla, E. (2015). Pavimentación de los jirones Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica y Puno de la municipalidad distrital de Caminaca-Azángaro [Tesis de ingeniería civil]. Universidad Nacional del Altiplano.
6. Harris J. 2017. Índice de Regularidad Internacional (IRI). Diseño de Pavimentos y Estabilización de Suelos. Universidad Tecnológica de Panamá
7. Delgado, C.; Rivera, L. (2018). Propuesta de diseño de pavimento rígido de la vía Virgen de Fátima – Naranjal (Km 11) –Taura. [Tesis de ingeniería civil]. Universidad Superior Politécnica del Litoral. Ecuador.
8. DGIP - Dirección General de Inversión Pública, MEF - Ministerio de Economía y Finanzas (2015). Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras
9. Jorge Luis, Z.-T., Brito Jeferson, S., & Miriam, D. F.-C. (2015). Escurrimiento en pavimentos de bloques de suelo-cemento: un abordaje

- experimental. *Ingeniería, Investigación Y Tecnología*, 16(1), 35–47.  
[https://doi.org/10.1016/s1405-7743\(15\)72105-0](https://doi.org/10.1016/s1405-7743(15)72105-0)
10. Hashim, T. M., Al-Mulali, M. Z., Al-Khafaji, F. F., Alwash, A. A. A., & Ali, Y. A. (2022). An experimental comparison between different types of surface patterns of permeable interlocking concrete pavement for roadway subsurface drainage. *Case Studies in Construction Materials*, 17, e01227.  
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01227>
  11. DPN - Dirección Nacional de Planeación (2017) Construcción de pavimento rígido en vías urbanas de bajo tránsito.
  12. Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña – Facultad de Ingeniería. (s.f) Curso de Actualización de Diseño Estructural de Caminos Método AASHTO-93. San Juan, Argentina. Editorial Universidad de San Juan de Argentina
  13. Hernández Sampieri, R.; Fernández-Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2006) Metodología de la Investigación. 4ª ed. Ciudad de México, McGraw-Hill. Disponible en: [https://competenciashg.files.wordpress.com/2012/10/sampieri-et-al-metodologia-de-la-investigacion-4ta-edicionsampieri-2006\\_ocr.pdf](https://competenciashg.files.wordpress.com/2012/10/sampieri-et-al-metodologia-de-la-investigacion-4ta-edicionsampieri-2006_ocr.pdf).
  14. Ineí censo 2007 (18 de diciembre del 2020). PBI de los departamentos, según actividades económicas [Archivo Excel. [http://webinei.inei.gob.pe/anda\\_inei/index.php/catalog/259](http://webinei.inei.gob.pe/anda_inei/index.php/catalog/259)
  15. Huancoco, H. (2016). Estudio y diseño del pavimento rígido en la av. Perú de la ciudad de Juliaca, tramo I Jr. Mantaro – Jr. Francisco Pizarro. [Tesis de ingeniería civil]. Universidad Nacional del Altiplano.
  16. Mayta, J. (2019). Diseño de estructura de pavimento rígido para mejoramiento de principales vías de la UU.VV. Pochocota en la provincia de Andahuaylas – región Apurímac. [Tesis de ingeniería civil]. Universidad Nacional Federico Villareal.
  17. Mora, A.; Arguelles, C. (2015). Diseño de pavimento rígido para la urbanización Caballero y Góngora, municipio de Honda – Tolima. [Tesis en ingeniería de pavimentos]. Universidad Católica de Colombia.

- 18.MTC - Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Recuperado el 12 de diciembre 2020 de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_3729.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf).
- 19.MTC - Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos
- 20.Norma Técnica CE.010 (2006). Pavimentos urbanos. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y comunicaciones.
- 21.Ospina, J. (2018). Diseño estructural de pavimento rígido de las vías urbanas en el municipio del Espinal – departamento del Tolima. [Tesis de ingeniería civil]. Universidad Cooperativa de Colombia.
- 22.Pérez, R. (2010). Diseño del pavimento rígido del camino que conduce a la aldea el Guayabal, municipio de Estanduela del departamento de Zacapa. [Tesis de ingeniería civil]. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- 23.Pardinas, F. (2005). Metodología y técnicas de investigación en ciencias sociales. Trigésimoctava edición. México. Siglo XXI editores.
- 24.Rojas, Soriano R. (1996). Guía para realizar investigaciones sociales, Edición 18. España. Plaza y Valdés Editores.
- 25.Vásquez L. (2002). Pavement Condition Index (PCI), Para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Ingepav
- 26.Urban, R. Nalvarte W. Bustamante K. (2015). Evaluación y diagnóstico empresarial del sector forestal y potencial forestal maderable Ucayali y Madre de Dios. Ed Cámara Nacional Forestal. ISBN 978-612-47171-0-9. Publicación electrónica disponible en <http://www.cnf.org.pe>
- 27.Bobadilla M. y Vásquez S. (2021). Evaluación del pavimento rígido utilizando el método PCI en la avenida San Ignacio y jirón Comercio, San Ignacio, Cajamarca.

## ANEXO

### ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<p><b>Formulación del problema principal</b> ¿Cuál será el diseño adecuado del sistema de sub drenaje en la carretera departamental Campo Verde - Nueva Requena (km 1+600 a km 1+750) Coronel Portillo?</p>	<p><b>Objetivo general.</b> Diseñar sistema de sub drenaje en la carretera departamental Campo Verde - Nueva Requena (km 1+600 a km 1+750) Coronel Portillo</p>	<p>No aplica por ser una investigación descriptiva transversal</p>	<p><b>Variable de estudio.</b> Diseño de sub drenaje de la carretera departamental Campo Verde - Nueva Requena (km 1+600 a km 1+750).</p>	<p>Estudio hidro geológico  Clasificación del suelo</p>
	<p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudiar la topografía carretera departamental Campo Verde - Nueva Requena (km 1+600 a km 1+750) región Ucayali.</li> <li>• Determinar las características del suelo de la carretera departamental Campo Verde - Nueva Requena (km 1+600 a km 1+750) región Ucayali</li> <li>• Diseñar el sub drenaje en la carretera departamental Campo Verde - Nueva Requena (km 1+600 a km 1+750).</li> </ul>			
<b>TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION</b>	<b>POBLACION Y MUESTRA</b>	<b>DISEÑO DE INVESTIGACION</b>	<b>TÉCNICAS DE RECOJO DE DATOS</b>	<b>PROCESAMIENTO Y PRESENTACION DE DATOS</b>

<p>Por las características del estudio, el tipo de investigación es aplicada, debido a que serán utilizados métodos existentes para ser aplicados en la resolución del problema planteado. Hernández Sampieri, R, (2006), refieren que “este tipo de investigación busca generar información y conocimientos necesarios con aplicación directa en el problema planteado a fin de solucionarlo”, que, serán utilizados en nuestro estudio de diseño de sub drenaje.</p>	<p>La población la conforma toda la longitud y ancho de la vía que hace un total de 80 km de longitud La muestra a tomar será 0.150 km. desde la progresiva 1+600 km. a + 1+750 km, tomando como base un muestreo a conveniencia no probabilístico y por lo tanto no es aleatorio</p>	<p>El diseño de investigación estará dado de acuerdo al siguiente esquema.</p> <p style="text-align: center;"><b>01 - GX</b></p> <p style="text-align: center;">Diseño descriptivo Transversal</p> <p>Dónde: O: Observación G1: Características del área de estudio</p>	<p>Se tomará como base fundamental la técnica de la observación que supone el conjunto de cosas observadas, el conjunto de datos y conjunto de fenómenos. “En este sentido, que pudiéramos llamar objetivo, observación equivale a dato, a fenómeno, a hechos” (Pardinas, F. 2005)</p>	<p>Debido a la naturaleza del estudio las medidas estadísticas a utilizar serán de análisis de tendencia central propias de un estudio de nivel descriptivo.</p>
--	---	---	--	--

## ANEXO 2. DRENAJES LONGITUDINALES

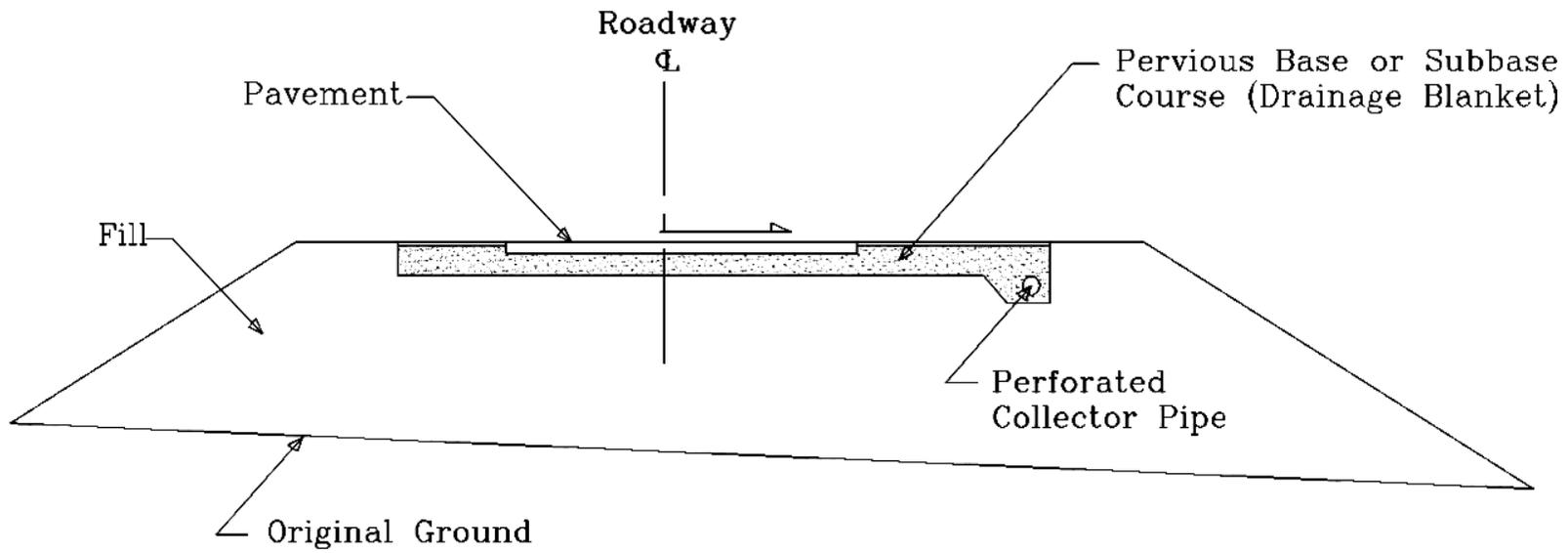
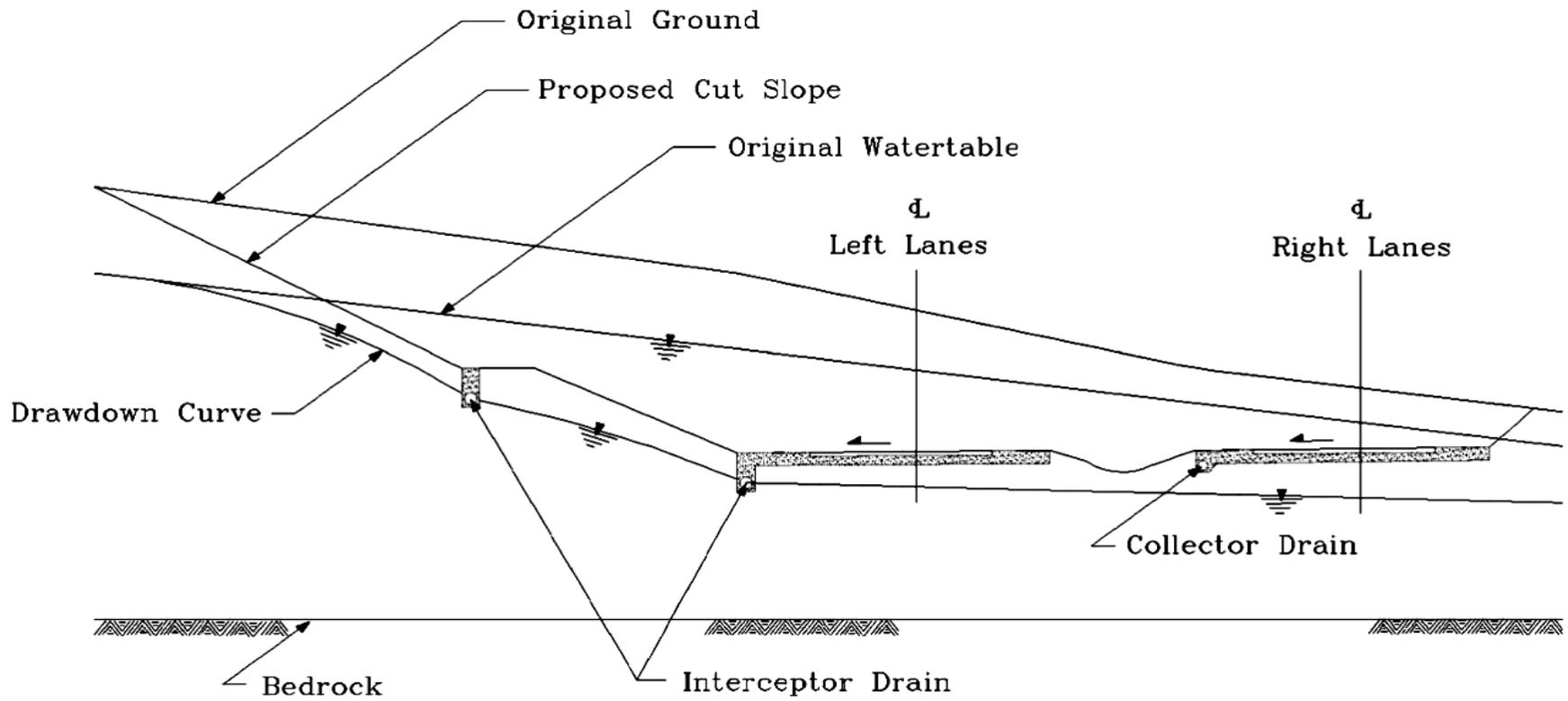


Figura 1: Drenaje longitudinal comúnmente utilizados en el control de filtraciones y aguas subterráneas.



Instalación de drenaje longitudinal múltiple y multipropósito (redibujado de: Moulton, 1980).

### ANEXO 3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento	Escala
Diseño de sub drenaje de la carretera departamental Campo Verde - Nueva Requena (km 1+600 a km 1+750).	Sistema de tuberías perforadas cuyos diámetros suelen variar entre 2" y 3" que se insertan en suelo natural, o se cortan o rellenan, mediante perforación profunda o ligeramente inclinadas horizontalmente, para captar agua en su interior y disminuir la presión en el interior del suelo y aumenta la estabilidad del talud.	Se utiliza para diseñar sub drenajes que distribuyen las aguas subterráneas y las conducen a tuberías perforadas para su evacuación y cuidado de la fundación de la estructura del pavimento	Determinación de la hidro geología del área de estudio	Estudio hidro geológico	Levantamiento hidro geológico	Estación total	Nominal
			Determinación de características del suelo	Clasificación del suelo Resistencia	SUCS- AASHTO CBR	Tamices Moldes CBR	Nominal Escalar
			Diseño estructural del Sub drenaje	Método de diseño	DRIP	Manual DRIP	Escalar

**ANEXO 4. UBICACIÓN DEL PROYECTO**



**ANEXO 5. PANEL FOTOGRAFICO**



FOTO 01: EN LA CALICATA SE APRECIA SUELO SATURADO.



FOTO 02: ENSAYOS REALIZADOS



FOTO 03: ENSAYOS DE CANTERA.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, TEODORA MARGARITA GALLO GALLO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CALLAO, asesor de Tesis titulada: "Diseño del sistema de sub drenaje en la carretera departamental Campo Verde - Nueva Requena (km 1+600 a km 1+750) Coronel Portillo - Ucayali", cuyos autores son ARTICA URIBURU DEYVIDDS FRANKLIN, MEJIA REQUEJO ILARIO ISAIAS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13.00%, 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.

LIMA, 08 de Setiembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
TEODORA MARGARITA GALLO GALLO <b>DNI:</b> 16487399 <b>ORCID:</b> 0000-0001-5793-3811	Firmado electrónicamente por: T GALLOGA el 08-09- 2022 10:37:40

Código documento Trilce: TRI - 0427379