

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Diseño geométrico y estructural del camino vecinal Bello Horizonte – Bajo
Loboyoc, distrito Las Piedras, Tambopata, Madre de Dios, 2022

Línea de investigación: Ingeniería de transportes
Sub Línea de investigación: Transportes

Autor:

Saldaña Mendocilla, Paolo Yovanni

Jurado Evaluador:

Presidente: Galvez Paredes, Jose Alcides

Secretario: Ramirez Mercado, Roger Estuardo

Vocal: Merino Martínez, Marcelo Edmundo

Asesor:

Burgos Sarmiento, Tito Alfredo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2143-1566>

TRUJILLO - PERÚ

2023

Fecha de sustentación: 2023 /11/10

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Diseño geométrico y estructural del camino vecinal Bello Horizonte – Bajo
Loboyoc, distrito Las Piedras, Tambopata, Madre de Dios, 2022

Línea de investigación: Ingeniería de transportes
Sub Línea de investigación: Transportes

Autor:

Saldaña Mendocilla, Paolo Yovanni

Jurado Evaluador:

Presidente: Galvez Paredes, Jose Alcides

Secretario: Ramirez Mercado, Roger Estuardo

Vocal: Merino Martínez, Marcelo Edmundo

Asesor:

Burgos Sarmiento, Tito Alfredo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2143-1566>

TRUJILLO - PERÚ

2023

Fecha de sustentación: 2023 /11/10

Diseño geométrico y estructural del camino vecinal Bello Horizonte – Bajo Loboyoc, distrito Las Piedras, Tambopata, Madre de Dios, 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%	14%	4%	11%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	3%
3	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	2%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
5	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%

Ing. Burgos Sarmiento, Tito Alfredo
Docente Asesor
Reg. Cip: 82596

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1%

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **Burgos Sarmiento, Tito Alfredo**, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada “**Diseño geométrico y estructural del camino vecinal Bello Horizonte – Bajo Loboyoc, distrito Las Piedras, Tambopata, Madre de Dios, 2022**”, autor **Saldaña Mendocilla, Paolo**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 14%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el 08 de septiembre del 2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Lugar y fecha: Trujillo, 08 de septiembre del 2023



.....
SALDAÑA MENDOCILLA, PAOLO
YOAVNNI
DNI: 71045064



.....
BURGOS SARMIENTO, TITO ALFREDO
DNI: 42141206
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2143-1566>

DEDICATORIA

A Dios por guiarme a lo largo de estos años y el apoyo en mi camino de vida.

Dedico la presente investigación a mis padres Roy Saldaña Casanova y Maricruz Mendocilla

Vásquez por su apoyo constante e incondicional en mi crecimiento.

A mi hermano Roggers Saldaña Mendocilla por ser mi ejemplo y por sus importantes enseñanzas, de igual manera a mi hermana Jennifer Sthephany por su compañía.

A Luz Bejarano, por llegar a mi vida y ofrecerme su apoyo incondicional, por motivarme a seguir creciendo como profesional y personalmente.

A mis docentes, amigos y demás familiares por ser parte de mi crecimiento profesional en todos estos años; y, por último, a Lorena Mendocilla Vásquez por apostar en mí.

Br. Saldaña Mendocilla, Paolo Yovanni

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por darme salud y bienestar en mi día a día, a mis padres y hermanos por ser mi soporte y guías. Agradezco a mis amigos por apoyarme y acompañarme en este proceso, de la misma manera a mi asesor el Ing. Tito Burgos Sarmiento por compartirme sus enseñanzas y su experiencia profesional orientándome en el proceso de esta tesis.

Br. Saldaña Mendocilla, Paolo Yovanni

RESUMEN

La presente tesis de investigación titulada “Diseño geométrico y estructural del camino vecinal Bello Horizonte – Bajo Loboyoc, distrito las Piedras, Tambopata, Madre de Dios, 2022” está orientada al área de transportes y está desarrollada dentro de un tramo de 13.067 Km en el camino vecinal Bello Horizonte – Bajo Loboyoc. Se tuvo como objetivo general realizar el diseño geométrico y estructural empleando un pavimento flexible en la provincia de Tambopata, región de Madre de Dios. La presente investigación es descriptiva empleando una metodología aplicada, el diseño es de tipo campo, no experimental ya que se recopiló datos directamente del área de estudio para poder analizar y desarrollar un diseño eficiente. La población estuvo conformada en el camino vecinal no pavimentado, asimismo, se consideró la metodología AASHTO 93 y nuestra normativa peruana. Por consiguiente, se realizaron los estudios de topografía obteniendo un levantamiento total de la vía en estudio, asimismo se realizaron los estudios de mecánica de suelos con fines de pavimentación obteniendo un CBR promedio de 7.62%, seguidamente se realizó un estudio de tráfico en situ obteniendo un tráfico proyectado al 2042 de 305 Veh/día, seguidamente se realizó el cálculo de ESAL obteniendo 1'153523.04 de ejes equivalentes y finalmente se realizó estudio hidrológico obteniendo 24 alcantarillas TMC de 32". Una vez concluido nuestros estudios básicos, se procedió a determinar la propuesta de diseño obteniendo los espesores de capa del pavimentos, cunetas y alcantarillas para la vía.

Palabras claves: diseño estructural, AASHTO 93, pavimento.

ABSTRACT

This research thesis entitled "Geometric and structural design of the Bello Horizonte neighborhood road - Bajo Loboyoc, Las Piedras district, Tambopata, Madre de Dios, 2022" is oriented to the transportation area and is developed within a stretch of 13,067 km in the Bello Horizonte – Bajo Loboyoc highway. The general objective was to carry out the geometric and structural design using a flexible pavement in the province of Tambopata, Madre de Dios region. The present investigation is descriptive using an applied methodology, the design is of the field type, not experimental since data was collected directly from the study area in order to analyze and develop an efficient design. The population was made up of the unpaved neighborhood road, likewise, the AASHTO 93 methodology and our Peruvian regulations were considered. Therefore, topography studies were carried out obtaining a total survey of the road under study, soil mechanics studies were also carried out for paving purposes, obtaining an average CBR of 7.62%, followed by an in situ traffic study obtaining a traffic projected to 2042 of 305 Veh/day, then the ESAL calculation was carried out obtaining 1'153523.04 of equivalent axes and finally a hydrological study was carried out obtaining 24 32" TMC culverts. Once our basic studies were completed, we proceeded to determine the design proposal, obtaining the layer thicknesses of the pavements, gutters and culverts for the road.

Keywords: structural design, AASHTO 93, pavement.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

Dando por cumplimiento a los requisitos del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, facultad de Ingeniería y escuela profesional de Ingeniería Civil, es grato poner a su disposición, el presente trabajo de investigación titulado: Diseño geométrico y estructural del camino vecinal Bello Horizonte – Bajo Loboyoc, distrito Las Piedras, Tambopata, Madre de Dios, 2022. Con el fin de obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

Atentamente:

Br. Saldaña Mendocilla, Paolo Yovanni

INDICE

RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
PRESENTACIÓN	V
INDICE	VI
INDICE DE FIGURAS	X
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
1.2. OBJETIVOS	4
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	4
II. MARCO DE REFERENCIA.....	6
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	6
2.2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	45
2.4. SISTEMA DE HIPÓTESIS.....	45
III. METODOLOGÍA EMPLEADA,	48
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	48
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO	48
3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	48
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	48
3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS:.....	49
IV. PRESENTACION DE RESULTADOS	50
4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	50

4.2. DOCIMASIA DE HIPÓTESIS	127
V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	127
VI. CONCLUSIONES.....	128
VII. RECOMENDACIONES	129
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
IX. ANEXOS	135

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Valores del coeficiente de rugosidad</i>	27
Tabla 2: <i>Valores para determinar el tránsito para el carril de diseño</i>	29
Tabla 3: <i>Valores de crecimiento acumulado (Fca) para determinar el cálculo de número de repeticiones de los ejes equivalentes</i>	31
Tabla 4: <i>Presiones y espesores de ajuste para cada presión de neumático</i>	33
Tabla 5: <i>Norma Técnica Peruana (NTP) que prescribe los ensayos con fines de pavimentación</i>	35
Tabla 6: <i>Calidad y tiempos de drenaje del pavimento</i>	43
Tabla 7: <i>Niveles de confiabilidad en base a los tipos de clasificación funcional según AASHTO 93</i>	44
Tabla 8: <i>Tabla de operacionalización de la variable en la presente investigación</i>	47
Tabla 9: <i>Cuadro de técnicas e instrumentos de recolección de datos de la presente investigación</i>	49
Tabla 10: <i>Ubicación de Madre de Dios</i>	51
Tabla 11: <i>Ubicación del camino vecinal Bello horizonte - Bajo Loboyoc</i>	51
Tabla 12: <i>Calicatas y ensayos realizados para el proyecto</i>	94
Tabla 13: <i>Conteo vehicular semanal – estación 01</i>	95
Tabla 14: <i>Conteo vehicular semanal – estación 02</i>	96
Tabla 15: <i>Conteo vehicular semanal – estación 03</i>	97
Tabla 16: <i>Resumen de tráfico actual por tipo de vehículo - 2022 camino vecinal</i>	97
Tabla 17: <i>Índice medio diario anual</i>	98
Tabla 18: <i>Factor camión o factor vehículo pesado</i>	99
Tabla 19: <i>Factor de distribución direccional y de carril</i>	99
Tabla 20: <i>Cálculo de ESAL de diseño</i>	100

Tabla 21: <i>Tabla de proyección del tráfico en relación al IMDa</i>	101
Tabla 22: <i>Tabla de criterios en relación a la velocidad de diseño</i>	102
Tabla 23: <i>Módulo resiliente en correlación al CBR</i>	107
Tabla 24: <i>Confiabilidad en relación al tipo de camino</i>	108
Tabla 25: <i>Desviación estándar en relación al tipo de tráfico</i>	109
Tabla 26: <i>Índice de serviciabilidad inicial en relación al tipo de tráfico</i>	110
Tabla 27: <i>Tabla de requisitos de diseño en relación a los ejes equivalente</i>	111
Tabla 28: <i>Tabla de características de los materiales</i>	111
Tabla 29: <i>Tabla de cálculo del número estructural en relación SN requerido</i>	112
Tabla 30: <i>Tabla de coeficientes estructurales de capa</i>	112
Tabla 31: <i>Coeficiente de drenaje para base y Sub base</i>	113
Tabla 32: <i>Tabla de alternativas al diseño del pavimento en relación a los espesores</i>	113
Tabla 33: <i>Espesores finales para el pavimento flexible</i>	114
Tabla 34: <i>Datos de precipitación en relación a los años</i>	116
Tabla 35: <i>Precipitación máxima para periodos de retorno en 24 horas</i>	118
Tabla 36: <i>Intensidad Máxima</i>	118
Tabla 37: <i>Velocidades máximas según tipo de superficie</i>	119
Tabla 38: <i>Taludes de cunetas</i>	119
Tabla 39: <i>Tabla de dimensiones mínimas en relación a las regiones</i>	121
Tabla 40: <i>Diámetro y cantidad de alcantarillas</i>	125

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Tipos de ejes usados por los vehículos y camiones</i>	32
Figura 2: <i>Región de Madre de Dios</i>	50
Figura 3: <i>Recorrido satelital del proyecto</i>	51
Figura 4: <i>Velocidades de diseño en relación a su orografía</i>	102
Figura 5: <i>Método grafico para determinar la distancia de visibilidad de parada</i> .	103
Figura 6: <i>Método grafico para determinar la distancia de visibilidad de paso</i>	104
Figura 7: <i>Longitudes de tramos en tangente en relación a la velocidad</i>	105
Figura 8: <i>Radios calculados en relación a la ubicación de la vía</i>	106
Figura 9: <i>Fórmula para determinar el número estructural requerido</i>	113
Figura 10: <i>Área y longitud del cauce</i>	114
Figura 11: <i>Caudal máximo en microcuencas</i>	115
Figura 12: <i>Plano de microcuencas</i>	115
Figura 13: <i>Histograma de precipitación por años</i>	117
Figura 14: <i>Cálculo de diseño para cunetas</i>	120
Figura 15: <i>Cálculo de dimensiones de la cuneta en relación a su sección</i>	122
Figura 16: <i>Dimensiones de la cuneta en relación a su gráfica</i>	122
Figura 17: <i>Cálculo de caudales de diseño para alcantarillas</i>	123
Figura 18: <i>Cálculo hidráulico de alcantarilla</i>	124
Figura 19: <i>Dimensión hidráulica de alcantarilla</i>	125
Figura 20: <i>Diámetros comerciales</i>	126
Figura 21: <i>Estación de conteo vehicular 01</i>	135
Figura 22: <i>Estación de conteo vehicular 02</i>	135
Figura 23: <i>Estación de conteo vehicular 03</i>	136
Figura 24: <i>Estado actual de la zona de estudio</i>	136
Figura 25: <i>Inicio de la vía en estudio en el Km 0+000</i>	137

Figura 26: <i>Instalación de equipo para nuevo punto</i>	137
Figura 27: <i>Levantamiento topográfico de la vía</i>	138
Figura 28: <i>Replanteo del eje de la vía</i>	138
Figura 29: <i>Uso del prisma en el levantamiento topográfico</i>	138
Figura 30: <i>R.D. que aprueba el proyecto de investigación</i>	139

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

a. *Descripción de la realidad problemática*

La inversión en infraestructura vial es vital para el desarrollo de un país y de su economía en conjunto, posibilita la inclusión social y el acceso a los diversos servicios públicos y mercado laboral, entre otros. El sector del transporte es fundamental para la economía mundial (PNUMA, 2017). Como tal, el transporte terrestre emplea de forma directa a más de 60 millones de personas en todo el mundo, esto integra más del 2% del empleo mundial.

La revista CEPAL (2018), señaló que las inversiones en infraestructura vial y la prestación de sus servicios en los países de América Latina son insuficientes, ineficientes e insostenibles. En este primer diagnóstico, parecería que la inversión promedio (simple) en infraestructura en relación con el PIB, para un grupo seleccionado de seis países, fue del 2,2 % entre 2000 y 2015, donde la relación entre inversión pública y privada es aproximadamente la misma, y donde las necesidades estimadas de inversión en infraestructura (incluyendo mantenimiento y reparación) se esperan entre 5,1% y 7,4%, de acuerdo con la proyección de crecimiento de la economía de América Latina.

El problema actual de la infraestructura vial en el Perú está relacionado con los fenómenos naturales y la desatención del gobierno ante la constante falta de actualización e implementación de nuevas tecnologías que se crean a diario para el desarrollo y diseño de nuevas vías que contribuyan al desarrollo del país. Dentro del porcentaje de vías no pavimentadas en la red nacional se obtuvo un 35%, por red departamental un 89.9% lo que equivale 946 kilómetros y el 99% de la red Vial Rural no se encuentra pavimentada. (MTC, 2017).

Según Vásquez y Bendezú (2008), muestran que, “Si la infraestructura vial aumenta un 1%, el PIB aumentará un 0,218%, ya que esto facilita la incorporación de nuevas industrias manufactureras. Por tanto, se puede considerar una relación directa entre inversión, competitividad y crecimiento del PIB. Los países y regiones con mayores niveles de inversión son los más competitivos, por lo tanto, tienen mayores niveles de inversión y, por tanto, mayor crecimiento económico”.

La región de Madre de Dios cuenta con un total de 1275.8 km. de infraestructura vial vecinal según menciona en su informe “Diagnostico de la situación de las brechas de infraestructura o de acceso a servicios” del año 2020, la infraestructura vial se encuentra sin pavimentar en un 51,38% a julio de 2020 (MTC, 2020). El tramo que se estudiará se ubica en el distrito de Las Piedras de la provincia de Tambopata, el cual se encuentra en su mayoría sin pavimentar y en mal estado.

Es cierto que, las vías a nivel nacional, departamental y vecinal, cumplen el rol de acceso vial a poblaciones menores y/o áreas productivas en la región de estudio, generando progreso entre departamentos vecinos. No obstante, en el Perú, la falta de pavimentación en vías vecinales es notoria, tal es así que Bello Horizonte y Bajo Loboyoc ubicado en la región Madre de Dios, no cuentan con una vía pavimentada y un eficiente sistema de drenaje en situaciones extremas, llegando a ser un gran impedimento para su desarrollo. Como consecuencia de eventos climatológicos y geográficos como alta pluviosidad, dificultando la fluidez del tránsito vehicular.

Debido a su ubicación geográfica Las Piedras es un distrito donde La precipitación media anual total es de 2.000,00 mm. la precipitación mínima total anual es de 1.000,00 mm. Las lluvias ocurren entre octubre y abril, y los meses

sin lluvia son junio, julio, agosto y septiembre. Es así que provoca la degradación de los caminos no pavimentados, haciéndolos intransitables, debido a la dureza y naturaleza arcillosa del suelo, en algunos tramos la presencia de bajíos o aguajales, con la formación de grandes lodazales, cochas y fangales, esto impide la circulación de vehículos. Por ello, durante esta temporada, algunas comunidades o asentamientos humanos vinculados a caminos vecinales optan por cerrar caminos para no permitir el paso de vehículos de mayor tamaño, con el fin de evitar el riesgo de accidentes o un mayor deterioro de la vía. Este hecho limita la prestación de servicios vehiculares, lo que se traduce en un aumento de los costos de fletes y pasajeros. Plan vial departamental participativo (2010).

Esta investigación estudiará 13.067 km. de la ruta: Bello Horizonte y Bajo Loboyoc – Tambopata, en el distrito de Las Piedras, el principal déficit es la falta de un adecuado diseño geométrico para el camino vecinal a nivel de asfalto, cumplir con los criterios y recomendaciones del Manual de Diseño Geométrico (2018). Uno de los inconvenientes más notables es el bajo nivel de mantenimiento realizado en la obra de arte. El afirmado se ha deteriorado rápidamente debido a las lluvias y las condiciones extremas del lugar. En consecuencia, la disminución del ingreso económico familiar de la zona.

b. Descripción del problema

En la actualidad el camino vecinal BELLO HORIZONTE - BAJO LOBOYOC se encuentra en estado de abandono, no existe la presencia de trabajos de mejoramiento de la carpeta de rodadura a pesar de contar una base terminada, los pobladores y agricultores de la zona, recorren diariamente esta vía que carece de confort y seguridad. Asimismo, al no presentar una adecuada pavimentación podría en un futuro arraigar una serie de inconvenientes y accidentes.

c. Formulación del problema

¿Cuál es el diseño geométrico y estructural del camino vecinal y el diseño hidráulico para las obras de drenaje del camino vecinal BELLO HORIZONTE - BAJO LOBOYOC distrito Las Piedras, Tambopata, Madre de Dios?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Realizar el diseño geométrico y estructural del camino vecinal Bello Horizonte – Bajo Loboyoc, distrito Las Piedras, Tambopata, Madre de Dios, 2022.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento topográfico de la zona de estudio.
- Elaborar el estudio de mecánica de suelos con fines de pavimentación.
- Elaborar el estudio de tráfico para el cálculo del IMDA de diseño proyectado a 20 años.
- Elaborar el diseño geométrico horizontal, vertical y transversal de la carretera, bajo la norma vigente de diseño geométrico del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (DG-2018).
- Determinar los espesores del pavimento flexible mediante la metodología AASHTO-93.
- Elaborar el estudio hidrológico del camino vecinal BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC.
- Elaborar el diseño de obras de drenaje del camino vecinal BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC.
- Elaborar planos de detalle

1.3. Justificación del estudio

1.3.1. Justificación Técnica. La presente investigación se da a raíz de que la vía requiere de un eficiente diseño geométrico que cumpla con los estándares de calidad, seguridad y durabilidad necesaria para los usuarios. En ese sentido, la presente tesis servirá para enriquecer y desarrollar las condiciones actuales de la vía, buscando las mejores condiciones técnicas para un mejor tráfico y seguro.

1.3.2. Justificación Metodológica. La presente investigación es justificada mediante uso de los manuales del Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC), Diseño geométrico (MTC, 2018), Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (MTC, 2011) y la metodología Aashto-93. La recopilación de información y el empleo de técnicas de investigación como citas bibliográficas generando confianza en los usuarios, demostrando así, que los resultados obtenidos de la investigación son válidos en el medio.

1.3.3. Justificación Académica. La presente investigación se justifica porque desarrollará y completará la propuesta de diseño geométrico en carreteras, drenaje y nuevos temas acerca de mejoramiento de carreteras. Asimismo, se aplicará todos los conocimientos, procedimientos y metodologías desarrollados en la ingeniería de pavimentos empleando los manuales del MTC.

1.3.4. Justificación Práctica. La presente investigación se realizará para facilitar y mejorar la calidad del tránsito de los usuarios, el acceso al intercambio social y comercial en las distintas horas del día, buscando la viabilidad, mejorando la calidad y optimización del proyecto. Reduciendo tiempos de operación y mantenimiento.

1.3.5. Justificación social. La presente investigación se justifica porque los resultados obtenidos en esta investigación serán de gran utilidad tanto para el

conocimiento de los futuros jóvenes pobladores del distrito Las Piedras, así como también de las entidades involucradas tanto públicas como privadas encargadas del desarrollo del proyectos y de mejoras futuro expediente técnico.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Tesis: “Propuesta de un diseño geométrico vial para el mejoramiento de la movilidad en un sector periférico del occidente de Bogotá”

Autores: Albert fabián parrado méndez y Andrés mauricio gárcia home

Fuente: Universidad Católica de Colombia

País: Colombia

La tesis mencionada analiza que problemas afectan a los usuarios en trayecto Mosquera – Funza; pudo concluir que el estudio de tránsito fue vital para el determinar que el diseño vial tipo variante es la solución adecuada para los municipios de Funza y Mosquera, obteniendo como resultado un nivel de servicio C, teniendo velocidades de 100km/h hasta 120km/h proporcionando todas las condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios. Mediante el software HCS 2000 se comprobó que el nivel de servicio propuesto es el adecuado, obteniendo como resultado dos carriles por calzada como se tenía proyectado en las condiciones de diseño.

Tesis: “Diseño geométrico definitivo de la alternativa vial Shuyo – Pinllopata en el tramo km 12 + 000 – 16 + 000 perteneciente a los cantones Pujilí y Pangua de la provincia de Cotopaxi”

Autor: Miguel Sebastián León Flores

Fuente: Universidad Técnica de Ambato

País: Ecuador

La tesis mencionada tuvo como finalidad realizar un estudio topográfico del estado actual de la vía Shuyo – Pinllopata y determinar los volúmenes de corte y relleno de la vía; pudo concluir que la zona de estudio presenta un terreno montañoso, escarpado, con presencia de vegetación y un clima inestable. Así mismo, mediante el diseño vertical se consideró pendientes en un rango de 3% a 7% debido al terreno montañoso y su difícil topografía, en cuanto a los volúmenes de corte - relleno se obtuvieron 188027.47m^3 – 13370.59m^3 sin generar un exceso de costo.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Tesis: “Diseño geométrico y drenaje del camino vecinal división carretera Arq. Fernando Belaunde Terry km 656+000 al km 18+160 Sauce, provincia y región San Martín”

Autor: Pedro Navarro Freyre

Fuente: Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto

País: Perú

La tesis mencionada tuvo como finalidad efectuar el estudio hidrológico y drenaje para el manejo de las aguas pluviales y causas naturales; pudo concluir que gracias a la ejecución del sistema de drenaje se pudo obtener los diámetros de diseño de las alcantarillas, no menor de 36” y no mayor de 48” teniendo en consideración la evacuación de caudales de mayor cantidad.

Tesis: “Análisis técnico del diseño geométrico de la carretera nacional PE-3N, con relación al manual de carreteras DG-2018, tramo: KM. 136+000 – KM. 141+000”

Autores: Miguel Ángel Melendez Muñoz

Fuente: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

País: Perú

La tesis mencionada tuvo como finalidad identificar el IMDA de la vía, el cumplimiento de la norma y la realización del estudio topográfico de la zona de estudio; pudo concluir que mediante el estudio de tráfico la carretera obtuvo un IMDA de 1474veh/día. Además, se determinó que la orografía de la zona de estudio es accidentada (tipo 3) comprobado y procesado por el levantamiento topográfico. Por último, se identificó el factor de mayor incidencia que provocó los accidentes tránsito, obteniendo el primer lugar con un 33% el exceso de velocidad.

Tesis: "Estudio definitivo del proyecto de construcción de la vía local Pasambara-Chorpamba, distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco-la libertad"

Autores: Miñano Zavaleta, Víctor Hugo y Urquiaga Carrión, Luceyli Ysabel

Fuente: Universidad Nacional de Trujillo

País: Perú

La tesis mencionada tuvo como finalidad realizar el diseño geométrico de la vía y sección transversal y el costo total del proyecto; pudieron concluir que los espesores que conforman el pavimento, diseñado a nivel de afirmado está conformado por una sub-base granular de 15cm, y una base de 15cm sin mejoramiento de sub-rasante, obteniendo 30cm de espesor total del pavimento y finalmente un costo total de S/.6 409 086.46 soles.

2.1.3. Antecedentes Locales

Tesis: "Estudio técnico para el mejoramiento del camino vecinal del tramo Pacahuara – Punta carretera en el distrito de Iberia – Tahuamanu, 2020"

Autores: Coicaposa Salcedo, Greysi Mabel y Salazar Becerra, Ernesto Ivan

Fuente: Universidad César Vallejo

País: Perú

La tesis mencionada tuvo como finalidad determinar el índice medio día anual (IMDA), obtener resultados de los ensayos de propiedades físicas del laboratorio de mecánica de suelo y las dimensiones del ancho de calzada para el tramo I y II; pudo concluir que mediante el estudio de tráfico la carretera obtuvo un IMDA de 1474 veh/día. Además, se determinó que los resultados para el límite líquido fue de 37.67, para el límite plástico fue de 24.50 y para índice de plasticidad de 24.50. Finalmente se determinó los anchos de calzada para el tramo I de 4.50m y para el tramo de 4.00m.

Tesis: “Diseño del trazo de la carretera Puerto Esperanza (Ucayali) - Iñapari (Madre de Dios) con datos SRTM y ARCGIS”

Autores: Henry Chiclla Cuellar

Fuente: Universidad Nacional de Ucayali

País: Perú

La tesis mencionada tuvo como finalidad diseñar un mapa de pendientes para el área de estudio, diseñar un mapa de cobertura del área de estudio; pudo concluir que para un área de 1111,58km² las pendientes van de 0 – 3% que corresponde al 14.88% del terreno, para un área de 2443,66km² las pendientes van de 3 – 6% que corresponde al 32,72% del terreno, para un área de 1521,43km² las pendientes van de 6 – 8% que corresponde al 20,37 % del terreno, para un área de 2391,51km² con pendiente > 8 % que corresponde al 32,02% del terreno. Además, se determinó que la ruta “Alternativa 1” tiene una

longitud de 344,94km, mientras que la ruta “Alternativa 2” tiene una longitud de 293,84km y la “Alternativa 3” tiene una longitud de 304,67km.

Tesis: “Diseño de la vía y mejoramiento hidráulico de obras de arte en la carretera Loero-Jorge Chávez, inicio en el km 7.5, distrito de Tambopata, región Madre de Dios”

Autores: Quispe Pariona, Cristina, Nina Campomani, Mayli, Quispe Huarancca, Henry y Palomino Mavila, Gustavo

Fuente: Universidad Católica los Angeles de Chimbote

País: Perú

La tesis mencionada tuvo como finalidad diseñar el trazo, el diseño geométrico para la vía y los estudios de suelos respectivos; pudiendo concluir que el material extraído de la cantera Jorge Chávez es un material que cumple con los requerimientos del proyecto analizado en los estudios, con una densidad máxima de 2.126 y un contenido de humedad de 8.19, se empleó un material combinado de afirmado tipo GC-GM. Además, se realizaron los estudios de subrasante del eje, obteniendo un CBR de 14%.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Pavimentos

2.2.1.1. Definición del Pavimento. Se entiende por pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que recibe directamente las cargas de los diversos tipos de vehículos siendo estas transmitidas al suelo, proporcionando a los usuarios de la vía, bienestar, seguridad y serviabilidad durante un periodo de diseño establecido. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2010) indica que el pavimento es una “Estructura compuesta por capas que apoya en toda su superficie sobre el terreno preparado para soportarla

durante un lapso denominado Período de Diseño y dentro de un rango de Serviciabilidad” (p.56).

2.2.1.2. Importancia del Pavimento. Es de gran importancia para el desarrollo de un país, impulsando el turismo, el intercambio comercial y sociocultural entre ciudades pueblos y comunidades. Al ofertar pavimentos de calidad, propiciará un transporte de personas y cargas más accesible y con mayor fluidez. Animando al estado a conocer la situación y necesidades de los pueblos más alejados.

2.2.1.3. Función del Pavimento. En cuanto a la función que deber tener un pavimento para el desarrollo de un país o localidad, será permitir el desplazamiento de los usuarios sobre una superficie cómoda y segura condiciones extremas, permitiendo el acceso vehicular a distintos lugares. Asimismo, reduciendo los tiempos de viaje.

2.2.1.4. Clasificación del Pavimento

- **Pavimento flexible.** (The Asphalt Institute, 1970, p.35) refiere que “Este tipo de pavimento consiste en una capa bituminosa generalmente apoyada sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. Sin embargo, cada una de estas capas pueden ser obviadas según las necesidades específicas de la obra”. Asimismo, podemos decir que los pavimentos flexibles son aquellos que sus capas constituyentes tienen bajos valores de flexotracción, absorbiéndolas a través de su resistencia al esfuerzo de corte, esto dependerá del espesor y la calidad de estas capas, la distribución de las cargas superficiales de gravedad con respecto al suelo natural.
- **Pavimento rígido.** (Huang, 2004) sostiene que “Los pavimentos rígidos se construyen con cemento portland y deben analizarse por la teoría de

placas, en lugar de la teoría de capas. La teoría de placas es una versión simplificada de la teoría en capas que supone que la losa de hormigón es una placa de espesor medio con un plano antes de la flexión que sigue siendo un plano después de la flexión” (p.11).

Además, podemos describir que los pavimentos rígidos o hidráulicos, como también se les llama, se diferencian de los pavimentos de asfalto o flexibles, que son significativamente resistentes al esfuerzo de flexión, además de verse significativamente afectados por la variación de temperatura.

- **Pavimento intertrabado.** (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2010) describe que “Es aquel pavimento formado, típicamente por una base granular, una capa o cama de arena de asiento, los adoquines intertrabados de concreto, la arena de sello, los confinamientos laterales y el drenaje, construido sobre una sub-rasante de suelo preparado para recibirlo” (p.62).

Por otro lado, podemos afirmar que el pavimento intertrabado está hecho de diversos materiales, ya sea de piedra, madera o arcilla, así como de bloques de concreto (adoquín); está conformada por una base y, a veces, tienden a tener una subbase. En otras palabras, este pavimento es una combinación de pavimento flexible y pavimento duro.

2.2.1.5. Comportamiento del Pavimento. El pavimento denota un comportamiento estructural por ser diseñado y sometido a ensayos de laboratorio; existen fallas en el pavimento producidas por distintos orígenes y naturaleza: deficiente conservación del pavimento, factores climáticos, proyecto no eficiente, proceso constructivo inadecuado y el constante contacto de una carga continua.

Para realizar la evaluación del comportamiento de un pavimento es de vital importancia conocer en el interior del pavimento los estados tensionales que se producen; mediante la ingeniería de pavimentos es posible realizar este análisis (Higuera , 2012, p.14).

2.2.2. Pavimento Flexible

2.2.2.1. Elementos del Pavimento Flexible. “Este tipo de pavimento está conformado por varias capas granulares y por al menos una capa o superficie de rodadura asfáltica” (Gamboa, 2009, p.12).

- **Subrasante.** Es una capa ubicada en la parte más baja de la estructura del pavimento, es compactada llegando a formar parte del terreno natural; esta capa debe ser capaz de resistir los esfuerzos y las cargas transmitidas por el pavimento. Protege al pavimento de agentes externos y en condiciones de humedad, generando condiciones de apoyo uniformes y permanentes. A mayor calidad de esta capa, menor será el espesor del pavimento (Miranda, 2010, p.11).
- **Sub base.** Es una capa ubicada entre la base y la sub base, cumple la función de cimiento uniforme para la colocación y compactación de la base y no permite que el paso de agua del suelo ascienda. Por lo general está conformada por una capa de material granular compactada sin tratar o de suelo tratado mediante aditivo. Existen ocasiones en que se omite la colocación de una sub base debido a que mediante ensayos se demuestra que el suelo es de buena calidad (Miranda, 2010, p.10).
- **Base.** Es una capa ubicada debajo de la superficie de rodadura, cumple el rol de ser el soporte estructural y resistente del pavimento, transmitiendo la mayor cantidad de esfuerzos que recibe debido a los efectos del tránsito

vehicular. Resaltar que el material granular va de acuerdo al tipo de tráfico: para el tráfico ligero es recomendable el uso de material granular grueso y para el tráfico pesado es recomendable el uso de estabilización para evitar deformaciones, ya que las capas inferiores reciben mayores esfuerzos (Miranda, 2010, p.10).

- **Capa o superficie de rodadura.** Es la última capa ubicada por encima de la base, compuesta por material granular, minerales y material bituminoso. En el diseño se considera el desgaste por fuerzas abrasivas del tráfico vehicular. Asimismo, la superficie de rodadura brinda resistencia al deslizamiento con un acabado uniforme (Miranda, 2010, p. 10).

Clasificación de las Vías

2.2.3.1. Clasificación de la Vía por su Demanda

- **De acuerdo a su demanda: Autopista de primera clase.** Este tipo de autopistas cuenta con un IMDA mayor a 6 000 veh/día, divididas por un separador de aproximadamente 6 m entre calzada y calzada. Además, cada calzada estará conformada por 2 o más carriles de 3.60 m de ancho mínimo, incluirá puentes peatonales en zonas urbanas, acceso para ingresos y salidas continuas, se evitará los cruces y pasos a nivel. La carpeta de rodadura será pavimentada (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12).
- **De acuerdo a su demanda: Autopista de segunda clase.** Este tipo de autopistas cuenta con un IMDA que va desde los 4001 hasta los 6 000 veh/día, divididas por un separador que podrá variar desde 1 m hasta los 6 m entre calzada y calzada (se tendrá en cuenta sistemas de contención vehicular). Además, cada calzada estará conformada por 2 o más carriles

con un ancho mínimo de 3.60 m de y con acceso controlado de ingreso y salida continua, está permitido los cruces, puentes peatonales en zonas urbanas y pasos a nivel. La carpeta de rodadura será pavimentada (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12).

- **De acuerdo a su demanda: Carretera de primera clase.** Este tipo de carretera cuenta con un IMDA que va desde los 4000 hasta los 2001 veh/día, cuenta con una calzada que estará conformada por 2 o más carriles de 3.60 m de ancho mínimo, está permitido los cruces, puentes peatonales en zonas urbanas y pasos a nivel. “De no cumplir con lo mencionado, es de vital importancia implementar dispositivos de seguridad vial que permitan la velocidad de operación, con mayor seguridad. La carpeta de rodadura será pavimentada” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12).
- **De acuerdo a su demanda: Carretera de segunda clase.** Este tipo de carretera cuenta con un IMDA que va desde los 400 hasta los 2000 veh/día, cuenta con una calzada que estará conformada por 2 carriles de 3.30 m de ancho mínimo, está permitido los cruces, puentes peatonales en zonas urbanas y pasos a nivel. “De no cumplir con lo mencionado, es de vital importancia implementar dispositivos de seguridad vial que permitan la velocidad de operación, con mayor seguridad. La carpeta de rodadura será pavimentada” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12).
- **De acuerdo a su demanda: Carretera de tercera clase.** Este tipo de carretera cuenta con un IMDA menor a los 400 veh/día, cuenta con una calzada que estará conformada por 2 carriles de 3 m de ancho mínimo, podrán medir 2.50 m presentando el sustento técnico respectivo.

Asimismo, “Este tipo de carreteras pueden operar con las llamadas soluciones básicas o económicas, incluyendo la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos, o usando afirmado, en la superficie de rodadura”. En caso de que fueran pavimentadas deberá cumplir con especificaciones y características de diseño para una carretera de segunda clase (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12).

- **De acuerdo a su demanda: Trocha carrozable.** Consideradas como vías transitables sin alcanzar las características de la geometría de diseño para una carretera; cuentan con un “IMDA menor a 200 veh/día y sus calzadas están conformadas por un ancho mínimo de 4 m. Asimismo, se considerará plazoletas de cruce a cada 500 m. La carpeta de rodadura podrá ser afirmada o sin afirmar” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 13).

2.2.3.2. Clasificación de la vía por su Orografía

- **De acuerdo a la orografía: Terreno plano (tipo 1).** Este tipo de terreno cuenta con pendientes transversales menor o igual al 10% al eje de la vía, las pendientes longitudinales generalmente son menores al 3%, haciendo uso de un trabajo mínimo de movimiento de tierras, convirtiéndola en un trazo sencillo (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 14).
- **De acuerdo a la orografía: Terreno ondulado (tipo 2).** Este tipo de terreno cuenta con pendientes transversales que va desde el 11% hasta el 50% al eje de la vía, las pendientes longitudinales van desde el 3% hasta el 6%, haciendo uso de un moderado trabajo de movimiento de tierras, con alineamientos rectos y siendo alternado con curvas de amplios radios

convirtiéndola en un trazo sin dificultades (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 14).

- **De acuerdo a la orografía: Terreno accidentado (tipo 3).** Este tipo de terreno cuenta con pendientes transversales que va desde el 51% hasta el 100% al eje de la vía, las pendientes longitudinales van desde el 6% hasta el 8%, haciendo uso de un importante trabajo de movimiento de tierras, convirtiéndola en un trazo con dificultades (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 14).
- **De acuerdo a la orografía: Terreno escarpado (tipo 4).** Este tipo de terreno cuenta con pendientes transversales superiores al 100% al eje de la vía, las pendientes longitudinales excepcionales están por encima del 8%, haciendo uso de un exigente trabajo de movimiento de tierras, convirtiéndola en un trazo con grandes dificultades (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 14).

2.2.3. Estudios Previos para el Diseño de un Pavimento Flexible

2.2.3.1. Estudio Hidrológico. Este es uno de los principales estudios en el diseño de carreteras, ya que ayuda a obtener los parámetros necesarios para determinar las dimensiones del drenaje pluvial. La falta o falla de los sistemas de drenaje conducen al deterioro, destrucción parcial o total de una vía en muy poco tiempo, aumentando con ello los costos de reposición y/o mantenimiento de las obras (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012, p.21).

El proyecto evaluará la descarga máxima de diseño con base en la información hidrológica disponible y estimará las dimensiones de las cunetas para

evacuar la descarga máxima garantizando la serviciabilidad continua durante la época de lluvias.

2.2.3.1.1. Información Cartográfica. De acuerdo con (Instituto Geográfico Nacional, 2019, p.6). “La cartografía es una ciencia, un arte y una técnica que nos permite representar todos los accidentes naturales y artificiales de la superficie terrestre en símbolos como líneas, puntos y polígonos de acuerdo a normas técnicas vigentes”. Para el presente proyecto se hará uso de las cartas nacionales como cartografía, siendo recopiladas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) en escala 1/100 000, en formato shapefile.

2.2.3.1.2. Información Pluviométrica. “La información es captada mediante un equipo llamado pluviómetro, empleado para registrar y medir precipitaciones. Su unidad de medida es en mm por altura” (Ministerio de Agricultura, 2007, p.36). A continuación algunos tipos pluviómetros:

- **Pluviómetro manual.** Es considerado uno de los indicadores de precipitación más simples que consta de un recipiente cilíndrico especial, generalmente de plástico, con una escala de graduación (Ministerio de Agricultura, 2007, p.36).
- **Pluviómetro totalizadores.** Consiste en un embudo que aumenta la precisión del pluviómetro y recoge el agua en el recipiente de graduado. El observatorio es monitoreado por técnicos que registran las precipitaciones cada 12 horas. (Ministerio de Agricultura, 2007, p.37).
- **Pluviómetro de sifon.** Consiste en un instrumento giratorio llamado tambor; que empuja un papel de medición que registra el tiempo y la precipitación. Cuando no llueve, el nivel del agua en el tanque es constante

y el papel forma una línea que indica menos lluvia (Ministerio de Agricultura, 2007, p.38).

2.2.3.1.3. Análisis de Frecuencia. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012) refiere que el “El Análisis de Frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes periodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos” (p.25). Se hizo uso de 3 métodos para la distribución de probabilidad, proporcionados por el “Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2012)”

- **Distribución normal.** La función de densidad de probabilidad habitual se define como:

Donde:

$$f(x) = \frac{1}{s\sqrt{(2\pi)}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{s}\right)^2} \quad (1)$$

$f(x)$ = Función densidad normal de la variable x

x = Variable independiente

μ = Parámetro de localización igual a la media aritmética de x

S = Parámetro de escala, igual a la desviación estándar x

- **Distribución Log Normal 2 parámetros.** A continuación, se presenta la función de probabilidad:

$$P(x \leq x_i) = \frac{1}{s\sqrt{(2\pi)}} \int_{-\infty}^x e^{\left(\frac{-(x-\bar{x})^2}{2s^2}\right)} dx \quad (2)$$

donde X y S son los parámetros de la distribución. Si reemplazamos la variable x en la ecuación (2) con una función $y = f(x)$ tal que $y = \log(x)$, la

función se normaliza, log - normal, $N(Y, S_y)$. El valor inicial de la variable aleatoria x debe transformarse en $y = \log x$ como:

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n \log x_i / n \quad (3)$$

Donde \bar{Y} es la media de los datos muestrales transformados.

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}} \quad (4)$$

donde S_y es la desviación estándar de los datos de muestra transformados.

Análogamente, tenemos las siguientes relaciones:

$$Cs = a/S^3y \quad (5)$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^3$$

donde Cs es el coeficiente de sesgo de los datos de muestra transformados (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012).

- **Prueba de bondad de ajuste.** Se realiza una prueba de ajuste para encontrar la distribución de probabilidad teórica que mejor se ajuste a los datos obtenidos. Las pruebas de conformidad más conocidas son χ^2 y Kolmogorov-Smirnov, siendo esta última la más utilizada y recomendada. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012).
- **Prueba Kolmogorov – Smirnov.** Se realiza una prueba para comparar el valor absoluto máximo de la diferencia D con las funciones de distribución de probabilidad observadas $F_o(x_m)$ y $F(x_m)$:

$$D = \text{máx} / F_o(x_m) - F(x_m) / \quad (6)$$

Los valores críticos se seleccionan en función del contenido y la importancia de la información. Si $D < d$ entonces se acepta la hipótesis nula. Esta prueba tiene ventajas sobre la prueba χ^2 en el sentido de que

compara modelos estadísticos sin agrupar los datos. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_o(xm) = 1 - m / (n + 1) \quad (7)$$

Donde (m) es el número ordinal de datos (xm) en la relación de datos de mayor a menor y (n) es datos totales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012).

2.2.3.1.4. Periodo de Retorno. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012, p.23) refiere que es “El tiempo en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada T años” (p.23). Asimismo, El sistema de drenaje menor debe diseñarse dentro del período de retorno de 2 a 10 años y el sistema de drenaje mayor debe diseñarse dentro del período de retorno de 25 años. Por lo tanto, concluyo que el período de retorno es el tiempo en el que se repite un evento de flujo alto de igual o similar magnitud que ocurrió anteriormente.

2.2.3.1.5. Tiempo de Concentración. De acuerdo con (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012, p.38) “Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca”. La fórmula de Kirpich, es la fórmula más utilizada para determinar el tiempo de concentración:

$$T_c = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385} \quad (8)$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración en minutos

L = Longitud del canal desde agua arriba hasta la salida, m.

S = Pendiente promedio de la cuenca m/m.

2.2.3.1.6. Intensidad de Lluvia. La intensidad se define como la cantidad de precipitación que cae en un lugar particular durante un período de tiempo particular. Existe una correlación entre la intensidad y la duración de la lluvia para el mismo período de retorno, ya que la intensidad disminuye al aumentar la duración de la lluvia. (Ministerio de Agricultura, 2007). Hay dos formas para determinar la intensidad de la precipitación a partir de la precipitación máxima de 24 horas.

- El método se basa en el perfil de precipitación del USCS.
- Modelo general de Frederich Belle (1969), el último punto, incluye el cálculo de la precipitación máxima por ciclo de retorno en años, duración máxima de la tormenta (mm) y la cantidad máxima de precipitación en 1h.

$$P_D^T = (0.21 \ln T + 0.52)(0.54D^{0.25} - 0.5) \quad (9)$$

Donde:

D = Duración, en minutos

T = Periodo de retorno, en años.

P_D^T = Precipitación caída en D min con periodo de retorno de T años.

P_{60}^{10} = Precipitación caída en 60 min.

Teniendo como resultado la intensidad requerida dada por:

$$L(T, t) = \frac{P(t, T)}{t} \quad (10)$$

Donde:

I (t, T) = Es la intensidad para una duración t y periodo de retorno T requeridos

P (t, T) = Es la precipitación para las mismas condiciones.

T = Tiempo

2.2.3.2. Estudio Hidráulico. Con base en (Cerener, 2018, párrafo octavo) el “Estudio Hidráulico consiste en determinar el comportamiento hidráulico de los cauces a su paso por la zona objeto de estudio, de modo que se compruebe la idoneidad de la sección del cauce en caso de avenida.” Asimismo, el propósito del diseño hidráulico para drenaje transversal de una estructura es determinar la sección hidráulica óptima para drenar el agua a través de los causes sin dañar la estructura o las propiedades adyacentes.

2.2.3.2.1. Caudales de Escorrimento. El drenaje pluvial urbano como lo indica la norma OS. 0.60 (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2016). Indica que los caudales de escurrimiento se calculan utilizando los siguientes métodos:

- Método racional, aplicable a áreas de drenaje que no excedan 13 km².
- Uso de técnicas hidrógrafas para áreas mayores a 0.5 km² y mayores a 13 km².

a) Método racional. Para áreas urbanas formadas por subáreas o subcuencas con diferentes características de drenaje. Las subcuencas están definidas por las entradas o sumideros y/o ductos de canalización del sistema de drenaje. Por otro lado, una subcuenca está definida por una entrada al sistema de drenaje o sumidero y/o alcantarillado. Por otra parte, una cuenca definida por la eventual descarga de agua en un reservorio natural o artificial (manantial, lago, laguna, embalse, etc.) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012, p.49).
Mediante el método racional, el caudal pico se expresa de la siguiente manera:

$$Q = 0.278 \cdot \sum_{j=1}^m C_j - A_j \quad (11)$$

Donde:

Q = Caudal pico m³/s

I = Intensidad de la lluvia de diseño en mm/hora

A_j = Área de drenaje de la j -ésima de las sub-cuencas en km^2

C_j = Es el coeficiente de escorrentía para la j -ésima sub - cuencas, y m es el número de sub-cuencas drenadas por un alcantarillado.

b) Corriente de escorrentía. La selección del valor del coeficiente de escorrentía debe basarse en tener en cuenta los efectos de: Características de la superficie, tipo de área urbana, intensidad de la lluvia (teniendo en cuenta el tiempo de retorno), pendiente del terreno, condición futura en el horizonte del ciclo del proyecto. (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2016, p.9).

El proyectista puede tener en cuenta otras influencias que estime convenientes: Proximidad al nivel freático, porosidad del subsuelo, almacenamiento por depresiones del suelo, etc. (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2016, p.9).

c) Área de drenaje. Se deberá establecer el tamaño y forma de la cuenca o subcuenta bajo consideración debe determinarse utilizando mapas topográficos actualizado. La distancia entre las curvas de nivel debe ser lo suficientemente larga para distinguir la dirección del flujo superficial. Se debe medir el área de drenaje que contribuye al sistema que se está diseñando y las subáreas de drenaje auxiliar que contribuyen a cada punto de entrada de conductos y canales del sistema de drenaje (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2016, p.17).

El esquema de la línea divisora de drenaje deberá seguir los bordes de la cuenca, y en ningún caso al límite comercial del terreno utilizado para diseñar el alcantarillado. Al proyectar la línea divisora de del drenaje, se debe tener en cuenta la influencia de la pendiente de la calzada, la ubicación de los conductos

subterráneos y los parques pavimentados y no pavimentados, la calidad de los pastizales, el césped y otras características provocadas por el proceso de urbanización.

2.2.3.2.2. Captación y Transporte de Aguas Pluviales para Vías.

Para el drenaje de las aguas pluviales del pavimento, se hará a través de cunetas, canalizando la esorrentía hasta las zonas inferiores hasta llegar a las cunetas que captarán las lluvias y las canalizarán al alcantarillado pluvial del lugar (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2016).

a) Diseño de cunetas. De acuerdo con (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2016, p.9). Nos muestra los siguientes tipos de cunetas:

- Cuneta sección transversal redonda.
- Cuneta sección triangular.
- Cuneta sección trapezoidal.
- Cuneta sección compuesta.
- Cuneta sección en V.

b) Capacidad de la cuneta. Como lo hace notar (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2016, p.9). “La capacidad de la cuneta depende de la sección transversal, pendiente y rugosidad del material sobre el que se construirá. La capacidad de la zanja se determina con la ecuación de Manning”.

$$Q = \frac{1}{N} AR^{\frac{2}{3}} S^{1/2} \quad (12)$$

Donde:

Q: Caudal (m³/2)

N: Coeficiente de rugosidad

A: Área hidráulica (m²)

R: Radio hidráulico

S: Pendiente del suelo

c) Coeficiente de rugosidad. (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2016, p.24). El factor de rugosidad utilizado en la fórmula de Manning depende del material de acabado de la cuneta. La siguiente tabla nos denota los distintos coeficientes de rugosidad a tener en cuenta:

Tabla 1:*Valores del coeficiente de rugosidad*

Cuneta para calles	Coeficiente de rugosidad N
A. Cuneta de concreto con acabado paleteado	0.012
B. Pavimento asfáltico	
B.1 Textura lisa	0.013
B.2 Textura rugosa	0.016
C. Cuneta de concreto con pavimento asfáltico	
C.1 Liso	0.013
C.2 Rugoso	0.015
D. Pavimento de concreto	
D.1 Acabado	0.014
D.2 Acabado escobillado	0.016
E. Ladrillo	0.016
F. Para cuneta con pendiente pequeña	0.002

Nota. Esta tabla ha sido adaptada de la “Tabla 1: n de Manning para cunetas de calles y calzadas” (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2016, p.24). Derechos reservados.

d) Área hidráulica. Para determinar el área hidráulica, se usa la siguiente

fórmula:

$$\text{ÁREA} = \frac{Zy^2}{2} \quad (13)$$

e) Perímetro mojado. Para determinar el perímetro mojado, se usa la

siguiente fórmula:

$$\text{Perímetro} = \sqrt{(zy)^2 + y^2} \quad (14)$$

f) Radio hidráulico. Para determinar el radio hidráulico, se usa la siguiente

fórmula:

$$R = \frac{A}{P} \quad (15)$$

2.2.3.3. Estudio de Tráfico Vehicular. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.279) describe que “El estudio de tráfico es vital e importante para definir los parámetros de diseño de ingeniería (clasificación de la vía, diseño de la calzada y bermas, cálculo EAL, diseño de pavimento, etc.)”. Y el IMD (índice medio diario). En cuanto al diseño, luego de realizar el estudio de tráfico en campo, se optarán los criterios de diseño respectivo para el pavimento, mediante la metodología adecuada.

Para cuyo cálculo puede utilizarse la siguiente formula:

$$W_{18} = F_d \times F_c \times w_{18} \quad (16)$$

Donde:

W_{18} = Tráfico en el carril de diseño

w_{18} = Tráfico de diseño

F_d = Factor de distribución direccional

F_c = Factor de distribución carril

2.2.3.3.1. Factores para Determinar el Tránsito en el Carril de Diseño

- **Factor direccional (F_d).** Se define como la relación entre el número de vehículos pesados que se desplazan en un solo sentido, en efecto por lo general equivale a la mitad del tráfico total en una calzada; (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014) nos denota que “En algunos casos puede ser mayor en una dirección que en otra, el que se definirá según el conteo de tráfico”. (p.74).
- **Factor carril (F_c).** Se define como la relación que pertenece a carril que recibe mayores esfuerzos y EE. (Ministerio de Transportes y

Comunicaciones, 2014) describe que “El tránsito por dirección mayormente se canaliza por ese carril” (p. 74).

Tabla 2.

Valores para determinar el tránsito para el carril de diseño

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fe)	Factor Ponderado Fd x Fe 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	0.5	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.5	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.5	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.5	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.5	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.5	0.50	0.25

Nota. Esta tabla ha sido adaptada del “Cuadro 6.1 Factores de Distribución y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.75). Derechos reservados.

2.2.3.3.2. Cálculo de tasas de crecimiento proyectado. Se determina

en relación con la dinámica del crecimiento socioeconómico. Las tasas de crecimiento de pasajeros generalmente están relacionadas con las tasas de crecimiento anual de la población. Tasa de crecimiento del transporte de mercancías pesadas por tasa de crecimiento anual de la economía expresada como Producto Interno Bruto (PIB). La variación en la tasa de crecimiento de los

vehículos oscila entre el 2 % y el 6 % (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pg. 76).

Para cuyo cálculo puede utilizarse la siguiente fórmula:

$$T_n = T_o(1 + r)^{n-1} \quad (17)$$

Donde:

T_n = Tránsito proyectado al año "n" (veh/día)

T_o = Tránsito actual (veh/día)

n = Número de años del período de diseño

r = Tasa anual de crecimiento del tránsito

2.2.3.3.3. Factor de Crecimiento (Fc). La fórmula para determinar el factor para todo el diseño, en cuyo cálculo puede utilizarse la siguiente fórmula:

$$FC = \frac{(1 + r)^n - 1}{r} \quad (18)$$

Donde:

r = Tasa anual de crecimiento

n = Período de diseño

Tabla 3:

Valores de crecimiento acumulado (Fca) para determinar el cálculo de número de repeticiones de los ejes equivalentes

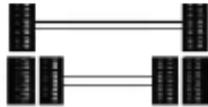
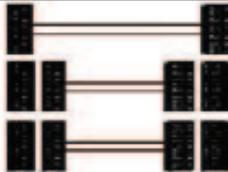
Periodo de Análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa anual decrecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	3.19	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	5.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	15.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.00	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.00	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.48	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	26.87	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28

Nota. Esta tabla ha sido adaptada del “Cuadro 6.2 factores de Crecimiento Acumulado (Fca) Para el Cálculo de Número de Repeticiones de EE” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.77). Derechos reservados.

2.2.3.3.4. Ejes Equivalentes (EE). “Son factores de equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.78).

Figura 1:

Tipos de ejes usados por los vehículos y camiones

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	Nº de Neumáticos	Gráfico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con Rueda Doble)	1RD	04	
EJE TANDEM (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
EJE TANDEM (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
EJE TRIDEM (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
EJE TRIDEM (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

Nota. Se sabe que RS: Rueda Simple y RD: Rueda Doble. Esta tabla ha sido adaptada de la "Figura 6.1 configuración de ejes" (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.78). Derechos reservados.

2.2.3.3.5. Factor Camión (F_{vp}). Según (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.80) "Se define como el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo la sumatoria de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado".

$$F_{vp} = \frac{N^{\circ} EE}{N^{\circ} de\ veh\acute{u}culo} \quad (19)$$

2.2.3.3.6. Factor de Presión de Neumáticos. Los factores para la presión de neumático considerados en el diseño del pavimento, deben ser los adecuados ya que la carga causará un deterioro constante y acelerado de la estructura.

Tabla 4:

Presiones y espesores de ajuste para cada presión de neumático

Espesor de Capa de Rodadura (mm)	Presión de contacto del Neumático (PCN) en psc PCN = 0.90x(Presión de inflado del neumático) (pai)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.36	1.80	2.31	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Nota. Esta tabla ha sido adaptada del “Cuadro 6.3 Factor de ajuste por presión de neumático (Fp) para ejes” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.85). Derechos reservados.

2.2.3.3.7. Estimación del ESAL de Diseño. Para determinar el número de ejes simples equivalentes, se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$ESAL = \sum [EE_{día - carril} \times FC \times 365] \quad (20)$$

$$EE_{día - carril} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times TF \times F_p \quad (21)$$

Donde:

FC: Factor de crecimiento por tipo de vehículo pesado

IMDpi: Índice medio diario según tipo de vehículo pesado seleccionado:

Fd: Factor de distribución direccional.

Fc: Factor de distribución carril.

TF: Factor camión.

Fp: Factor de Presión de neumáticos.

2.2.3.4. Estudios de Mecánica de Suelos

2.2.3.4.1. Generalidades. En obras viales se realiza con el propósito de determinar los parámetros físicos y mecánicos del suelo, estudiar la factibilidad técnica de perfiles horizontales y verticales, clasificar materiales para realizar trabajos de corte, conocer la ubicación del nivel freático, determinar la ubicación, características de los materiales de cantera (Villanueva, 2021, párrafo tercero).

2.2.3.4.2. Ensayos de Laboratorio. Los EMS para fines de pavimentación, se muestran a continuación.

Tabla 5:

Norma Técnica Peruana (NTP) que prescribe los ensayos con fines de pavimentación

Norma	Denominación
NTP 339.127:1998	SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.
NTP 339.128:1998	SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
NTP 339.129:1998	SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
NTP 339.132:1998	Método de ensayo para determinar el material que pasa el tamiz N° 200.
NTP 339.134:1998	Método para la clasificación de suelos con propósitos de Ingeniería S.U.C.S.
NTP 339.135:1998	Clasificación de suelos para uso en vías de transporte
NTP 339.145:1999	Determinación del CBR (California Bearing Ratio Valor soporte de California) medido en muestras compactadas en laboratorio.
ASTM D2049	Ensayo de Densidad Relativa

Nota: Esta tabla ha sido adaptada del apartado “3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO, TABLA 3” (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2010, p.81). Todos los derechos reservados.

Es importante mencionar que existen ensayos complementarios en campo a diferencia de las mencionadas líneas de arriba.

- **Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (NTP 339.127:1998).** “El contenido de humedad del suelo, es la relación expresada en porcentaje, entre el peso del agua en un volumen dado de suelo y el peso de las partículas sólidas” (Bowles, 1998).

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_t} \times 100 = \frac{w_w}{w_s} \times 100 \quad (22)$$

W= Contenido de humedad

W_w = Peso del agua

W_s = Peso del material seco

W_1 = Peso de tara más el suelo húmedo(g)

W_2 = Peso de tara más el suelo secado en horno(g)

W_t = Peso de tara más el suelo húmedo(g)

- **Método de ensayo para el análisis granulométrico (NTP 339.128:1998).**

El presente ensayo “Consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de los suelos. La clasificación de las partículas mayores que 75 μm (retenido en el tamiz N° 200) se efectúa por tamizado, en tanto que la determinación de las partículas menores que 75 μm se realiza mediante un proceso de sedimentación basada en la ley de Stokes utilizando un densímetro adecuado” (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 1999, p.2).

- **Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos (NTP 339.129:1998).** Conocido también como los límites de ATTERBERG o límites de plasticidad debido al científico que lo patentó (Albert Mauritz Atterberg) mediante este ensayo podremos obtener el límite líquido, plástico y el índice de plasticidad del suelo sobre el que se trabaja, los cuales se definen de la siguiente manera.

Límite líquido (LL). Se define como el contenido máximo de agua que la muestra de suelo puede soportar y aun así conservar su plasticidad. “Se determina usando un dispositivo mecánico llamado copa Casagrande en el que se cierra una ranura de 12.7mm mediante 25 golpes” (Shuan &

Basurto, 2019). (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 1999) nos denota que “Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico” (p.3).

$$LL = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado en horno}} \times 100 \quad (23)$$

Limite plástico (LP). Se define como el contenido mínimo de agua que la muestra de suelo puede soportar. (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 1999) nos denota que “Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados plástico y semisólido. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad más bajo” (p.3).

$$LP = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado en horno}} \times 100 \quad (24)$$

Índice de plasticidad (IP). Se define como el rango de humedad en el que el suelo puede ser plástico, es decir, la diferencia entre LL y LP. (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 1999) nos denota que “Es el rango de contenido de humedad sobre el cual un suelo se comporta plásticamente. Numéricamente es la diferencia entre el límite líquido y el límite” (p.4).

$$IP = LL - LP \quad (25)$$

- **Método de ensayo para determinar el material que pasa el tamiz N° 200 (NTP 339.132:1998).** El presente ensayo tiene como objetivo determinar la cantidad de muestra que pasa por el tamiz N° 200, ya que consiste en separar partículas menores al N° 200, seguido de enjuagar con agua por el tamiz (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 1999, p.2).

- **Método para la clasificación de suelos con propósitos de Ingeniería S.U.C.S (NTP 339.134:1998).** El presente ensayo “Describe un sistema para la clasificación de suelos minerales y organico minerales con propósitos de ingeniería, basado en la determinación en el laboratorio de las características granulometricas, limite liquido e indice plastico” (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 1999, pg. 1).

Los símbolos identificados e indicados en el reglamento como se basan en pruebas realizadas, cabe señalar que esta clasificación es limitada, por lo que puede considerarse a nivel descriptivo, donde se requiere información cualitativa y cuantitativa, se deben utilizar procedimientos adicionales. entre sí para obtener datos que puedan determinar las características que el especialista desea a tener para llevar a cabo un proyecto.

- **Clasificación de suelos para uso en vías de transporte (NTP 339.135:1998).** El sistema de clasificación de suelos AASHTO se propuso en 1945, mediante el cual los suelos se clasificaron en 8 grupos principales de A-1 a A-8, sin embargo, la distribución del tamaño granulométrico fue requerido como línea de base, el límite líquido e índice de plasticidad, del mismo modo, este tipo de método se utiliza principalmente para clasificar las capas del pavimento (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 1999, p.1).
- **Determinación del CBR (California Bearing Ratio Valor soporte de California) (NTP 339.145:1999).** (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 1999) nos denota que “Este método se encarga

de obtener el CBR de un material con el óptimo contenido de agua a partir de una prueba de compactación” (p.2). Este método es ampliamente utilizado porque evalúa la resistencia potencial de diferentes capas de pavimento.

- **Ensayo de Densidad Relativa (ASTM D2049).** Los objetivos principales del ensayo son determinar la densidad máxima y mínima de la muestra de un suelo sin cohesión y drenaje. Cabe señalar que este es uno de los factores importantes para evaluar la compactación de una masa de suelo, ya sea natural o relleno. Obtenemos **las densidades** mínima y máxima para poder calcular la densidad relativa, que es una propiedad índice de los suelos que contienen casi exclusivamente partículas mayores **de 0,074 mm** (malla N° 200), (Alejandra, 2019, p. 17).

2.2.3.5. Topografía. El estudio topográfico es uno de los estudios más necesarios en el desarrollo de diversos proyectos de infraestructura, así como para la infraestructura vial, por lo tanto, antes de realizar estudios de mecánica de suelos y diseño de pavimentos, se realiza un levantamiento topográfico en el que tenemos que trabajar en campo para obtener datos que, una vez procesados, nos permitirán conocer la forma del terreno natural, así como obtener perfiles longitudinales y transversales (Gámez, 2015, p.12).

a) Equipos e instrumentos de desarrollo. Para desarrollar nuestro levantamiento topográfico necesitaremos lo siguiente:

- Topómetro.
- Estación total y accesorios.
- Trípode.
- Libreta de campo.

- Cinta métrica.
- Localizador GPS.
- Cámara fotográfica.

2.2.4. Metodología AASHTO 93

2.2.5.1. Generalidades. (Amaya, 2019) nos denota que “La metodología AASHTO 93 (American Asociación of State and Transportation Officials) desarrollada en Ottawa, supone una estructura multicapa, en donde las estructuras son obtenidas evaluando los números estructurales (SN) requeridos, de acuerdo a distintos parámetros en los que está basada esta metodología; el número estructural es un valor que expresa la resistencia que necesita un pavimento construido sobre una subrasante con Módulo conocido, para soportar el tránsito actual y proyectado, bajo unas condiciones específicas” (p.14).

Desarrollar la estructura de un pavimento, requiere de una metodología experimentada, tal es el caso de AASHTO 93 (American Asociación of State and Transportation Officials) desarrollada en Ottawa; consta de una estructura multicapa y da como resultado números estructurales (SN) el número estructural es un valor que representa la resistencia requerida para el pavimento construido sobre el terreno natural o un suelo mejorado de acuerdo a los parámetros de diseño requeridos.

2.2.5.2. Procedimiento de Diseño para Pavimentos Flexibles

2.2.5.2.1. Periodo de Diseño. El período de diseño para un nuevo pavimento generalmente va acuerdo con la clasificación perteneciente a la vía; para vías de poco tránsito con un plazo de 10 a 20 años considerando 2 etapas en un plazo de 10 años y una con un plazo de 20 años, cabe señalar que estos plazos pueden ser ajustados de acuerdo a las características presentes en la

zona, para ello el ingeniero a cargo del diseño deberá evaluarlo, o también podrá ser modificado a solicitud de la entidad responsable (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.152).

2.2.5.2.2. Ecuación y Variables de Diseño.

La ecuación para determinar el diseño de un pavimento flexible es la siguiente, según la (American Association of State and Transportation Officials [AASHTO], 1993)

$$\log_{10}(w_{18}) = z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad (26)$$

Donde:

W18 = Número previsto de aplicaciones de carga por eje simple equivalente.

ΔPSI = Diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial de diseño (Pi) y el índice de serviciabilidad terminal de diseño (Pt).

SN = # estructural indicativo del espesor total del pavimento a requerir.

So = Desviación estándar combinado de la predicción del tráfico y de la predicción del comportamiento de la estructura.

ZR = Desviación estándar normal.

MR = Módulo resiliente (psi).

Para ello definiremos los conceptos de cada variable relacionada con la ecuación.

- **W18 para el periodo de diseño.** De acuerdo con (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.153) “Es el Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN) para el periodo de diseño, corresponde al Número de Repeticiones de EE de 8.2t”.
- **Diferencia entre los índices de serviciabilidad (ΔPSI).** Con base en (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014) “Es la diferencia entre

la Serviciabilidad Inicial y Terminal asumida para el proyecto en desarrollo” (p.160).

Con relación al índice de serviciabilidad inicial (P_i) podemos decir que es el estado de la carretera de reciente construcción; el índice de serviciabilidad final (P_t) se puede decir que el estado de la carretera ha llegado a una etapa en la que son necesarias la restauración y la reconstrucción.

- **Número estructural (SN).** El número estructural representa el espesor total de todo el pavimento, pero para ello se debe convertir a un espesor efectivo para cada capa que conforma el conjunto estructural utilizando los coeficientes de estructurales, se expresa mediante la siguiente ecuación (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.161).

$$SN = a_1 x d_1 + a_2 x d_2 x m_2 + a_3 x d_3 x m_3 \quad (27)$$

Donde:

A1, a2, a3 = Representa al coeficiente estructural de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.

D1, d2, d3 = Representa los espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.

M2, m3 = Coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente.

- **Desviación estándar (So).** Como señala (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014) “Es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento; como, por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo”. (p.157,158). En cuanto a los lineamientos de AASHTO, esta recomienda adoptar para los pavimentos

flexibles, valores de S_o comprendidos entre 0.40 y 0.50, en el Manual citado se adopta para los diseños recomendados el valor de 0.45.

- **Coefficiente estadístico de desviación estándar normal (ZR).** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014) sostiene que “El coeficiente estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_r) representa el valor de la Confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal”. (p.155).
- **Coefficiente de drenaje (CD).** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.163) refiere que “Este coeficiente tiene por finalidad tomar en cuenta la influencia del drenaje en la estructura del pavimento”. El valor del coeficiente de drenaje está dado por dos variables:
 - a) Calidad del drenaje.
 - b) La exposición a la saturación, que es el porcentaje de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad casi saturados.

Tabla 6:

Calidad y tiempos de drenaje del pavimento

CALIDAD DE DRENAJE	TIEMPO EN QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no evacua

Nota: Esta tabla ha sido adaptada del “Cuadro 12.14 Calidad del drenaje” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.163). Derechos reservados.

- **Confiabilidad (R%).** (American Association of State and Transportation Officials [AASHTO], 1993, p.II-9) alude que es “Un medio para introducir cierto grado de certeza en el procedimiento de diseño, a fin de asegurar que las diferentes alternativas de diseño durarán todo el período de análisis”.

Tabla 7:

Niveles de confiabilidad en base a los tipos de clasificación funcional según AASHTO 93

Clasificación Funcional	Nivel de Confiabilidad Recomendado		
	Urbano	Rural o vecinal	
Interestatales y otras vías libres	85-99	80-99.9	Nota: Esta tabla ha sido adaptada del apartado “Suggested Levels of
Arterias Principales	80-99	75-95	
Colectoras	80-95	75-95	
Locales	50-80	50-80	

reliability for Various Functional Classifications” Como lo hace notar (American Association of State and Transportation Officials [AASHTO], 1993, p.II-9). Todos los derechos reservados.

- **Módulo de resiliencia (MR).** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.153) refiere que “El Módulo de Resiliencia (MR) es una medida de la rigidez del suelo de subrasante, el cual para su cálculo se empleará la ecuación, que correlaciona con el CBR, recomendada por el MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide)”. Laboratorio de Investigación de transporte y Carreteras (TRRL) (Lister 1987) presenta la siguiente formula.

$$Mr(\text{psi}) = 2555 \times CBR^{0.64} \quad (28)$$

2.3. Marco Conceptual

- **Asfalto.** Este material puede ser obtenido de forma natural u artificial mediante la destilación del petróleo.
- **Base.** Es una capa de material seleccionado y tratado, ubicada en la parte superior de la subbase y por debajo de la carpeta de rodadura.
- **Bituminosos.** Sustancias de color negro, dúctiles y viscosas que se ablandan por el calor.
- **Calzada.** Es La parte de la vía entre las dos aceras.
- **CBR.** Ensayo, mediante el cual podremos estimar que capacidad de compactación se encuentra el suelo.
- **E.A.L.** Se define como el número de aplicaciones de carga de un eje simple generadas por una sola pasada de cualquier vehículo.
- **Ejes equivalentes.** Se define como la cantidad que se pronostica de ejes que transitan por una zona determinada.
- **Superficie de rodadura.** Destinada específicamente a la circulación de vehículos, compuesta por uno varios carriles, sin incluir la berma.
- **Pavimento.** Es el conjunto de capas de material seleccionado que recibe directamente las cargas de los usuarios, siendo estas transmitidas al suelo.
- **Rasante.** Se define como el acabado final de la carpeta de rodadura.
- **Serviciabilidad.** Es la capacidad del pavimento para adaptarse en condiciones extremas (estáticas o dinámicas) para las que está diseñado.
- **Subrasante.** Esta es la última capa del nivel de movimiento de tierras donde se colocará la estructura del pavimento.

2.4. Sistema de Hipótesis

Por ser una investigación de nivel descriptivo, no es necesario un sistema de hipótesis para esta investigación.

- Operacionalización de variables

Tabla 8:

Tabla de operacionalización de la variable en la presente investigación

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Diseño geométrico y estructural del camino vecinal Bello Horizonte – Bajo Loboyoc	El diseño geométrico es modelado a partir de elementos que conforma una carretera en función a diferentes parámetros; asimismo, la estructura del pavimento es un sistema utilizado para desplazar confortablemente a los usuarios a distintos lugares, y está desarrollado según criterios de diseño (León, 2020)	Se efectuará la determinación de las características geométricas y estructurales del pavimento, se realizará de acuerdo con las normas técnicas peruanas en materia de topografía, estudios de mecánica de suelos, estudios de tráfico vehicular, método Aashto 93 y estudios hidrológicos.	Estudio topográfico	Levantamiento topográfico	Guía de observación 01
			Estudio de mecánica de suelos (EMS)	Contenido de humedad	Guía de revisión documentaría 01
				Análisis granulométrico	Guía de revisión documentaría 02
				Límites de Atterberg	Guía de revisión documentaría 03
				CBR	Guía de revisión documentaría 04
			Estudio de tráfico vehicular	Densidad relativa	Guía de revisión documentaría 05
				IMDA	Guía de observación 01
			Diseño geométrico vertical, horizontal y transversal de carretera	Curvas horizontales	Guía de revisión documentaría 01
				Curvas verticales	Guía de revisión documentaría 02
				Secciones transversales	Guía de revisión documentaría 03
				Pavimento	Guía de revisión documentaría 01
			Método Aashto 93	Diseño	Guía de revisión documentaría 02
				Suelo	Guía de revisión documentaría 03
				Área de la cuenca	Guía de revisión documentaría 01
			Estudio hidrológico	Caudal máximo (Qmax)	Guía de revisión documentaría 02
Precipitación	Guía de observación 01				
Diseño de obras de drenaje	Dimensiones de las cunetas	Guía de revisión documentaría 01			
	Alcantarillas	Guía de revisión documentaría 02			
Planos de detalle	Planos a escala	Guía de revisión documentaría 01			

Nota: La presente tabla es de fuente propia

III. METODOLOGÍA EMPLEADA,

3.1. Tipo y Nivel de Investigación

3.1.1. De acuerdo a la orientación o finalidad

Para realizar el estudio se empleó la metodología aplicada.

3.1.2. De acuerdo a la técnica de contrastación

Investigación aplicando el método descriptivo.

3.2. Población y Muestra de Estudio

3.2.1. Población

La población de la presente investigación se encuentra en el camino vecinal no pavimentado Bello Horizonte – Bajo Loboyoc del distrito Las Piedras, Tambopata, Madre de Dios.

3.2.2. Muestra

La muestra de la presente investigación se encuentra en el camino vecinal no pavimentado Bello Horizonte – Bajo Loboyoc del distrito Las Piedras, Tambopata, Madre de Dios.

3.3. Diseño de la Investigación

El diseño es de tipo de campo, no experimental, ya que se recopilará datos directamente del área de estudio para poder analizar y desarrollar un diseño de pavimento flexible sin alterar su contexto natural.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación

Tabla 9:

Cuadro de técnicas e instrumentos de recolección de datos de la presente investigación

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Observación	Guías de observación
Revisión documentaria	Guías de revisión documentaria

Nota: La presente tabla es de fuente propia.

3.5. Procesamiento y Análisis de Datos:

- Se realizará un estudio topográfico de la zona con el objetivo de conocer los distintos perfiles, haciendo uso de los distintos instrumentos topográficos y el cuaderno de campo.
- Se realizará el estudio de tráfico, obteniendo un Índice Medio Diario Anual (IMDA), el conteo de vehículos se desarrollará habiendo ubicado sitios estratégicos para la visibilidad y empleando el uso de fichas para facilitar el registro.
- Se realizará estudios de mecánica de suelos con fines de pavimentación para determinar las propiedades del suelo, realizando los ensayos en el laboratorio de suelos para constatar la validación de los datos a emplear en base a las normas técnicas peruanas.
- Se realizará el diseño hidrológico e hidráulico para la carretera, con base en el manual de “Hidrología, hidráulica y drenaje” y se emplearán los softwares necesarios para presentar un modelamiento real.
- Se empleará la estadística descriptiva para el procesamiento de datos.

IV. PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos aplicando las herramientas propuestas en el proyecto de investigación.

4.1.1. Estudio de levantamiento topográfico

Ubicación política del proyecto

Sector	:	Bello Horizonte – Bajo Loboyoc.
Distrito	:	Las Piedras
Provincia	:	Tambopata
Región	:	Madre de Dios

Figura 2:

Región de Madre de Dios



Fuente: (Propia, 2022)

Ubicación de la región de Madre de Dios

Tabla 10:

Ubicación de Madre de Dios

Coordenadas UTM WGS -	Norte	Este
84	8697776.84	302262.18

Nota: La presente tabla es de fuente propia.

Coordenadas del tramo en estudio

Tabla 11:

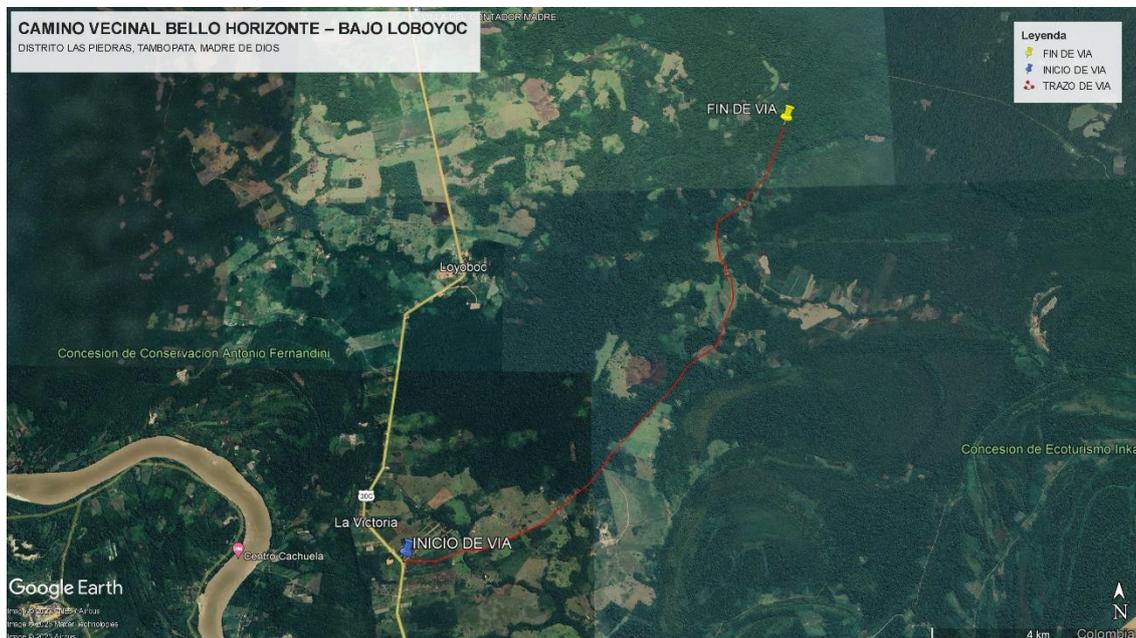
Ubicación del camino vecinal Bello horizonte - Bajo Loboyoc

Coordenadas UTM WGS -	X	Y	Z
84			
Inicio	485045	8617610	220
Final	492267	8625419	253

Nota: La presente tabla es de fuente propia.

Figura 3:

Recorrido satelital del proyecto



Fuente: Google Earth 2022

Instrumentos empleados en el estudio topográfico:

En cuanto a la realización del levantamiento topográfico, se utilizó los siguientes instrumentos:

- Una estación total.
- 02 prismas.
- Una wincha de 50 metros.
- Una wincha de Mano de 3 metros.
- Yeso y pintura de color

4.1.2. Estudio de mecánica de suelos. El estudio de la mecánica de suelos ayuda a conocer las propiedades físico-mecánicas de los materiales básicos que conforman el terreno, realizados en el siguiente proyecto.

4.1.2.1. Descripción de los trabajos en campo. Los trabajos de exploración se efectuaron el 10 de diciembre 2022, primero se hizo un recorrido de la vía para observar el terreno, luego se procedió a la excavación manual de calicatas de 1.00 x 1.00 m a cielo abierto teniendo en consideración una profundidad de 1.50 m por debajo de la cota rasante, de acuerdo al (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2010).

4.1.2.2. Ubicación de calicatas. En cuanto a la ubicación de los pozos de exploración o calicatas se ubicaron y se georreferenciaron de acuerdo a las coordenadas UTM (norte, este) proporcionadas por el estudio de mecánica de suelos (E.M.S) en la tabla 12.

4.1.2.3. Ensayos de laboratorio

- **Ensayo para determinar el contenido de humedad**

La (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales- INDECOPI, 1998) da una guía de orientación de este ensayo, por tanto, se describe su procedimiento:

- Seleccionamos el material a ensayar por cuarteo
- Realizamos el pesaje del recipiente metálico limpio y seco.
- Pesamos el recipiente con la muestra húmeda.
- Colocamos el recipiente – muestra húmeda en un horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante un periodo de 16 horas.
- Retirar la muestra secada del horno y dejar enfriar al ambiente hasta que este pueda ser manipulado.
- Pesar recipiente- muestra sacada del horno.

Determinamos el contenido humedad utilizando la siguiente ecuación:

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \quad (29)$$

Donde:

W = Contenido de humedad del suelo (%)

M_{cws} = Peso del recipiente más el suelo húmedo (g)

M_{cs} = Peso del recipiente más el suelo secado en horno (g)

M_c = Peso del recipiente (g)

M_w = Peso del agua (g)

M_s = Peso de las partículas sólida (g)

▪ **Ensayo de análisis granulométrico por tamizado**

Para el desarrollo de este ensayo se debe preparar la muestra obtenida de campo de acuerdo a la guía de la NTP 339.090.1998. a continuación, se describe su procedimiento.

- Seleccionamos la muestra por cuarteo y lo pesamos.
- Pesar la muestra inicial por cuarteo y secar al horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Retirar la muestra del horno y pesarla.
- Lavar la muestra seca por el tamiz N° 200, teniendo cuidado de frotar contra el tamiz; este procedimiento es con el fin de eliminar material fino.
- Poner en un recipiente lo retenido por el tamiz y llevarlo al horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Pesar la muestra seca para el procedimiento del ensayo.
- Organizamos el juego de tamices de malla cuadrada en el siguiente orden de mayor a menor: 3" (76.2 mm), 2" (50.80 mm), 1 1/2" (38.10 mm), 1" (25.40 mm), 3/4" (19.050 mm), 3/8" (9.500mm), N°4 (4.780 mm), N°10 (2.000 mm), N°20 (0.840 mm), N°40 (0.420 mm), N°80 (0.180 mm), N°100 (0.150 mm), N° 200 (0.075 mm), platillo.
- Se mueve el juego de tamices de un lado a otro de manera de forma helicoidal alrededor de unos 10 minutos, teniendo precaución de que no se pierda material al momento del zarandeo.
- Se obtiene el peso del material retenido en cada tamiz, para ello se tara la balanza a fin de obtener solo el peso

del material por cada uno; en el caso de que queden partículas retenidas en el tamiz, se puede hacer uso de un cepillo.

La suma de los pesos del material que se fraccionó en cada tamiz con el Peso de la muestra Seca (antes del zarandeo) puede tener un porcentaje de error máximo del 1%, de no ser el caso, repetir el procedimiento.

- Para el cálculo del % retenido sobre cada tamiz

hacemos uso de la siguiente ecuación:

$$\%R = \frac{W_{\text{retenido en el tamiz}}}{W_{\text{total}}} \times 100 \quad (30)$$

- Para el cálculo del % de peso retenido acumulado se realiza una suma del % R de manera secuencial siguiendo el orden. $\%RAa = \%Ra$ $\%RAb = \%Ra + \%Rb$ $\%RAc = \%Ra + \%Rb + \%Rc$
- Así sucesivamente se obtiene el % RA.
- Para el cálculo del % que pasa se obtiene:

$$\%pasa = 100 - \%RA \quad (31)$$

- Trazamos la curva granulométrica en una escala semilogarítmica y hallamos los coeficientes de uniformidad y curvatura.

$$Cu = D60 / D10$$

$$Cc = D302 / D60 \times D10$$

▪ **Ensayo de límites de Atterberg**

De acuerdo con el procedimiento especificado en la norma, el ensayo del límite líquido se realiza mediante una copa de

Casagrande esparciendo una cantidad de muestra y dividirla con un ranurador en dos partes perpendiculares y posteriormente realizar el movimiento de los golpes girando la manivela, por otro lado, para el ensayo de límite plástico se determina haciendo presión y enrollando alternadamente una porción de suelo hasta el punto en que el hilo se quiebre y ya no ceda más. Para el desarrollo del ensayo se requiere lo siguiente:

1. Copa de Casagrande. - Es un dispositivo que trabaja mecánicamente, contiene una copa de bronce que está suspendida, así mismo tiene una base de caucho la cual controla su caída.
2. Balanza. - Debe de tener una aproximación de 0.01g.
3. Contenedores. - Deben de ser resistentes a la corrosión, herméticos y soportar diferentes temperaturas. Para el almacenaje de la muestra es conveniente hacer uso de un recipiente de porcelana, vidrio o plástico.
4. Placa de vidrio esmerilado. - De forma cuadrada tomando dimensiones de 30 cm y 01 cm de espesor para el desarrollo de enrollado para el ensayo de LP
5. Tamiz. - Tamices requeridos y según cumplimientos de la NTP 339.129:1999.
6. Horno. - Que sea capaz de mantener una temperatura continua y sea controlado termostáticamente.

7. Otros elementos. - Espátulas, recipientes, ranurador. Al desarrollarse este ensayo tras luego de varias pruebas teniendo como resultado que la pasta se desliza en el menor número de golpes, se registró que el límite líquido no pudo determinarse, por tanto, el suelo es no plástico. De acuerdo con la normativa nos indica que si en el caso el límite líquido no puede determinarse ya no se requiere realizar el ensayo de límite plástico dando como resultado un suelo no plástico, confirmando lo antes mencionado.

▪ **Método de clasificación de suelos mediante SUCS**

Las fichas de evaluación se dividen en tres partes: suelos gruesos, de grano fino y altamente orgánicos, que a su vez se dividen en un total de 15 grupos. Con base en los resultados de experimentos anteriores, podemos recopilar esta información para obtener una clasificación del tipo de suelo para el área de estudio.

▪ **Método de clasificación de suelos para uso en vías de transporte**

Esta clasificación AASHTO, al igual que la SUCS, debe incluir información sobre pruebas anteriores. Luego del proceso verificamos y obtuvimos la clasificación utilizando las tablas AASHTO descritas en la NTP 339.135. 1999. Como mencionamos anteriormente en nuestro marco teórico, esta clasificación se divide en 8 grupos y dentro de ellos

subgrupos para determinar a qué grupo pertenece el tipo de suelo.

- **Ensayo de densidad relativa (ASTM D2049)**

Para realizar un experimento para determinar la densidad mínima del suelo, el molde se llena con tierra seca, luego se determina el peso del molde y se resta la masa del molde del suelo menos el peso del molde para calcular la masa. molde, Por otro lado, para determinar la densidad máxima del suelo, se llena un molde cilíndrico en tres partes y luego se agita con una mesa vibratoria hasta que el molde esté lleno de tierra.

- **Ensayo de CBR (NTP 339.145.1999)**

El valor de esta prueba es integral para el desarrollo de pavimento flexible; Para realizar esta prueba se pesa el molde y su base, y luego se coloca el separador y filtro; Antes de iniciar el proceso se fija el collar a los moldes y se elabora la muestra firmemente en 03 moldes con 12, 26 y 56 golpes por capa. Como resultado, se retira el collar de cada muestra y la muestra se aplana y se coloca boca abajo sin espaciador, luego se coloca una placa perforada sobre los anillos reales y con sobrepeso, que deberían pesar aproximadamente 4,54 kg.

Durante este tiempo, se vuelve a unir a la base, se fija la base con una galga extensométrica y luego se pasa a una fase de inmersión durante 4 días, después de lo cual se

prueba y drena el tanque de agua. Se mantiene en el molde escurriendo durante unos 15 minutos. Finalmente se retira la sobrecarga, placa y papel de filtro para continuar con la prueba de penetración.

4.1.2.4. Informe de estudios de mecánica de suelos

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUÍFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 136 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO : 982727087 : 082-974754 RUC : 20480031961

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-19, NTP 339.127)			
Datos del proyecto			
Proyecto	: TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"		
Lugar	: PUERTO MALDONADO		
Dist/Prov.	: LAS PIEDRAS - TAMBOPATA		
Solicitante	: SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA		
Hecho por	: ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA		
Fecha	: 10/12/2022		
Datos de la Muestra			
Calicata	: P-1		
Profundidad	: 1.50 m.		
condicion	: Alterada		
Datos del Equipo Calibrado			
Equipo	: HORNO DIGITAL de 0°C a 300°C		
Certificado de Calibración N°	: LT-059-2022 del 07/02/2022		
Datos y resultados de ensayo			
CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° de Capsula		M - 01	M-02
Peso Recipiente + Suelo Natural	g	302.20	311.20
Peso Recipiente + Suelo Seco	g	274.20	282.06
Peso Recipiente	g	0.00	0.00
Peso del agua	g	28.00	29.14
Peso del Suelo Natural	g	302.20	311.20
Peso del Suelo Seco	g	274.20	282.06
Contenido de Humedad (w)	%	10.21	10.33
Contenido de Humedad: 10.27 %			
<p style="text-align: center;">HUMEDAD NATURAL</p> <p style="text-align: center;">CONTENIDO DE AGUA (%)</p> <p style="text-align: center;">10.21</p> <p style="text-align: center;">MUESTRA 01</p>		<p style="text-align: center;">HUMEDAD NATURAL</p> <p style="text-align: center;">CONTENIDO DE AGUA (%)</p> <p style="text-align: center;">10.33</p> <p style="text-align: center;">MUESTRA 02</p>	

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 108332
AREA DE GEOTECNIA

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACIÓN Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO T 982737067 F 082-574754 RUC : 20490031951

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D6913, NTP 400.012)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-1

Profundidad : 1.50 m.

condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : TAMIZ GRANULOMETRICO

Fabricado : SEGUN NORMA ASTM E-11

Datos y resultados de ensayo

Tamiz	Diam. (mm)	Peso Ret. (g)	Ret. Parcial (%)	Ret. Acum. (%)	Que pasa (%)	
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0	Fraccion Gruesa
2"	50.60	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.40	0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.05	0	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.70	0	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.53	0	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.35	0	0.0	0.0	100.0	
4	4.76	0.80	0.09	0.09	99.9	
8	2.36	1.00	0.11	0.21	99.8	
10	2.00	0.90	0.10	0.31	99.7	
16	1.18	1.50	0.17	0.48	99.5	
20	0.85	2.80	0.32	0.80	99.2	
30	0.60	6.20	0.71	1.51	98.5	
40	0.42	8.60	0.99	2.50	97.5	
50	0.30	12.30	1.41	3.91	96.1	
100	0.15	48.70	5.59	9.50	90.5	
200	0.07	100.40	11.52	21.02	79.0	
< 200		688.50	78.98	100.00		

Datos de ensayo

Peso S. Inicial: 871.7 g.

Peso S. lavado: 183.2 g.

Distribucion

Grava: 0.09 %

Arena: 20.92 %

Finos: 78.98 %

Diametros efectivos

D60: --

D30: --

D10: --

Coefficientes de uniformidad

Cu: --

Cc: --

Limites de consistencia

LL: 37.17

LP: 22.05

IP: 15.117

clasificacion de suelos

SUCS: CL

AASHTO: A-6 (16)

Σ Total: 871.7



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
C.I.P.A. 108392
ÁREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-574754 RUC : 20490031961

MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ 200 (ASTM C117)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-1

Profundid. : 1.50 m.

condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : TAMIZ GRANULOMETRICO

Fabricado : SEGÚN NORMA ASTM E-11

Datos y resultados de ensayo

DATOS			
A	Peso de la muestra seca	871.7	g
B	Peso de la muestra seca despues de lavado	183.2	g
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 60%;"> % QUE PASA LA N° 200 (0.074 mm) 79.0% </div>			

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
CIP: 108352
AREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-574754 RUC: 20480351961

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318, NTP 339.129)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-1

Profundidad : 1.50 m.

condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : CAZUELA DE CASAGRANDE

Certificado de Calibración N° : LL-510-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo

LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318

LP (%) = 22.1

Muestra	1	2
Numero de capsula	75	128
Peso de la Capsula (g)	11.51	11.4
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	20.2	21.6
Peso de la Capsula+ Suelo Seco (g)	18.62	19.77
Peso del Suelo Seco (g)	7.11	8.37
Contenido de Humedad (w)	22.2	21.9

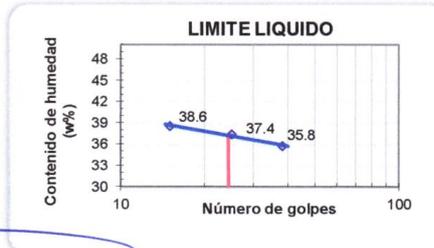
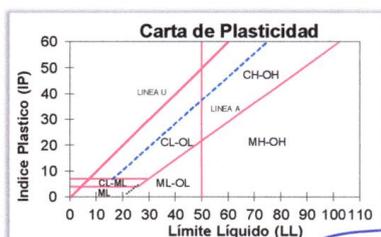
LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318

LL (%) = 37.2

IP (%)

15.1

Muestra	A	B	C
Numero de capsula	201	199	74
Peso de la Capsula (g)	37.6	37.6	37.2
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	62.2	61.2	63.6
Peso de la Capsula+ Suelo Seco (g)	55.7	54.8	56.3
Numero de golpes	38	25	15
Peso del Suelo Seco (g)	18.1	17.1	19.0
Contenido de Humedad (w)	35.8	37.4	38.6



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
CIP: 98352
ÁREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA AGUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-674754 RUC : 20490031961

PERFIL ESTRATIGRAFICO (E.050)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-1

Profundida. : 1.50 m.

condicion : Alterada

Datos y resultados

CALICATA P-1				
Prof(m).	N.F.	Clasificación	Simbología	Descripción
0.10				<u>Suelo organico pastos y raices</u>
0.20				
0.30				
0.35				
0.40				
0.45				
0.50				
0.55				
0.60				
0.65				
0.70				
0.75				
0.80				
0.90				
0.95				
1.00			CL	
1.05				
1.10				
1.15				
1.20				
1.22				
1.25				
1.26				
1.30		CL		
1.32		A-6 (16)		
1.35				
1.40				
1.45				
1.50				



Arcilla de Baja Plasticidad

%w : 10.27
LL : 37.2
LP : 22.1
IP : 15.1
Cu : -
Cc : -

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
CIP: 108352
AREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 052-574754 RUC : 20490031961

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS (NTP 399.152, NTP 339.177, NTP 339.178)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-1

Profundid. : 1.50 m.

condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : BALANZA DIGITAL DIVISION 0.01 g

Certificado de Calibración N° : LM-061-2022 del 09/02/2022

Datos y resultados de ensayo

Nº	DESCRIPCION	UND.	SUELOS	TOLERANCIA
1	Sulfatos	ppm	40.00	max 1000
2	Cloruros	ppm	85.00	max 6000
3	Sales Solubles	ppm	99.00	max 15000



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
C.P. : 108352
ÁREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y BOMBALAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-574754 RUC : 20489031961

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D1557-12, NTP 339.142)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO **Dist/Prov.** LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA **Hecho por** ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Datos de la Muestra

Calicata : P-1

Profundidad : 1.50 m.

condicion : Alterada

Fecha 10/12/2022

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : PISÓN MANUAL DE PROCTOR MOD.

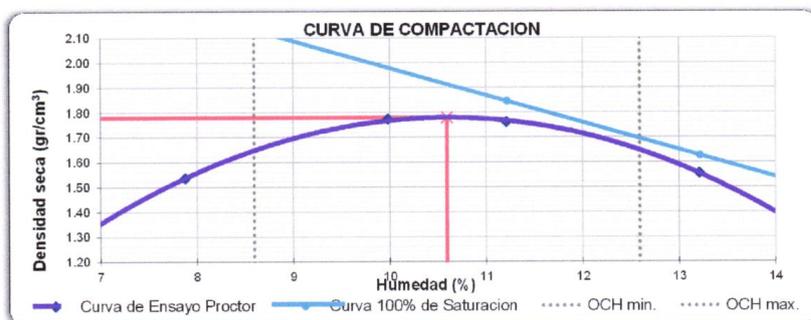
Certificado de Calibración N° : LL-514-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo

Compactacion	Codigo de molde : P1				Metodo : A molde de 4"			
Prueba N°	1	2	3	4	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25	25	25	25	25
Peso suelo + molde (g)	6001	6277	6286	6100	6001	6277	6286	6100
Peso del molde (g)	4444	4444	4444	4444	4444	4444	4444	4444
Peso del suelo humedo compactado (g)	1557	1833	1842	1656	1557	1833	1842	1656
Volumen del molde (cm ³)	940.45	940.5	940.5	940.5	940.45	940.5	940.5	940.5
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.656	1.949	1.959	1.761	1.656	1.949	1.959	1.761
Humedad								
N° de tara	164	234	235	165	164	234	235	165
Tara + Suelo Humedo (g)	212.20	200.30	211.40	230.30	212.20	200.30	211.40	230.30
Tara + Suelo Seco (g)	199.45	185.54	193.88	207.82	199.45	185.54	193.88	207.82
Peso de la tara	37.64	37.63	37.61	37.64	37.64	37.63	37.61	37.64
Peso del agua	12.75	14.76	17.52	22.48	12.75	14.76	17.52	22.48
Peso de suelo seco (g)	161.81	147.91	156.27	170.18	161.81	147.91	156.27	170.18
Humedad (%)	7.88	9.98	11.21	13.21	7.88	9.98	11.21	13.21
Densidad Seca (g/cm ³)	1.535	1.772	1.761	1.555	1.535	1.772	1.761	1.555

Maxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.779

Optimo Contenido de Humedad (%): 10.59



* De la granulometría el %Ret. Acumla. 3/4"= 0% **NO requiere correccion por sobre tamaño según ASTM D-4718**

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 108352
 AREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-574754 RUC : 20490031961

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (ASTM D1883-16, NTP 339.145)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-1

Profundidad : 1.50 m.

condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : PRENSA CBR

Certificado de Calibración N° : LFP-108-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo

C.B.R.			
N° DE MOLDE	N° DE CAPAS : 5		
	A	B	C
N° DE GOLPES	56	25	12
Volumen de Molde (cm ³)	2175	2179	2172
Peso del Molde + Suelo Humedo (g)	11655	11211	11074
Peso del Molde (g)	7358	7135	7259
Peso del Suelo Humedo (g)	4297	4076	3815
N° Tarro	-	-	-
Peso Tarro + Suelo Humedo (g)	205.2	199.5	165.2
Pesp Tarro + Suelo Seco (g)	189.3	184.2	153.3
Peso del Agua (g)	15.9	15.3	11.9
Peso de Tarro (g)	40.2	40.3	41.2
Peso del Suelo Seco (g)	149.1	143.9	112.1
Contenido de Humedad (g)	10.65	10.66	10.61
Densidad Humeda (g/cm ³)	1.975	1.871	1.756
Densidad Seca (g/cm ³)	1.785	1.691	1.588

PENETRACIÓN							
CAPACIDAD DE LA CELDA							
MOLDE		A		B		C	
PENETR. (pulg)	PENETR. (mm)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)
0.000	0.000	0	0	0	0	0	0
0.025	0.63	42	42	21	21.0	10.0	10.0
0.05	1.27	70	70	37	37.0	19.0	19.0
0.075	1.9	98	98	75	75.0	29.0	29.0
0.1	2.54	170	170	88	88.0	37.0	37.0
0.125	3.81	230	230	150	150.0	80.0	80.0
0.2	5.08	352	352	210	210.0	100.0	100.0
0.3	7.62	430	430	240	240.0	168.0	168.0
0.4	10.16						
0.500	12.700						

ABSORCIÓN			
N° MOLDE	A	B	C
Peso del Suelo Humedo + Plato + Molde (g)	11690	11250	11120
Peso del Plato + Molde (g)	7358	7135	7259
Peso del Suelo Humedo Embebido (g)	4332	4115	3861
Peso del Suelo Humedo Sin Embeber (g)	4297	4076	3815
Peso del Agua Absorbida (g)	35	39	46
Peso del Suelo Seco (g)	3883	3683	3449
Absorción de Agua (%)	0.9	1.1	1.3

EXPANSIÓN (%)					
FECHA	HORA	LECTURA DIAL	LECTURA DIAL	LECTURA DIAL	N° LECTURA
		0.000"	0.000"	0.000"	1
		0.001"	0.001"	0.005"	2
		0.002"	0.002"	0.006"	3
		0.004"	0.008"	0.010"	4
		0.008"	0.010"	0.012"	5
% EXPANSIÓN		0.16	0.20	0.24	

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. : 108392
ÁREA DE GEOTECNIA

GEON GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737087 082-574754 RUC : 20490031961

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (STM D1883-16, NTP 339.145)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"
Lugar : PUERTO MALDONADO
Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA
Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA
Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
Fecha : 10/12/2022

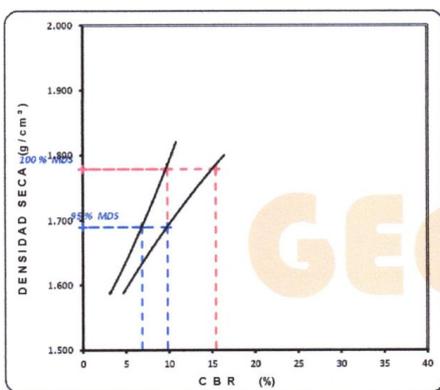
Datos de la Muestra

Calicata : P-1
Profundida. : 1.50 m.
condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : PRENSA CBR
Certificado de Calibración N° : LFP-108-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo

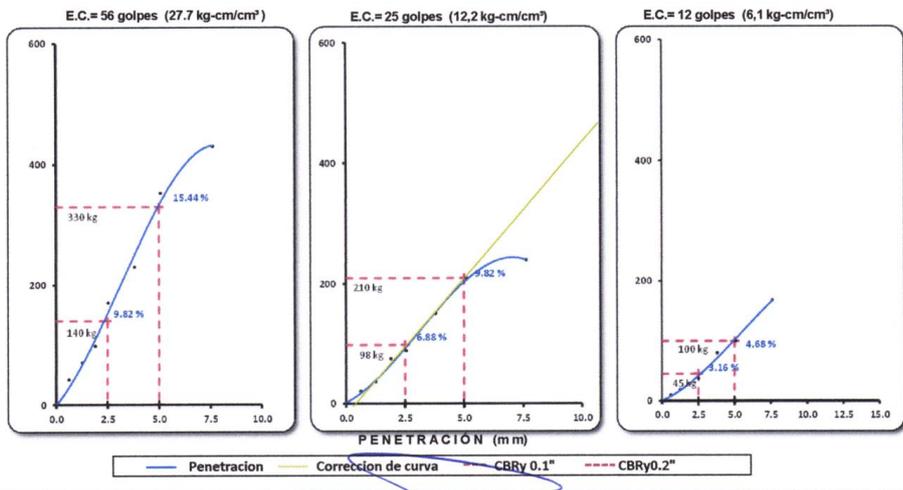


DATO DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.6
 Máxima Densidad Seca g/cm³ : 1.779

CALIFORNIA BEARING RATIO

CBR A 2.5 mm (0.1") de Penetración	
CBR Al 100% de la Maxima Densidad Seca	9.8
CBR Al 95% de la Maxima Densidad Seca	6.9
CBR A 5 mm (0.2") de Penetración	
CBR Al 100% de la Maxima Densidad Seca	15.4
CBR Al 95% de la Maxima Densidad Seca	9.8



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
 INGENIERO CIVIL
 R.C.P. : 108352
 ÁREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737087 082-574754 RUC : 20490031961

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-19, NTP 339.127)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecha por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-2

Profundidad : 1.50 m.

condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : HORNO DIGITAL de 0°C a 300°C

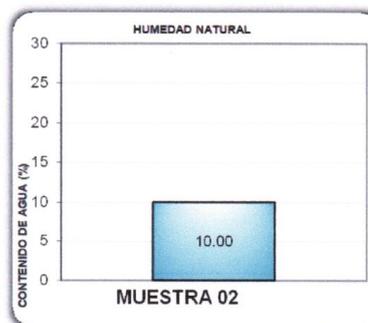
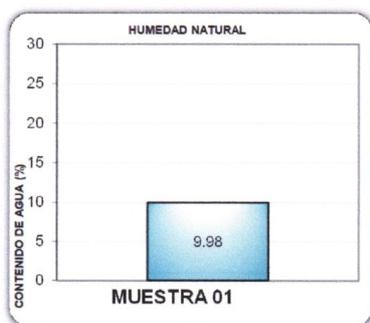
Certificado de Calibración N° : LT-059-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° de Capsula		M - 01	M-02
Peso Recipiente + Suelo Natural	g	298.60	300.30
Peso Recipiente + Suelo Seco	g	271.50	273.00
Peso Recipiente	g	0.00	0.00
Peso del agua	g	27.10	27.30
Peso del Suelo Natural	g	298.60	300.30
Peso del Suelo Seco	g	271.50	273.00
Contenido de Humedad (w)	%	9.98	10.00

Contenido de Humedad: 9.99 %



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
C.I.P.: 108392
ÁREA DE GEOTECNIA

GEOM GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-574764 RUC : 20490031951

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D6913, NTP 400.012)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-2

Profundidad : 1.50 m.

condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : TAMIZ GRANULOMETRICO

Fabricado : SEGÚN NORMA ASTM E-11

Datos y resultados de ensayo

Tamiz	Diam. (mm)	Peso Ret. (g)	Ret. Parcial (%)	Ret. Acum. (%)	Que pasa (%)		
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0	Fracción Gruesa	
2"	50.60	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0		
1"	25.40	0	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.05	0	0.0	0.0	100.0		
1/2"	12.70	0	0.0	0.0	100.0		
3/8"	9.53	0	0.0	0.0	100.0		
1/4"	6.35	0	0.0	0.0	100.0		
4	4.76	1.00	0.11	0.11	99.9		Fracción fina
8	2.36	0.80	0.09	0.20	99.8		
10	2.00	3.20	0.35	0.54	99.5		
16	1.18	2.20	0.24	0.78	99.2		
20	0.85	3.50	0.38	1.16	98.8		
30	0.60	7.80	0.85	2.01	98.0		
40	0.42	10.20	1.11	3.12	96.9		
50	0.30	13.40	1.46	4.58	95.4		
100	0.15	50.80	5.52	10.10	89.9		
200	0.07	122.40	13.31	23.41	76.6		
<200		704.40	76.59	100.00			

Datos de ensayo

Peso S. Inicial: 919.7 g.

Peso S. lavado: 215.3 g.

Distribucion

Grava: 0.11 %

Arena: 23.30 %

Finos: 76.59 %

Diametros efectivos

D60: --

D30: --

D10: --

Coefficientes de uniformidad

Cu: --

Cc: --

Limites de consistencia

LL: 38.43

LP: 22.25

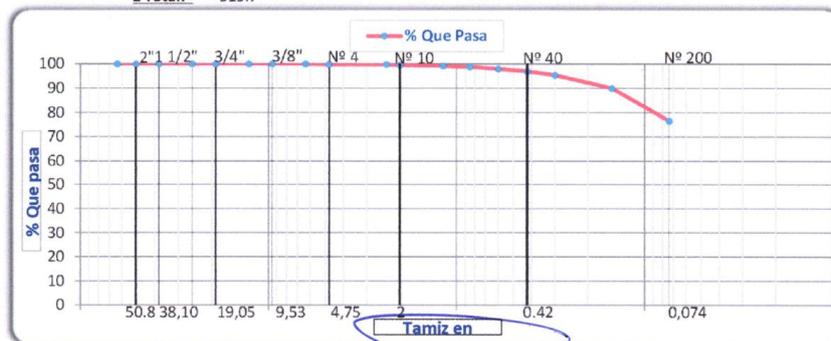
IP: 16.183

clasificacion de suelos

SUCS: CL

AASHTO: A-6 (16)

Σ Total: 919.7



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
CIP: 108352
ÁREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-574754 RUC : 20490031961

MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ 200 (ASTM C117)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

-

Calicata : P-2

Profundid. : 1.50 m.

condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : TAMIZ GRANULOMETRICO

Fabricado : SEGÚN NORMA ASTM E-11

Datos y resultados de ensayo

DATOS			
A	Peso de la muestra seca	919.7	g
B	Peso de la muestra seca despues de lavado	215.3	g
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 60%;"> % QUE PASA LA N° 200 (0.074 mm) 76.6% </div>			

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
CIP: 108352
ÁREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-874754 RUC: 20480031961

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318, NTP 339.129)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-2

Profundidad : 1.50 m.

condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : CAZUELA DE CASAGRANDE

Certificado de Calibración N° : LL-510-2022 del 07/02/2022

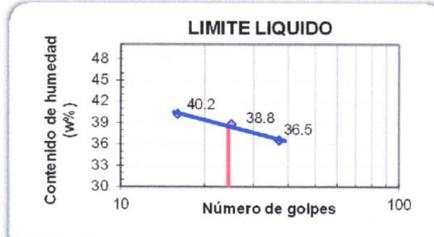
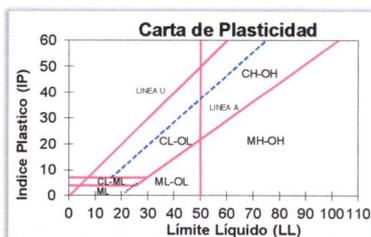
Datos y resultados de ensayo

LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 LP (%) = 22.3

Muestra	1	2
Numero de capsula	75	128
Peso de la Capsula (g)	11.51	11.4
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	21.2	20.2
Peso de la Capsula+ Suelo Seco (g)	19.50	18.54
Peso del Suelo Seco (g)	7.99	7.14
Contenido de Humedad (w)	21.3	23.2

LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 LL (%) = 38.4 IP (%) = 16.2

Muestra	A	B	C
Numero de capsula	223	74	201
Peso de la Capsula (g)	37.6	37.2	37.6
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	65.2	63.2	65.2
Peso de la Capsula+ Suelo Seco (g)	57.8	55.9	57.3
Numero de golpes	37	25	16
Peso del Suelo Seco (g)	20.2	18.7	19.7
Contenido de Humedad (w)	36.5	38.8	40.2



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
CIP: 108332
AREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINGADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-674754 RUC : 20490031961

PERFIL ESTRATIGRAFICO (E.050)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-2

Profundida. : 1.50 m.

condicion : Alterada

Datos y resultados

CALICATA P-2				
Prof(m).	N.F.	Clasificación	Simbología	Descripción
0.10				<i>Suelo organico pastos y raices</i>
0.20				
0.30			CL	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Arcilla de Baja Plasticidad</p> <p style="text-align: right; font-size: small;"> %w : 9.99 LL : 38.4 LP : 22.3 IP : 16.2 Cu : - Cc : - </p>
0.35				
0.40				
0.45				
0.50				
0.55				
0.60				
0.65				
0.70				
0.75				
0.80				
0.90				
0.95				
1.00				
1.05				
1.10				
1.15				
1.20				
1.22				
1.25				
1.26				
1.30				
1.32				
1.35				
1.40				
1.45				
1.50				

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 1408352
 ÁREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO - JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA - CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO - 982737067 - 082-574754 - RUC : 20490031961

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS (NTP 399.152, NTP 339.177, NTP 339.178)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-2

Profundid. : 1.50 m.

condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : BALANZA DIGITAL DIVISION 0.01 g

Certificado de Calibración N° : LM-061-2022 del 09/02/2022

Datos y resultados de ensayo

Nº	DESCRIPCION	UND.	SUELOS	TOLERANCIA
1	Sulfatos	ppm	35.00	max 1000
2	Cloruros	ppm	79.00	max 6000
3	Sales Solubles	ppm	154.00	max 15000



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
CIP: 108352
AREA DE GEOTECNIA

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUÍFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-574754 RUC : 2049031961

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D1557-12, NTP 339.142)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"
Lugar : PUERTO MALDONADO Dist/Prov. LAS PIEDRAS - TAMBOPATA
Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA Hecho por ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Datos de la Muestra

Calicata : P-2
Profundidad : 1.50 m.
condicion : Alterada

Fecha 10/12/2022

Datos del Equipo Calibrado

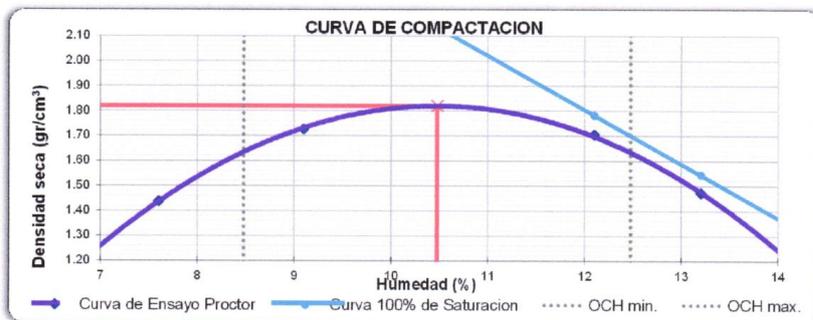
Equipo : PISÓN MANUAL DE PROCTOR MOD.
Certificado de Calibración N° : LL-514-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo

Compactación	Codigo de molde : P1				Metodo : A molde de 4"			
Prueba N°	1	2	3	4	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25	25	25	25	25
Peso suelo + molde (g)	5898	6215	6240	6011	5898	6215	6240	6011
Peso del molde (g)	4444	4444	4444	4444	4444	4444	4444	4444
Peso del suelo humedo compactado (g)	1454	1771	1796	1567	1454	1771	1796	1567
Volumen del molde (cm ³)	940.45	940.5	940.5	940.5	940.45	940.5	940.5	940.5
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.546	1.883	1.910	1.666	1.546	1.883	1.910	1.666
Humedad								
N° de tara	400	256	166	58	400	256	166	58
Tara + Suelo Humedo (g)	235.00	217.00	201.00	201.00	235.00	217.00	201.00	201.00
Tara + Suelo Seco (g)	221.06	202.04	183.37	181.90	221.06	202.04	183.37	181.90
Peso de la tara	37.61	37.59	37.65	37.21	37.61	37.59	37.65	37.21
Peso del agua	13.94	14.96	17.63	19.10	13.94	14.96	17.63	19.10
Peso de suelo seco (g)	183.45	164.45	145.72	144.69	183.45	164.45	145.72	144.69
Humedad (%)	7.60	9.10	12.10	13.20	7.60	9.10	12.10	13.20
Densidad Seca (g/cm ³)	1.437	1.726	1.704	1.472	1.437	1.726	1.704	1.472

Maxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.820

Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.48



* De la granulometría el %Ret. Acumla. 3/4" = 0% NO requiere correccion por sobre tamaño según ASTM D-4718

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
CIP: 108332
ÁREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-574754 RUC : 20490031961

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (ASTM D1883-16, NTP 339.145)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"
Lugar : PUERTO MALDONADO
Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA
Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA
Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-2
Profundidad : 1.50 m.
condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : PRENSA CBR
Certificado de Calibración N° : LFP-108-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo

C.B.R.			
N° DE MOLDE	N° DE CAPAS : 5		
	D	E	F
N° DE GOLPES	56	25	12
Volumen de Molde (cm ³)	2122	2122	2122
Peso del Molde + Suelo Humedo (g)	12710	12320	11870
Peso del Molde (g)	8426	8285	8070
Peso del Suelo Humedo (g)	4284	4035	3800
N° Tarro	-	-	-
Peso Tarro + Suelo Humedo (g)	201.2	200.3	211.2
Pesp Tarro + Suelo Seco (g)	186.9	186.6	196.0
Peso del Agua (g)	14.3	13.7	15.2
Peso de Tarro (g)	50.2	56.5	51.2
Peso del Suelo Seco (g)	136.7	130.1	144.8
Contenido de Humedad (g)	10.47	10.50	10.47
Densidad Humeda (g/cm ³)	2.019	1.901	1.790
Densidad Seca (g/cm ³)	1.827	1.721	1.621

PENETRACIÓN							
CAPACIDAD DE LA CELDA							
MOLDE		D		E		F	
PENETR. (pulg)	PENETR. (mm)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)
0.000	0.000	0	0	0	0	0	0
0.025	0.63	30	30	35	35.0	12.0	12.0
0.05	1.27	90	90	70	70.0	32.0	32.0
0.075	1.9	130	130	100	100.0	54.0	54.0
0.1	2.54	180	180	120	120.0	60.0	60.0
0.125	3.81	220	220	165	165.0	95.0	95.0
0.2	5.08	300	300	210	210.0	120.0	120.0
0.3	7.62	430	430	286	286.0	180.0	180.0
0.4	10.16						
0.500	12.700						

ABSORCIÓN			
N° MOLDE	D	E	F
Peso del Suelo Humedo + Plato + Molde (g)	12740	12360	11920
Peso del Plato + Molde (g)	8426	8285	8070
Peso del Suelo Humedo Embebido (g)	4314	4075	3850
Peso del Suelo Humedo Sin Embeber (g)	4284	4035	3800
Peso del Agua Absorbida (g)	30	40	50
Peso del Suelo Seco (g)	3878	3652	3440
Absorcion de Agua (%)	0.8	1.1	1.5

EXPANSIÓN (%)					
FECHA	HORA	LECTURA DIAL	LECTURA DIAL	LECTURA DIAL	N° LECTURA
		0.000"	0.000"	0.000"	1
		0.002"	0.001"	0.001"	2
		0.005"	0.005"	0.008"	3
		0.008"	0.010"	0.009"	4
		0.010"	0.011"	0.013"	5
% EXPANSIÓN		0.20	0.22	0.26	

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
CIP : 108352
ÁREA DE GEOTECNIA

GEON GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-574754 RUC : 20490031961

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (STM D1883-16, NTP 339.145)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-2

Profundida : 1.50 m.

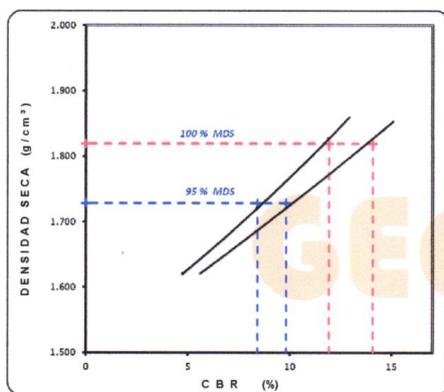
condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : PRENSA CBR

Certificado de Calibración N° : LFP-108-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo



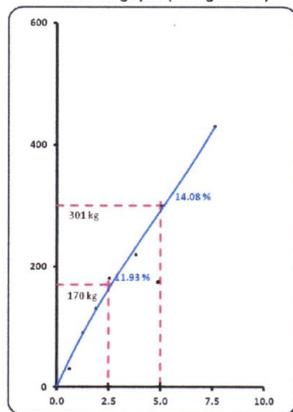
DATO DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.5
Maxima Densidad Seca g/cm³ : 1.820

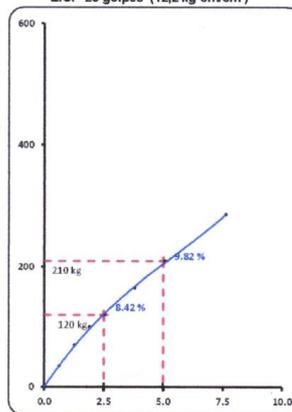
CALIFORNIA BEARING RATIO

CBR A 2.5 mm (0.1") de Penetración	11.9
CBR Al 100% de la Maxima Densidad Seca	
CBR Al 95% de la Maxima Densidad Seca	8.4
CBR A 5 mm (0.2") de Penetración	
CBR Al 100% de la Maxima Densidad Seca	14.1
CBR Al 95% de la Maxima Densidad Seca	9.8

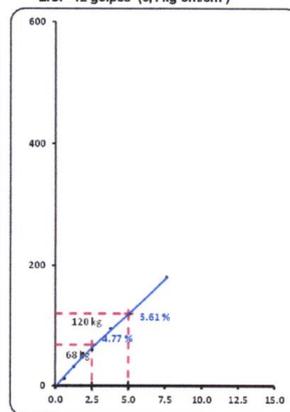
E.C.= 56 golpes (27.7 kg-cm/cm²)



E.C.= 25 golpes (12,2 kg-cm/cm²)



E.C.= 12 golpes (6,1 kg-cm/cm²)



— Penetración — Corrección de curva — CBRy0.1" — CBRy0.2"

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
CIP: 108352
ÁREA DE GEOTECNIA

GEON GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 126 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO : 982737067 : 082-974754 RUC : 20490031961

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-19, NTP 339.127)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-3

Profundidad : 1.50 m.

condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : HORNO DIGITAL de 0°C a 300°C

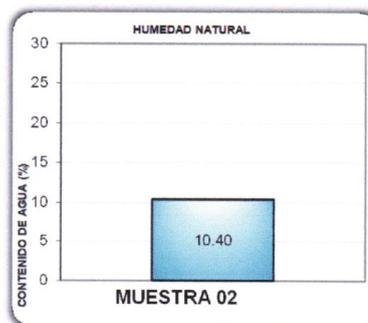
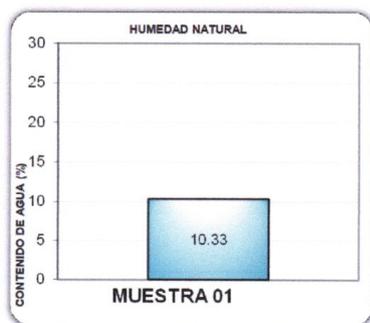
Certificado de Calibración N° : LT-059-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° de Capsula		M - 01	M-02
Peso Recipiente + Suelo Natural	g	301.20	288.50
Peso Recipiente + Suelo Seco	g	273.00	261.32
Peso Recipiente	g	0.00	0.00
Peso del agua	g	28.20	27.18
Peso del Suelo Natural	g	301.20	288.50
Peso del Suelo Seco	g	273.00	261.32
Contenido de Humedad (w)	%	10.33	10.40

Contenido de Humedad: 10.37 %



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
CIP: 108352
ÁREA DE GEOTECNIA

GEON GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-574754 RUC : 20490031961

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D6913, NTP 400.012)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE - BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-3

Profundidad : 1.50 m.

condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : TAMIZ GRANULOMETRICO

Fabricado : SEGÚN NORMA ASTM E-11

Datos y resultados de ensayo

Tamiz	Diam. (mm)	Peso Ret. (g)	Ret. Parcial (%)	Ret. Acum. (%)	Que pasa (%)	
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0	Fraccion Gruesa
2"	50.60	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.40	0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.05	0	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.70	0	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.53	0	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.35	0	0.0	0.0	100.0	
4	4.76	1.00	0.12	0.12	99.9	Fraccion fina
8	2.36	1.20	0.14	0.26	99.7	
10	2.00	2.80	0.33	0.59	99.4	
16	1.18	3.50	0.42	1.01	99.0	
20	0.85	4.00	0.48	1.49	98.5	
30	0.60	8.00	0.95	2.44	97.6	
40	0.42	8.90	1.06	3.49	96.5	
50	0.30	12.50	1.49	4.98	95.0	
100	0.15	43.50	5.17	10.15	89.9	
200	0.07	102.00	12.12	22.27	77.7	
< 200		654.20	77.73	100.00		

Datos de ensayo

Peso S. Inicial: 841.6 g.

Peso S. lavado: 187.4 g.

Distribucion

Grava: 0.12 %

Arena: 22.15 %

Finos: 77.73 %

Diametros efectivos

D60: --

D30: --

D10: --

Coefficientes de uniformidad

Cu: --

Cc: --

Limites de consistencia

LL: 36.76

LP: 21.90

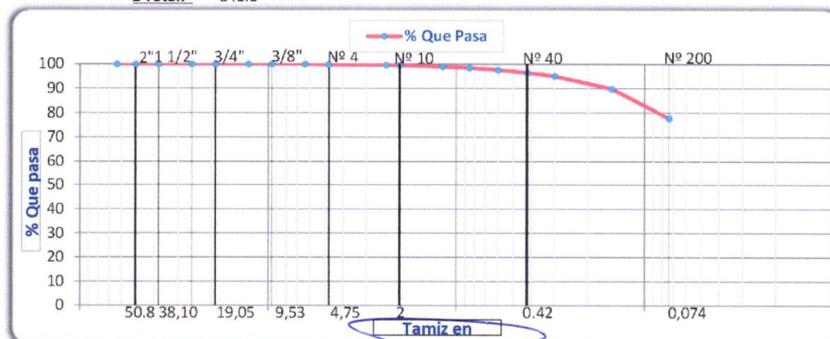
IP: 14.864

clasificacion de suelos

SUCS: CL

AASHTO: A-6 (16)

Σ Total: 841.6



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
CIP: 108352
ÁREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-574754 RUC : 20490031961

MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ 200 (ASTM C117)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-3

Profundid. : 1.50 m.

condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

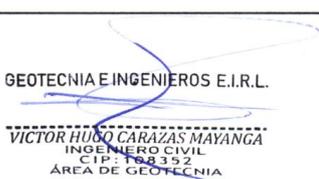
Equipo : TAMIZ GRANULOMETRICO

Fabricado : SEGÚN NORMA ASTM E-11

Datos y resultados de ensayo

DATOS			
A	Peso de la muestra seca	841.6	g
B	Peso de la muestra seca despues de lavado	187.4	g
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 60%;"> % QUE PASA LA N° 200 (0.074 mm) 77.7% </div>			

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.


 VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 108352
 ÁREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y BOMBALAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
9 PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA 9 CUSCO URB. MEZARONDA A-9 - CUSCO ☎ 982737087 ☒ 082-574754 RUC : 2040031961

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318, NTP 339.129)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"
Lugar : PUERTO MALDONADO
Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA
Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA
Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-3
Profundidad : 1.50 m.
condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : CAZUELA DE CASAGRANDE
Certificado de Calibración N° : LL-510-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo

LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318

LP (%) = 21.9

Muestra	1	2
Numero de capsula	135	147
Peso de la Capsula (g)	11.51	11.5
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	19.2	19.6
Peso de la Capsula+ Suelo Seco (g)	17.80	18.16
Peso del Suelo Seco (g)	6.29	6.66
Contenido de Humedad (w)	22.2	21.6

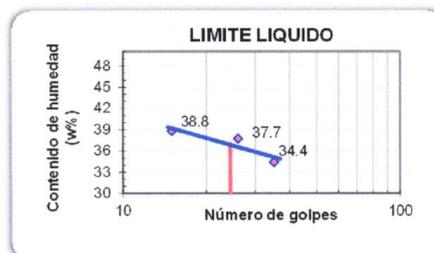
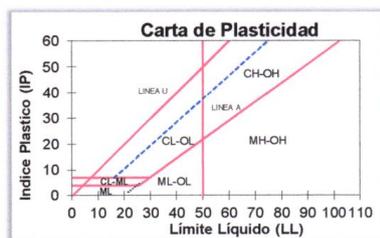
LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318

LL (%) = 36.8

IP (%)

14.9

Muestra	A	B	C
Numero de capsula	141	228	134
Peso de la Capsula (g)	37.6	37.7	38.9
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	64.2	63.3	62.8
Peso de la Capsula+ Suelo Seco (g)	57.4	56.3	56.1
Numero de golpes	35	26	15
Peso del Suelo Seco (g)	19.8	18.6	17.2
Contenido de Humedad (w)	34.4	37.7	38.8



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
CIP: 108352
ÁREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-674754 RUC : 20490031961

PERFIL ESTRATIGRAFICO (E.050)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-3

Profundida. : 1.50 m.

condicion : Alterada

Datos y resultados

CALICATA P-3				
Prof(m).	N.F.	Clasificación	Simbología	Descripción
0.10				<i>Suelo organico pastos y raices</i>
0.20				
0.30			CL	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"><u>Arcilla de Baja Plasticidad</u></p> <p style="text-align: center; font-size: small;"> %w : 10.365 LL : 36.8 LP : 21.9 IP : 14.9 Cu : - Cc : - </p>
0.35				
0.40				
0.45				
0.50				
0.55				
0.60				
0.65				
0.70				
0.75				
0.80				
0.90				
0.95				
1.00				
1.05				
1.10				
1.15				
1.20				
1.22				
1.25				
1.26				
1.30				
1.32				
1.35				
1.40				
1.45				
1.50				

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 108352
 ÁREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-574754 RUC : 20490031961

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS (NTP 399.152, NTP 339.177, NTP 339.178)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-3

Profundid. : 1.50 m.

condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : BALANZA DIGITAL DIVISION 0.01 g

Certificado de Calibración N° : LM-061-2022 del 09/02/2022

Datos y resultados de ensayo

Nº	DESCRIPCION	UND.	SUELOS	TOLERANCIA
1	Sulfatos	ppm	80.00	max 1000
2	Cloruros	ppm	100.00	max 6000
3	Sales Solubles	ppm	120.00	max 15000



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
CIP-108352
AREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y BOMBALAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINGADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO TEL: 982737067 FAX: 082-574754 RUC: 20450631961

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D1557-12, NTP 339.142)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"
Lugar : PUERTO MALDONADO **Dist/Prov.** LAS PIEDRAS - TAMBOPATA
Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA **Hecho por** ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Datos de la Muestra

Calicata : P-3
Profundidad : 1.50 m.
condicion : Alterada

Fecha 10/12/2022

Datos del Equipo Calibrado

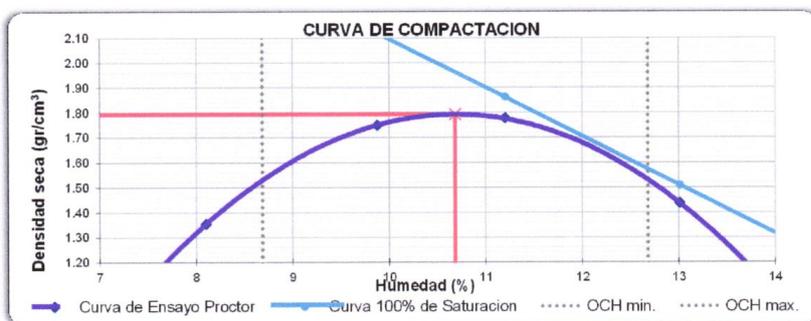
Equipo : PISÓN MANUAL DE PROCTOR MOD.
Certificado de Calibración N° : LL-514-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo

Compactacion	Codigo de molde : P1				Metodo : A molde de 4"			
Prueba N°	1	2	3	4	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25	25	25	25	25
Peso suelo + molde (g)	5820	6250	6302	5970	5820	6250	6302	5970
Peso del molde (g)	4444	4444	4444	4444	4444	4444	4444	4444
Peso del suelo humedo compactado (g)	1376	1806	1858	1526	1376	1806	1858	1526
Volumen del molde (cm ³)	940.45	940.5	940.5	940.5	940.45	940.5	940.5	940.5
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.463	1.920	1.976	1.623	1.463	1.920	1.976	1.623
Humedad								
N° de tara	191	284	256	166	191	284	256	166
Tara + Suelo Humedo (g)	301.20	280.50	254.60	235.20	301.20	280.50	254.60	235.20
Tara + Suelo Seco (g)	281.45	258.66	232.74	212.46	281.45	258.66	232.74	212.46
Peso de la tara	37.61	37.65	37.59	37.65	37.61	37.65	37.59	37.65
Peso del agua	19.75	21.84	21.86	22.74	19.75	21.84	21.86	22.74
Peso de suelo seco (g)	243.84	221.01	195.15	174.81	243.84	221.01	195.15	174.81
Humedad (%)	8.10	9.88	11.20	13.01	8.10	9.88	11.20	13.01
Densidad Seca (g/cm ³)	1.353	1.748	1.777	1.436	1.353	1.748	1.777	1.436

Maxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.793

Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.68



* De la granulometría el %Ret. Acumla. 3/4"= 0% NO requiere correccion por sobre tamaño según ASTM D-4718

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
CIP: 108352
ÁREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-574754 RUC : 20490031961

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (ASTM D1883-16, NTP 339.145)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"
Lugar : PUERTO MALDONADO
Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA
Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA
Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-3
Profundidad : 1.50 m.
condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo :
 PRENSA CBR
 Certificado de Calibración N° :
 LFP-108-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo

C.B.R.			
N° DE MOLDE	N° DE CAPAS : 5		
	G	H	I
N° DE GOLPES	56	25	12
Volumen de Molde (cm ³)	2105	2122	2026
Peso del Molde + Suelo Humedo (g)	11720	12190	11055
Peso del Molde (g)	7548	8196	7459
Peso del Suelo Humedo (g)	4172	3994	3596
N° Tarro	-	-	-
Peso Tarro + Suelo Humedo (g)	215.2	232.2	233.2
Pesp Tarro + Suelo Seco (g)	198.5	214.1	215.0
Peso del Agua (g)	16.7	18.1	18.2
Peso de Tarro (g)	42.4	44.4	43.2
Peso del Suelo Seco (g)	156.1	169.7	171.8
Contenido de Humedad (g)	10.70	10.68	10.60
Densidad Humeda (g/cm ³)	1.982	1.882	1.775
Densidad Seca (g/cm ³)	1.790	1.701	1.605

PENETRACIÓN							
CAPACIDAD DE LA CELDA							
MOLDE		G		H		I	
PENETR. (pulg)	PENETR. (mm)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)
0.000	0.000	0	0	0	0	0	0
0.025	0.63	28	28	25	25	10	10
0.05	1.27	75	75	60	60	20	20
0.075	1.9	110	110	75	75	30	30
0.1	2.54	150	150	105	105	45	45
0.125	3.81	201	201	140	140	80	80
0.2	5.08	280	280	185	185	110	110
0.3	7.62	344	344	168	168	176	176
0.4	10.16						
0.500	12.700						

ABSORCIÓN			
N° MOLDE	G	H	I
Peso del Suelo Humedo + Plato + Molde (g)	11750	12480	11150
Peso del Plato + Molde (g)	7548	8196	7459
Peso del Suelo Humedo Embebido (g)	4202	4284	3691
Peso del Suelo Humedo Sin Embeber (g)	4172	3994	3596
Peso del Agua Absorbida (g)	30	290	95
Peso del Suelo Seco (g)	3769	3609	3251
Absorción de Agua (%)	0.8	8.0	2.9

EXPANSIÓN (%)					
FECHA	HORA	LECTURA DIAL	LECTURA DIAL	LECTURA DIAL	N° LECTURA
		0.000"	0.000"	0.000"	1
		0.001"	0.008"	0.005"	2
		0.005"	0.006"	0.008"	3
		0.010"	0.010"	0.010"	4
		0.012"	0.015"	0.016"	5
% EXPANSIÓN		0.24	0.30	0.32	

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 108352
 AREA DE GEOTECNIA

GEON GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO ☎ 982737967 📠 082-974754 📄 RUC : 20490031961

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (STM D1883-16, NTP 339.145)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022".

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Calicata : P-3

Profundida. : 1.50 m.

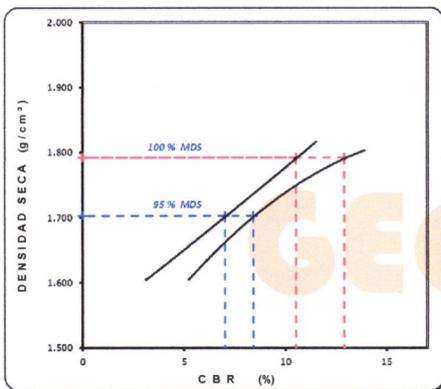
condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : PRENSA CBR

Certificado de Calibración N° : LFP-108-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo



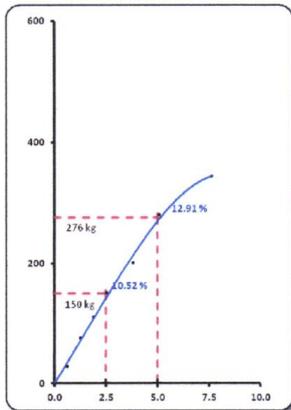
DATO DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.7
Maxima Densidad Seca g/cm³ : 1.793

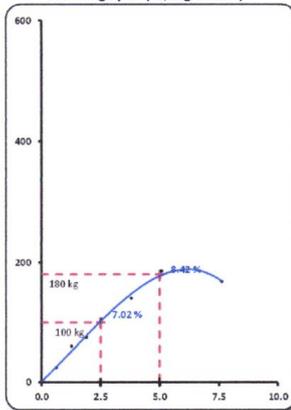
CALIFORNIA BEARING RATIO

CBR A 2.5 mm (0.1") de Penetración	
CBR Al 100% de la Maxima Densidad Seca	10.5
CBR Al 95% de la Maxima Densidad Seca	7.0
CBR A 5 mm (0.2") de Penetración	
CBR Al 100% de la Maxima Densidad Seca	12.9
CBR Al 95% de la Maxima Densidad Seca	8.4

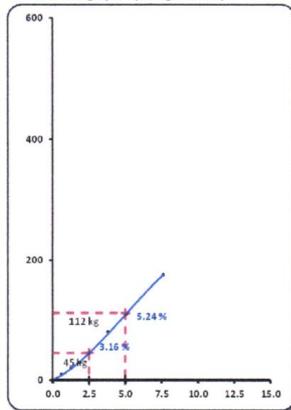
E.C.= 56 golpes (27.7 kg-cm/cm²)



E.C.= 25 golpes (12,2 kg-cm/cm²)



E.C.= 12 golpes (6,1 kg-cm/cm²)



— Penetración
 — Correccion de curva
 - - - CBRy 0.1"
 - - - CBRy 0.2"

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 108322
 AREA DE GEOTECNIA

4.1.2.5. Estudio de mecánica de suelos de canteras

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-574754 RUC : 20490031981

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-19, NTP 339.127)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

Muestra : M1

Cantera : CANTERA 11+200

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : HORNO DIGITAL de 0°C a 300°C

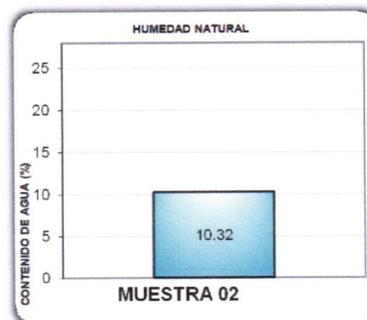
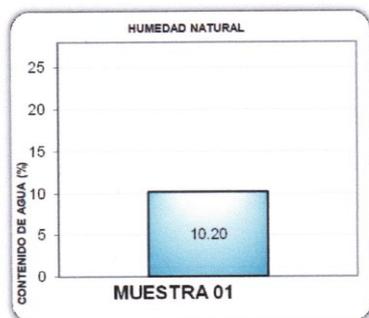
Certificado de Calibración N° : LT-059-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° de Capsula		M - 01	M-02
Peso Recipiente + Suelo Natural	g	354.20	334.60
Peso Recipiente + Suelo Seco	g	321.42	303.30
Peso Recipiente	g	0.00	0.00
Peso del agua	g	32.78	31.30
Peso del Suelo Natural	g	354.20	334.60
Peso del Suelo Seco	g	321.42	303.30
Contenido de Humedad (w)	%	10.20	10.32

Contenido de Humedad: 10.26 %



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
CIP: 108394
ÁREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URS. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO L 982737067 082-574754 RUC : 2049031981

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D6913, NTP 400.012)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

MUESTRA Y MUESTREO PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

Muestra : M1

Cantera : CANTERA 11+200

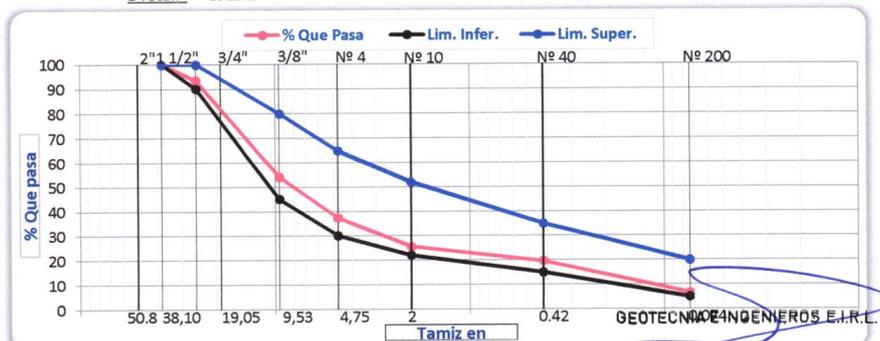
Datos del Equipo Calibrado

Equipo : TAMIZ GRANULOMETRICO

Fabricado : SEGÚN NORMA ASTM E-11

Datos y resultados de ensayo

Tamiz	Diam. (mm)	Peso Ret. (g)	Ret. Parcial (%)	Ret. Acum. (%)	Que pasa (%)	Gradacion / franja Gradacion A-1		Datos de ensayo
						SUB BASE		
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0			Peso Inicial: 3922.1 g. Peso lavado: 3656.9 g. Distribucion Grava: 62.56 % Arena: 30.68 % Finos: 6.76 % Diametros efectivos D60: 9.998 D30: 2.135 D10: 0.093 Coefficientes de uniformidad Cu: 107.67 Cc: 4.91 Limites de consistencia LL: - LP: - IP: - clasificacion de suelos SUCS: GP-GC-GM AASHTO: A-1-a (0)
2"	50.60	0.0	0.0	0.0	100.0			
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
1"	25.40	256.2	6.5	6.5	93.5	90	100	
3/4"	19.05	0	0.0	6.5	93.5	65	100	
1/2"	12.70	0	0.0	6.5	93.5			
3/8"	9.53	1542.2	39.3	45.9	54.1	45	80	
1/4"	6.35	0	0.0	45.9	54.1			
4	4.76	655.30	16.71	62.56	37.4	30	65	
8	2.36	0.00	0.00	62.56	37.4			
10	2.00	465.80	11.88	74.44	25.6	22	52	
16	1.18	0.00	0.00	74.44	25.6			
20	0.85	0.00	0.00	74.44	25.6			
30	0.60	0.00	0.00	74.44	25.6			
40	0.42	232.20	5.92	80.36	19.6	15	35	
50	0.30	0.00	0.00	80.36	19.6			
100	0.15	0.00	0.00	80.36	19.6			
200	0.07	505.20	12.88	93.24	6.8	5	20	
< 200		265.20	6.76	100.00				
Σ Total:		3922.1						



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.
VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
 INGENIERO CIVIL
 C.R. 108352
 ÁREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISIC.
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-8 - CUSCO ☎ 982737067 📠 062-574754 📄 RUC : 20480031951

LIMITE DE CONSISTENCIA (ASTM D4318, NTP 339.129)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"
Lugar : PUERTO MALDONADO
Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA
Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA
Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

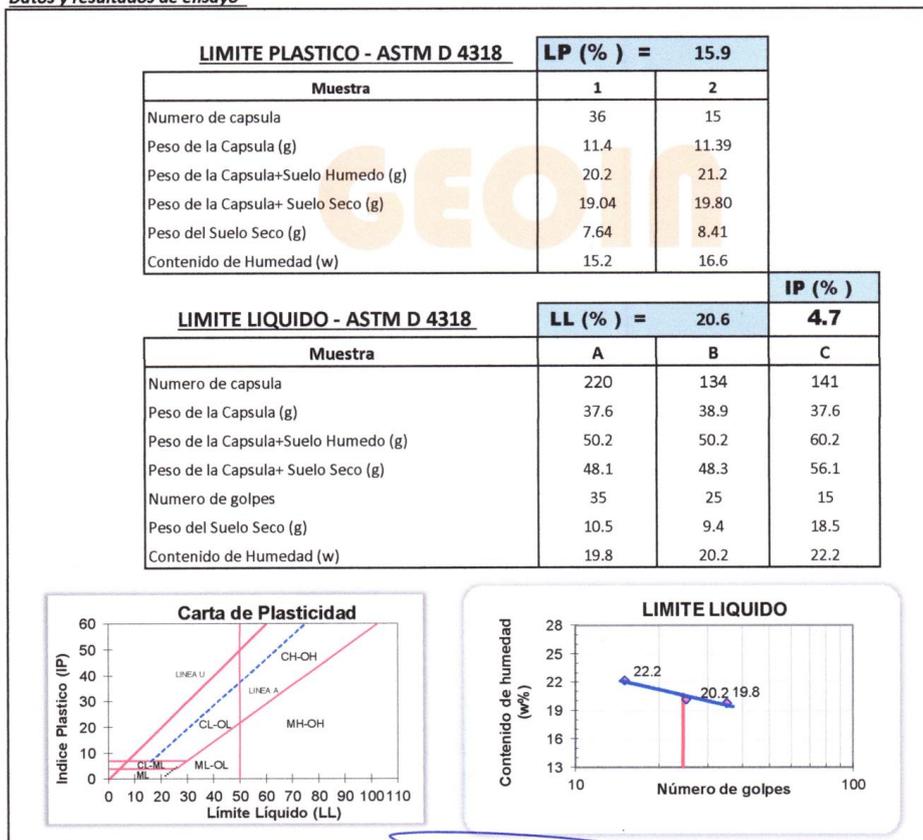
MUESTRA Y MUESTREO PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

Muestra : M1
Cantera : CANTERA 11+200

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : CAZUELA DE CASAGRANDE
Certificado de Calibración N° : LL-510-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
CIP: 108352
AREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO ☎ 982737087 ☎ 082-574754 RUC : 20490031961

MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ 200 (ASTM C117)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE - BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

MUESTRA Y MUESTREO PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

Muestra : M1

Cantera : CANTERA 11+200

Prof./ prog : -

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : TAMIZ GRANULOMETRICO

Fabricado : SEGÚN NORMA ASTM E-11

Datos y resultados de ensayo

DATOS			
A	Peso de la muestra seca	3922.1	g
B	Peso de la muestra seca despues de lavado	3656.9	g
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 60%;"> % QUE PASA LA N° 200 (0.074 mm) 6.8% </div>			

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
CIP: 108352
AREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-574754 RUC : 2049031981

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D1557-12, NTP 339.142)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO **Dist/Prov.** LAS PIEDRAS - TAMBOPATA
Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA **Hecho por** ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Datos de la Muestra

MUESTRA Y MUESTREO PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

Muestra : M1
Cantera : CANTERA 11+200

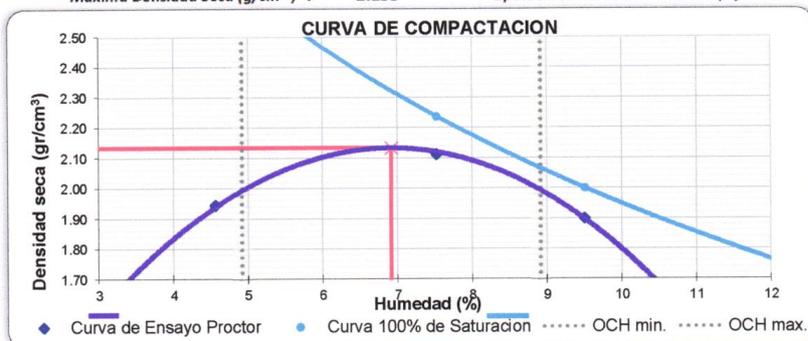
Datos del Equipo Calibrado

Equipo : PISÓN MANUAL DE PROCTOR MOD.
Certificado de Calibración N° : LL-514-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo

Compactacion	Codigo de molde : G2		Metodo : C molde de 6"	
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (g)	10788	11699	12198	11799
Peso del molde (g)	7416	7416	7416	7416
Peso del suelo humedo compactado (g)	3372	4283	4782	4383
Volumen del molde (cm ³)	2104.92	2104.9	2104.9	2104.9
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.602	2.035	2.272	2.082
Humedad				
N° de tara	417	340	270	235
Tara + Suelo Humedo (g)	510.30	500.20	512.40	511.60
Tara + Suelo Seco (g)	497.07	480.03	479.19	470.48
Peso de la tara	37.62	37.60	37.62	37.61
Peso del agua	13.23	20.17	33.21	41.12
Peso de suelo seco (g)	459.45	442.43	441.57	432.87
Humedad (%)	2.88	4.56	7.52	9.50
Densidad Seca (g/cm ³)	1.557	1.946	2.113	1.902

Maxima Densidad Seca (g/cm³) : 2.133 Optimo Contenido de Humedad (%): 6.92



* De la granulometría el %Ret. Acumia. 3/4" = 7% **SI requiere correccion por sobre tamaño según ASTM D-4718**

Correccion de la Maxima Densidad Seca y Optimo contenido de humedad Por Sobre Tamaño

Maxima Densidad Seca Corregida (g/cm³)

P_C (%)	5.80
Y_{DF} (g/cm ³)	2.13
G_M (g/cm ³)	2.61
Y_W (g/cm ³)	1.00

Optimo Contenido de Humedad (%)

P_C (%)	5.8
W_C (%)	0.8
P_F (%)	94.2
W_F (%)	6.9

MDS Corregida (g/cm³) : 2.156

O.C. Humedad Corregida (%) : 6.56

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 83392
 AREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO ☎ 982737067 📠 082-574754 RUC : 20480031961

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (ASTM D1883-16, NTP 339.145)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJIO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"
Lugar : PUERTO MALDONADO
Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA
Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA
Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

MUESTRA Y MUESTREO PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE
Muestra : M1
Cantera : CANTERA 11+200

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : PRENSA CBR
Certificado de Calibración N° : LFP-108-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo

C.B.R.			
N° DE MOLDE	N° DE CAPAS : 5		
	D	E	F
N° DE GOLPES	56	25	12
Volumen de Molde (cm ³)	2122	2122	2122
Peso del Molde + Suelo Humedo (g)	13321	12934	12502
Peso del Molde (g)	8426	8285	8070
Peso del Suelo Humedo (g)	4895	4649	4432
N° Tarro	-	-	-
Peso Tarro + Suelo Humedo (g)	321.2	254.2	512.2
Pesp Tarro + Suelo Seco (g)	303.8	241.8	483.8
Peso del Agua (g)	17.4	12.4	28.4
Peso de Tarro (g)	40.2	53	55.2
Peso del Suelo Seco (g)	263.6	188.8	428.6
Contenido de Humedad (g)	6.60	6.58	6.63
Densidad Humeda (g/cm ³)	2.306	2.191	2.088
Densidad Seca (g/cm ³)	2.164	2.055	1.958

PENETRACIÓN							
CAPACIDAD DE LA CELDA							
MOLDE		D		E		F	
PENETR. (pulg)	PENETR. (mm)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)
0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	0.63	242	242	198	198	86	86
0.05	1.27	382	382	344	344	120	120
0.075	1.9	602	602	490	490	201	201
0.1	2.54	698	698	524	524	300	300
0.125	3.81	988	988	802	802	452	452
0.2	5.08	1100	1100	1002	1002	604	604
0.3	7.62	1424	1424	1241	1241	742	742
0.4	10.16						
0.500	12.700						

ABSORCIÓN			
N° MOLDE	D	E	F
Peso del Suelo Humedo + Plato + Molde (g)	13360	12986	12565
Peso del Plato + Molde (g)	8426	8285	8070
Peso del Suelo Humedo Embebido (g)	4934	4701	4495
Peso del Suelo Humedo Sin Embeber (g)	4895	4649	4432
Peso del Agua Absorbida (g)	39	52	63
Peso del Suelo Seco (g)	4592	4362	4156
Absorcion de Agua (%)	0.8	1.2	1.5

EXPANSIÓN (%)					
FECHA	HORA	LECTURA DIAL	LECTURA DIAL	LECTURA DIAL	N° LECTURA
		0.000"	0.000"	0.000"	1
		0.002"	0.008"	0.008"	2
		0.002"	0.010"	0.010"	3
		0.009"	0.013"	0.012"	4
		0.010"	0.015"	0.016"	5
% EXPANSIÓN		0.20	0.30	0.32	

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 108392
ÁREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
 CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
 PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737067 082-574754 RUC : 20490031961

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (STM D1883-16, NTP 339.145)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"

Lugar : PUERTO MALDONADO

Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA

Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA

Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

MUESTRA Y MUESTREO PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

Muestra : M1

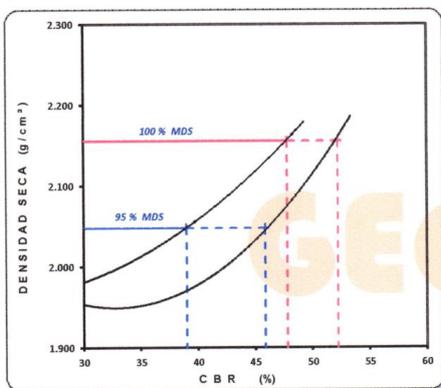
Cantera : CANTERA 11+200

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : PRENSA CBR

Certificado de Calibración N° : LFP-108-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo



DATO DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 6.6
 Máxima Densidad Seca g/cm³ : 2.156

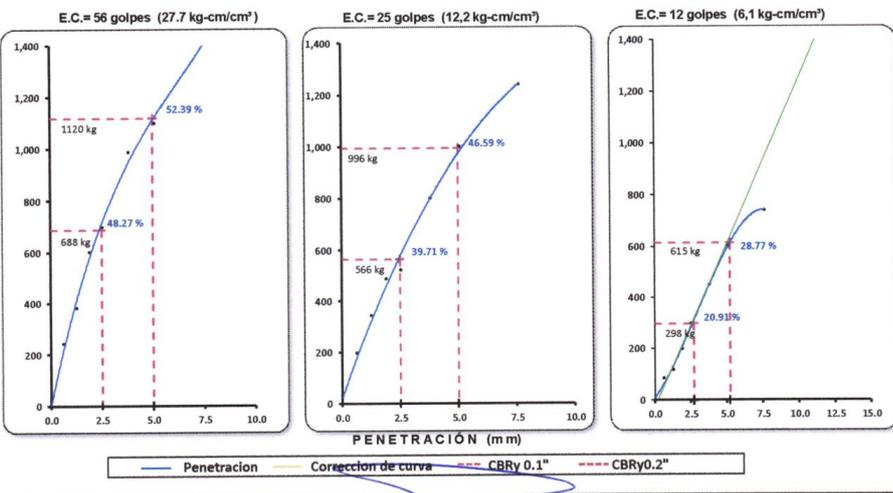
CALIFORNIA BEARING RATIO

CBR A 2.5 mm (0.1") de Penetración

CBR Al 100% de la Máxima Densidad Seca	47.8
CBR Al 95% de la Máxima Densidad Seca	39.7

CBR A 5 mm (0.2") de Penetración

CBR Al 100% de la Máxima Densidad Seca	52.2
CBR Al 95% de la Máxima Densidad Seca	46.6



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 108352
 ÁREA DE GEOTECNIA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 082737067 082-674754 RUC : 20490031961

ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES (ASTM C131,)

Datos del proyecto

Proyecto : TESIS - "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"
Lugar : PUERTO MALDONADO
Dist/Prov. : LAS PIEDRAS - TAMBOPATA
Solicitante : SR. PAOLO YOVANNI SALDAÑA MENDOCILLA
Hecho por : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
Fecha : 10/12/2022

Datos de la Muestra

MUESTRA Y MUESTREO PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

Muestra : M1
Cantera : CANTERA 11+200

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : ABRASION TIPO LOS ANGELES
Certificado de Calibración N° : LO-043-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo

PASA TAMIZ		RETENIDO EN TAMIZ		MÉTODO			
mm	pulg	mm	pulg	A	B	C	D
37.50	1 1/2"	25.00	1"				
25.00	1"	19.00	3/4"	1250.00			
19.00	3/4"	12.50	1/2"	1255.00			
12.50	1/2"	9.50	3/8"	1253.00			
9.50	3/8"	6.30	1/4"	1250.00			
6.30	1/4"	4.75	N° 4				
4.75	N° 4	2.36	N° 8				
Peso Antes del Ensayo (g)				5008			
Peso Despues del Ensayo (g)				2658.5			
Material que Pasa el Tamiz N° 12 (g)				2349.5			
Numero de Esferas				12			
Desgaste (%)				47			



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA
INGENIERO CIVIL
CNP: 108352
AREA DE GEOTECNIA

Tabla 12:

Calicatas y ensayos realizados para el proyecto

CUADRO RESUMEN DEL ESTUDIO DE MACANICA DE SUELOS DEL PROYECTO																
"DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE – BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022"																
CALICATA	PROGRESIVA	COORDENADAS UTM WGS - 84		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-19)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D6913)			MATERIAL MÁS FINO QUE EL TAMIZ 200 (ASTM C117)	LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)		PERFIL ESTRATIGRÁFICO (E.050)	ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS (NTP 399.152, NTP 339.177, NTP 339.178)			ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D1557-12)	VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (ASTM D1883-16)
		ESTE	NORTE		GRAVA	ARENA	FINOS		LP	IP		SULFATOS	CLORURO	SALSS.		
C-01	0+000	485045	8617610	10.27%	0.09%	20.92%	78.98%	79.0%	22.1%	15.1%	Arcilla de baja plasticidad	40.00 ppm	85 ppm	99 ppm	10.59%	6.9
C-02	6+000	487810	8618435	9.99%	0.11%	23.30%	76.59%	76.6%	22.3%	16.2%	Arcilla de baja plasticidad	35.00 ppm	79.00 ppm	154.00 ppm	10.48%	8.4
C-03	13+000	490188	8620928	10.37%	0.12%	22.15%	77.73%	77.7%	21.9%	14.9%	Arcilla de baja plasticidad	80.00 ppm	100.00 ppm	120.00 ppm	10.68%	7.0

Fuente: (Propia, 2022)

4.1.3. Estudio de tráfico vehicular

4.1.3.1. **Índice medio diario semanal.** Se recopiló la cantidad de vehículos que transita por la zona, en un periodo de 8 horas diarias y durante 7 días representando una semana.

Tabla 13:

Conteo vehicular semanal – estación 01

Tipo Vehículo	Tráfico vehicular en dos sentidos por día							TOTAL SEMANAL	IMDs/ S7
	Lunes 07/11/2022	Martes 08/11/2022	Miércoles 09/11/2022	Jueves 10/11/2022	Viernes 11/11/2022	Sábado 12/11/2022	Domingo 13/11/2022		
Auto + Station Wagon	13	11	0	5	5	9	2	45	6
Camioneta	19	27	7	14	34	18	6	125	18
Combi Rural	16	13	19	14	13	12	10	97	14
Micro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus	8	9	6	7	11	8	4	53	8
Camión 2 Ejes	9	13	8	9	12	19	13	83	12
Camión 3 Ejes	5	10	7	9	3	0	0	34	5
Camión 4 Ejes	0	0	2	0	1	0	0	3	0
Articulado	0	0	1	0	0	0	0	1	0
TOTAL	70	83	50	58	79	66	35	441	63

Nota: La presente tabla es de fuente propia.

Tabla 14:*Conteo vehicular semanal – estación 02*

Vía:		Bello Horizonte – Bajo Loboyoc	Lugar:		Distrito Las Piedras, Tambopata, Madre de Dios				
Estación:		N° 2	Realizado por:		Saldaña Mendocilla, Paolo				
Sentido:		Ambos	Año de estudio:		2022				
Tipo Vehículo	Tráfico vehicular en dos sentidos por día							TOTAL SEMANAL	IMDs/S7
	Lunes 14/11/2022	Martes 15/11/2022	Miércoles 16/11/2022	Jueves 17/11/2022	Viernes 18/11/2022	Sábado 19/11/2022	Domingo 20/11/2022		
Auto + Station Wagon	11	5	2	3	5	6	11	43	6
Camioneta	13	26	18	25	31	17	7	137	20
Combi Rural	15	13	10	13	11	13	11	86	12
Micro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus	9	11	7	3	7	7	3	47	7
Camión 2 Ejes	6	15	10	12	9	7	8	67	10
Camión 3 Ejes	8	10	10	12	10	7	0	57	8
Camión 4 Ejes	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Articulado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	62	80	57	68	73	57	40	437	62

Nota: La presente tabla es de fuente propia.

Tabla 15:*Conteo vehicular semanal – estación 03*

Tipo Vehículo	Tráfico vehicular en dos sentidos por día							TOTAL SEMANAL	IMDs/ S7
	Lunes 21/11/2022	Martes 22/11/2022	Miércoles 23/11/2022	Jueves 24/11/2022	Viernes 25/11/2022	Sábado 26/11/2022	Domingo 27/11/2022		
Auto + Station Wagon	4	3	1	4	3	3	3	21	3
Camioneta	16	30	22	27	30	19	10	154	22
Combi Rural	12	14	12	6	9	10	8	71	10
Micro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus	5	5	9	6	6	4	4	39	6
Camión 2 Ejes	8	13	12	12	11	6	7	69	10
Camión 3 Ejes	7	9	11	5	8	4	0	44	6
Camión 4 Ejes	0	0	0	3	0	0	0	3	0
Articulado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	52	74	67	63	67	46	32	401	57

Nota: La presente tabla es de fuente propia.

Tabla 16:*Resumen de tráfico actual por tipo de vehículo - 2022 camino vecinal*

N° de estación	IMDs (Veh/día)	DISTRIBUCIÓN
E-1	63	34.48%
E-2	62	34.17%
E-3	57	31.35%
TOTAL	183	100.00%

Nota: La presente tabla es de fuente propia.

Finalmente se obtuvo un IMDS de 183 veh/semana.

4.1.3.2. Índice medio diario anual. Según (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014) “El cálculo del IMDA requiere de los índices de variación mensual, información que el MTC dispone y puede proporcionar de los registros continuos que obtiene actualmente en las estaciones existentes de peaje y de pesaje del propio MTC”. Se tomó en consideración el factor de corrección proporcionado por el peaje aledaño Planchón.

$$I.M.D.A = FC \times I.M.D.S$$

FC Tránsito ligero FC: 0.992

FC Tránsito pesado FC: 1.0343

Tabla 17:

Índice medio diario anual

	Tipo Vehículo	E-1	E-2	E-3	IMDa (Veh/día)	DISTRIBUCIÓN
Vehículo ligero	Auto + Station Wagon	7	6	3	16	8.52%
	Camioneta	18	20	23	61	32.53%
	Combi Rural	14	13	10	38	19.86%
	Micro	0	0	0	0	0.00%
	Bus	8	7	6	21	10.87%
Vehículo pesado	Camión 2 Ejes	12	10	10	32	17.12%
	Camión 3 Ejes	5	8	7	20	10.56%
	Camión 4 Ejes	0	0	0	1	0.47%
	Articulado	0	0	0	0	0.08%
	TOTAL	65	65	59	189	100.00%

Nota: La presente tabla es de fuente propia.

Se obtuvo u I.M.D.A de 189 veh/día.

4.1.3.3. Factor camión (Fvpi)

Tabla 18:

Factor camión o factor vehículo pesado

Tipo de Vehículos	Peso (ton.)	Factor (E.E)	Factor camión
Autos	1	0.0005	0.0011
	1	0.0005	
Factor vehículo camión C2	7	1.265	3.4772
	10	2.212	
Factor vehículo camión C3	7	1.265	3.477
	8	1.261	
	8	1.261	
Factor vehículo camión C4	7	1.265	2.774
	8	1.265	
	8	1.508	
	7	1.265	
Factor vehículo semi tráiler T2s1	7	1.265	7.742
	11	3.238	
	11	3.238	

Nota. Esta tabla ha sido adaptada del apartado “Ejemplo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.80). Derechos reservados

4.1.3.4. Número de ejes equivalentes. En cuanto al número

de ejes equivalentes, se determinó en base al IMDa por el factor neumático, factor direccional, factor carril y el factor de vehículo pesado, dados por el Manual de Carreteras Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times TF \times F_p$$

Tabla 19:

Factor de distribución direccional y de carril

Número de calzadas	Número de sentido	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor carril (Fe)	Factor ponderado Fd x Fe para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	100.00
	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	0.50	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.50	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	0.50	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.50	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.50	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Nota. Esta tabla ha sido adaptada del apartado “Ejemplo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.75). Derechos reservados

4.1.3.5. Factor de crecimiento acumulado. Para el cálculo de factor de crecimiento acumulado, se tomó en cuenta una tasa anual de crecimiento del 2.58% proporcionado por el OPMI-MTC (Programación Multianual y Gestión de Inversiones), y un periodo de diseño de 20 años. Asimismo, mediante la fórmula proporcionada por el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Se efectuó la operación matemática con las variables por ejemplo como la tasa anual y periodo de diseño, finalmente se obtuvo un factor de crecimiento acumulado de: 25.75.

4.1.3.6. ESAL de diseño. Con los datos anteriores se calculó el número de repeticiones de ejes equivalentes. Ejes equivalentes por tipo de vehículo al año, F_{ca} : Factor de crecimiento acumulado, 365: Número de días del año.

Tabla 20:

Cálculo de ESAL de diseño

CALCULO DE EJES EQUIVALENTES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES									
Tipo de Vehículo	IMDa	$F_{Camión}$	Días del Año	Periodo Dis.	$F_c \times F_D$	F_{ca}	F_p	Tasa (%)	W_{18}
C2	48	3.48	365	20	0.5	25.75	1.00	2.58%	784,348.67
C3	30	2.53	365	20	0.5	25.75	1.00	2.58%	356,137.61
C4	1	2.77	365	20	0.5	25.75	1.00	2.58%	13,036.76
SUMA TOTAL DE EJES EQUIVALENTES									1,153,523.04

Nota: La presente tabla es de fuente propia.

4.1.4. Diseño geométrico

4.1.2.1. Clasificación de la carretera

A. Por su demanda. De acuerdo al estudio de tráfico realizado, se proyectó un IMDa para el año 2043 mediante la formula del Transito fina, obteniendo un tráfico de 305 Veh/día y clasificando a la carretera como una carretera de tercera clase de acuerdo al “Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”.

Tabla 21:

Tabla de proyección del tráfico en relación al IMDa

	Tipo Vehículo	IMDa 2023 (Veh/día)	IMDa 2043 (Veh/día)
Vehículo ligero	Auto	16	27
	Camioneta	61	102
	Combi Rural	38	62
	Micro	0	0
	Bus	21	34
Vehículo pesado	Camión 2 Ejes	32	48
	Camión 3 Ejes	20	30
	Camión 4 Ejes	1	1
	Articulado	0	0
	TOTAL	189	305

Nota: La presente tabla es de fuente propia.

B. Por su orografía. De acuerdo a las pendientes obtenidas, se realizó un promedio de 7.54% concluyendo que la carretera está clasificada por su orografía como una carretera de tercera clase según el “Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”.

4.1.2.2. Velocidad de diseño. En definitiva, se asumió un criterio económico para la Velocidad de diseño de la vía. De 40 Km/h.

Según la Tabla 204.01 del “Manual de Diseño Geométrico” 2018 del MTC.

Tabla 22:

Tabla de criterios en relación a la velocidad de diseño

DESCRIPCION DE CRITERIOS	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)
a) Criterio económico	40
b) Diseño vial más seguro	90
c) Diseño vial moderado	60

Nota: La presente tabla es de fuente propia.

Figura 4:

Velocidades de diseño en relación a su orografía

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

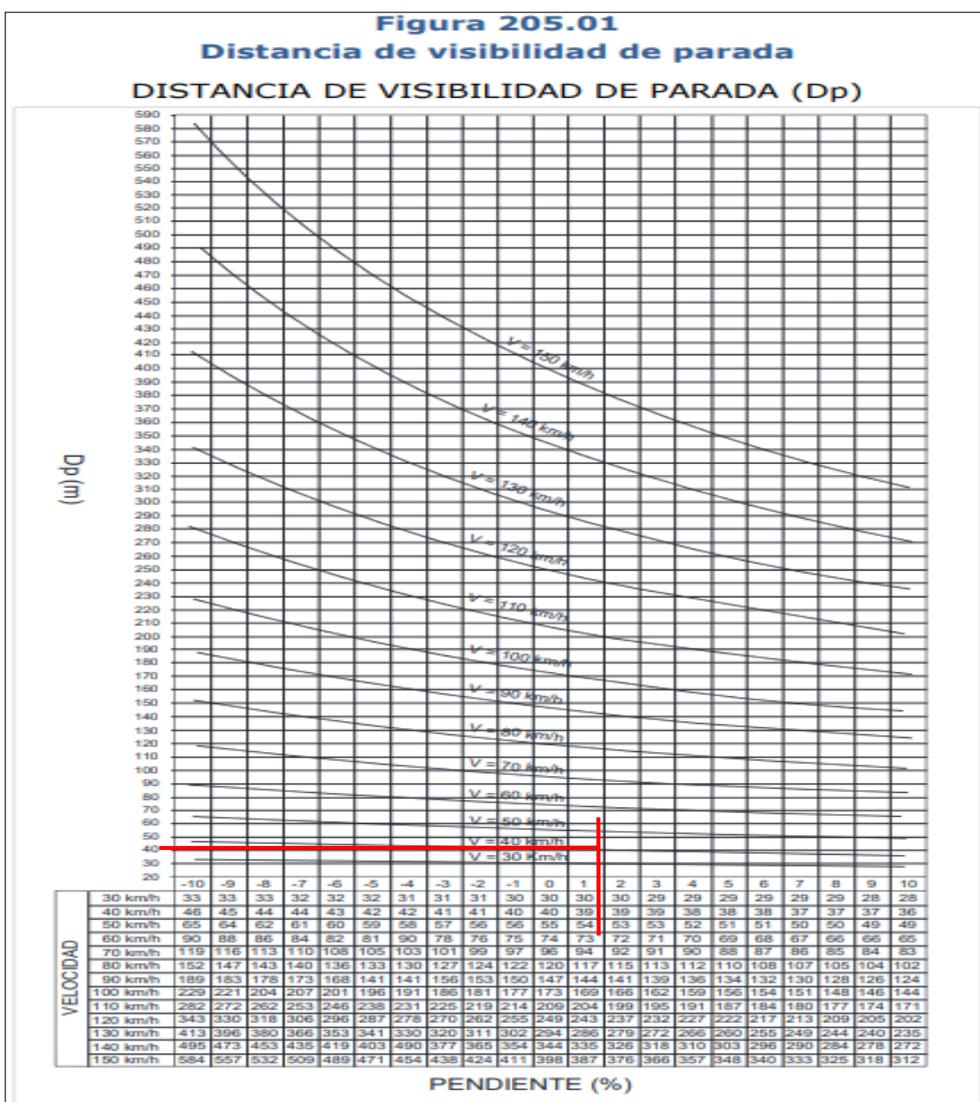
CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)													
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130			
Autopista de primera clase	Plano														
	Ondulado														
	Accidentado														
	Escarpado														
Autopista de segunda clase	Plano													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

Fuente: Esta figura ha sido adaptada de la “Tabla 204.01 Módulo Resiliente obtenido por correlación con CBR” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p.97). Derechos reservados.

4.1.2.3. Distancia de visibilidad de parada. En definitiva, se halló la distancia de visibilidad de parada mediante el método gráfico proporcionada por el “Manual de Diseño Geométrico” 2018 del MTC, obtenido como distancia prudente 40m para que los vehículos tengan un eficiente tiempo de frenado y seguridad en la carretera.

Figura 5:

Método grafico para determinar la distancia de visibilidad de parada

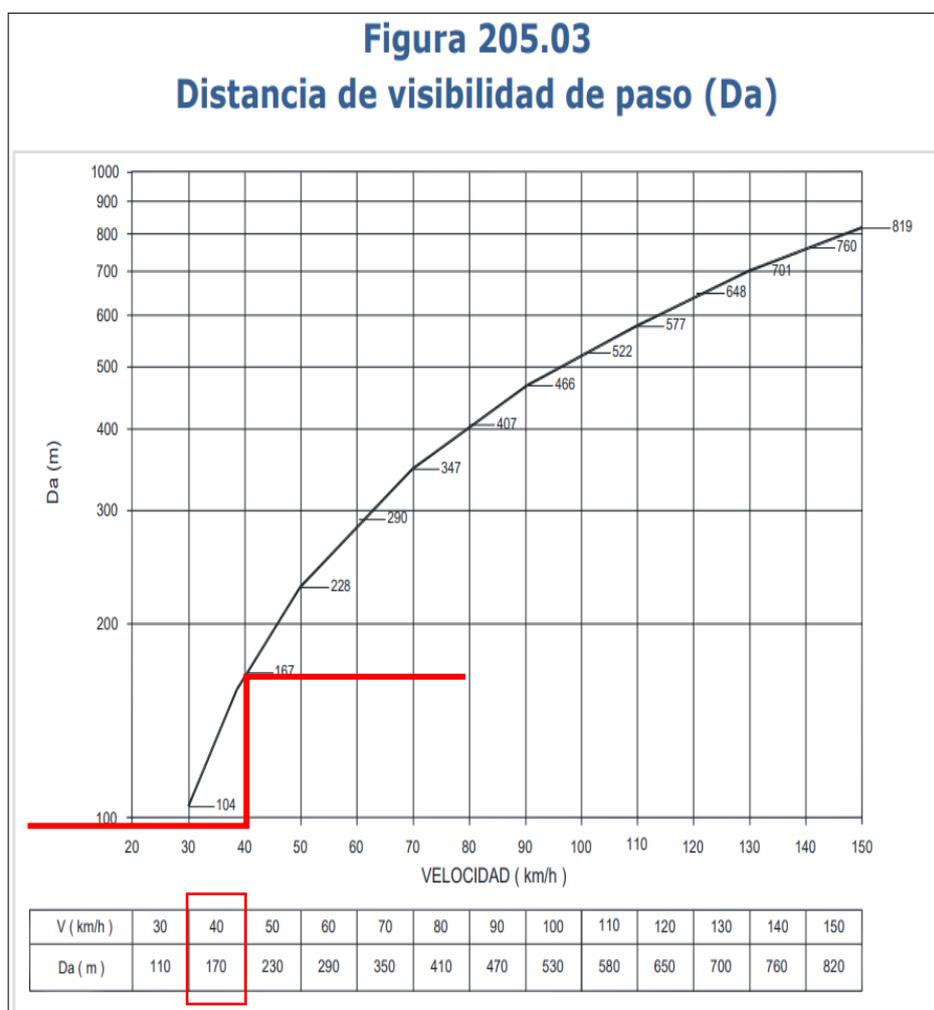


Fuente: Esta figura ha sido adaptada de la “Tabla 205.01 Distancia de visibilidad de parada” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p.106). Derechos reservados.

4.1.2.4. Distancia de visibilidad de adelantamiento. En definitiva, se halló la distancia de visibilidad de adelantamiento mediante el método gráfico proporcionada por el “Manual de Diseño Geométrico” 2018 del MTC, obtenido como distancia prudente 170m para que los vehículos tengan una eficiente distancia de adelantamiento con respecto al vehículos por delante, asimismo de la seguridad de la vía.

Figura 6:

Método gráfico para determinar la distancia de visibilidad de paso



Fuente: Esta figura ha sido adaptada de la “Tabla 205.03 Distancia de visibilidad de paso” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p.111). Derechos reservados.

4.1.2.5. Tramos en tangente. Para determinar los tramos en tangente, se tuvo en cuenta la velocidad de diseño que es de 40Km/h, es decir que para la Distancia mínima entre curvas de diferente sentido (Tipo S) el manual recomienda 56m, distancia mínima entre curvas de diferente sentido (Tipo O) el manual recomienda 111m y para la distancia máxima entre tramos tangentes el manual recomienda 668m.

Figura 7:

Longitudes de tramos en tangente en relación a la velocidad

Longitudes de tramos en tangente			
V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Fuente: Esta figura ha sido adaptada de la “Tabla 302.01 Longitudes de tramos en tangente” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p.129). Derechos reservados.

4.1.2.6. Radios mínimos. Para determinar los radios mínimos se tuvo en cuenta la velocidad de diseño que es de 40Km/h, es decir que mediante la siguiente figura el manual recomienda un coeficiente de fricción de 0.17 y un radio calculado de 50.4m finalmente el radio redondeado recomendado es de 50m.

Figura 8:

Radios calculados en relación a la ubicación de la vía

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	30	4.00	0.17	33.7	35
	40	4.00	0.17	60.0	60
	50	4.00	0.16	98.4	100
	60	4.00	0.15	149.2	150
	70	4.00	0.14	214.3	215
	80	4.00	0.14	280.0	280
	90	4.00	0.13	375.2	375
	100	4.00	0.12	492.10	495
	110	4.00	0.11	635.2	635
	120	4.00	0.09	872.2	875
Área rural (con peligro de hielo)	30	6.00	0.17	30.8	30
	40	6.00	0.17	54.8	55
	50	6.00	0.16	89.5	90
	60	6.00	0.15	135.0	135
	70	6.00	0.14	192.9	195
	80	6.00	0.14	252.9	255
	90	6.00	0.13	335.9	335
	100	6.00	0.12	437.4	440
	110	6.00	0.11	560.4	560
	120	6.00	0.09	755.9	755
Área rural (plano u ondulada)	30	8.00	0.17	28.3	30
	40	8.00	0.17	50.4	50
	50	8.00	0.16	82.0	85
	60	8.00	0.15	123.2	125
	70	8.00	0.14	175.4	175
	80	8.00	0.14	229.1	230
	90	8.00	0.13	303.7	305
	100	8.00	0.12	393.7	395
	110	8.00	0.11	501.5	500
	120	8.00	0.09	667.0	670
Área rural (accidentada o escarpada)	30	12.00	0.17	24.4	25
	40	12.00	0.17	43.4	45
	50	12.00	0.16	70.3	70
	60	12.00	0.15	105.0	105
	70	12.00	0.14	148.4	150
	80	12.00	0.14	193.8	195
	90	12.00	0.13	255.1	255
	100	12.00	0.12	328.1	330
	110	12.00	0.11	414.2	415
	120	12.00	0.09	539.9	540
130	12.00	0.08	665.4	665	

Fuente: Esta figura ha sido adaptada de la "Tabla 302.02 Longitudes de tramos en tangente" (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p.129). Derechos reservados.

4.1.5. Diseño del pavimento flexible mediante la metodología ASSHTO

93

4.1.5.1. Periodo de diseño

N = 20 años.

4.1.5.2. Variable de diseño.

En cuanto a la variable de diseño se empleará la ecuación básica del diseño de la estructura del pavimento, teniendo en consideración el ESAL de diseño y a su vez el CBR. W18 es el número de repeticiones de ejes equivalentes a 18000 lb (80kN) para el periodo de

diseño, teniendo en consideración que un eje equivalente simple de dos ruedas tiene un peso de 8.2 tn, establecido como base para el diseño del pavimento.

log

$$10(w_{18}) = z_R x S_o + 9.36 x \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{1094} \right]}{0.4 + \frac{1}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 x \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 Tn. (EAL)

$$W_{18} = 1,153,523.04$$

De acuerdo a (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014) se obtuvo un tipo de tráfico pesado clasificado según el manual como **Tp5**.

Modulo Resiliencia (MR)

$$M_r(psi) = 255 x CBR^{0.64}$$

Subrasante.

Para obtener el módulo de resiliencia de la subrasante es necesario tener el CBR promedio de los puntos de excavación, en este caso el CBR promedio obtenido es de 7.62% y haciendo uso de la formula del módulo de resiliencia se obtuvo un $M_r = 9369.59$ psi.

Tabla 23:

Módulo resiliente en correlación al CBR

CBR%	Módulo resiliente subrasante (MR) (PSI)	Módulo resiliente subrasante (MR) (MPA)
6	8,043.00	55.45
7	8,887.00	61.20
8	9,669.00	66.67
9	10,426.00	71.88
10	11,153.00	76.90
11	11,854.00	81.73
12	12,533.00	86.41

Fuente: Esta tabla ha sido adaptada del "Cuadro 12.5 Módulo Resiliente obtenido por correlación con CBR" (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.153). Derechos reservados.

Confiabilidad (%R).

La confiabilidad es la probabilidad de soporte de la estructura que se desea construir durante el periodo de diseño, para obtener la confiabilidad adecuada el manual del (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014) nos brinda una tabla acerca de la confiabilidad en relación al tipo de tráfico, finalmente para este diseño el tipo de tráfico es Tp5 en ese sentido obteniendo un nivel de confiabilidad del 85%.

Tabla 24:

Confiabilidad en relación al tipo de camino

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de confiabilidad
Caminos de bajo volumen de tránsito	Tp0	100,001	150,000	65%
	Tp1	150,001	300,000	70%
	Tp2	300,001	500,000	75%
	Tp3	500,001	750,000	80%
	Tp4	750,001	1,000,000	80%
Resto de caminos	Tp5	1,000,001	1,500,000	85%
	Tp6	1,500,001	3,000,000	85%
	Tp7	3,000,001	5,000,000	85%
	Tp8	5,000,001	7,500,000	90%

Fuente: Esta tabla ha sido adaptada del "Cuadro 12.6 Módulo Resiliente obtenido por correlación con CBR" (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.154). Derechos reservados.

Desviación estándar normal (Zr).

La desviación estándar se define como un valor de la confiabilidad elegida, para un conjunto de datos en una distribución. Como lo hace notar el manual del (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014), se obtuvo una desviación estándar de -1.036.

Tabla 25:*Desviación estándar en relación al tipo de tráfico*

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Desviación estándar normal (ZR)
Caminos de bajo volumen de tránsito	Tp0	100,001	150,000	-0.385
	Tp1	150,001	300,000	-0.524
	Tp2	300,001	500,000	-0.674
	Tp3	500,001	750,000	-0.842
	Tp4	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de caminos	Tp5	1,000,001	1,500,000	-0.104
	Tp6	1,500,001	3,000,000	-1.036
	Tp7	3,000,001	5,000,000	-1.036
	Tp8	5,000,001	7,500,000	-1.282

Fuente: Esta tabla ha sido adaptada del “Cuadro 12.8 Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr) Para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años) Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.156). Derechos reservados.

Desviación estándar combinado (So).

La desviación estándar es el valor que toma en consideración la variabilidad esperada del pronóstico del tráfico asimismo de otros factores que perjudican el comportamiento de la estructura del pavimento en la propuesta del modelo, construcción y medio ambiente. De acuerdo al manual (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014), este sugiere escoger un valor comprendidos entre los rangos de 0.40 y 0.50 para pavimentos flexibles, por lo cual para la presente investigación se adoptó el de valor de: 0.45.

Índice de serviciabilidad presente (PSI).

Se define como el confort en la circulación del usuario sobre la vía, los rangos que maneja la siguiente tabla de serviciabilidad es de 0 a 5, considerando que 5 es la mejor comodidad teórica y complicada de alcanzar y por el otro lado 0 demuestra

la peor comodidad; para la presente investigación el tipo de tráfico obtenido es un Tp5 es decir que se tomó en consideración un índice de serviciabilidad de 4 Pi.

Tabla 26:

Índice de serviciabilidad inicial en relación al tipo de tráfico

Tipo de Caminos	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (PI)	INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (PT)	DIFERENCIA DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	Tp1	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	Tp2	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	Tp3	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	Tp4	750,001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de caminos	Tp5	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	Tp6	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	Tp7	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	Tp8	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	Tp9	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	Tp10	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	Tp11	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	Tp12	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	Tp13	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	Tp14	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	Tp15	>30'000,000		4.50	3.00	1.50

Fuente: Esta tabla ha sido adaptada del "Cuadro 14.4 Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) Índice de Serviciabilidad Final o Terminal (Pt) Diferencial de Serviciabilidad" (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.256). Derechos reservados.

Índice de serviciabilidad inicial (Pi).

Empleando el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, se obtiene un Índice de Serviciabilidad Inicial de: 4.00.

Índice de serviciabilidad final (Pt).

Empleando el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, se obtiene un Índice de Serviciabilidad Final de: 2.50.

Variación de serviciabilidad (Δ PSI).

Empleando el “Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, se obtiene una variación de serviciabilidad de: 1.50.

4.1.5.3. Cálculo de número estructural requerido (SNR)

A. Requisitos de diseño

Tabla 27:

Tabla de requisitos de diseño en relación a los ejes equivalente

Periodo de Diseño	20	Años
Número de ejes equivalentes en total (W18)	1,153,523.04	E.E.
Servicialidad inicial (pi)	4.0	
Servicialidad final (pt)	2.5	
Factor de confiabilidad (R)	85%	
Desviación estándar normal (Zr)	-1.036	
Desviación estándar combinada (So)	0.45	

Nota: La presente tabla es de fuente propia.

Características de los materiales

Tabla 28:

Tabla de características de los materiales

Características de los materiales:	Valor	CBR (%)	Recomendación MTC
Módulo de resiliencia de la base granular (ksi)	42.21	80	(80-100%)
Módulo de resiliencia de la sub-base (ksi)	27.08	40	(>40%)
Módulo de resiliencia de la subrasante (Mr, ksi)	9.37	7.62	(≥6%)

Nota: La presente tabla es de fuente propia.

Cálculo del número estructural

Tabla 29:

Tabla de cálculo del número estructural en relación SN requerido

N18 NOMINAL	N18 CALCULO	SN req	
6.06	6.06	3.20	SN_{TOTAL}
FIJO	VARIABLE	AJUSTAR	

Nota: La presente tabla es de fuente propia.

Mediante la siguiente formula:

$$\log_{10}(w_{18}) = z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{1094} \right]}{0.4 + \frac{1}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Obteniendo finalmente un SN requerido de: 3.20

B. Coeficientes estructurales de las capas del pavimento

Tabla 30:

Tabla de coeficientes estructurales de capa

Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)	0.43
Base granular (a ₂)	0.14
Subbase (a ₃)	0.12

Fuente: Esta tabla ha sido adaptada del “Cuadro 12.13 Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento ai” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.162). Derechos reservados.

4.1.5.4. Coeficiente de drenaje.

Con base en “Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, se determinó como

“pobre en 1% - 5%” la capacidad de drenaje, asumiendo un coeficiente de drenaje

de valor 1.00 para diseñar las capas del pavimento.

Tabla 31:

Coefficiente de drenaje para base y Sub base

Calidad de drenaje	P= % del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercano a la saturación			
	Menos 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: Esta tabla ha sido adaptada del “Cuadro 12.15 Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje mi Para Bases y Sub Bases granulares no tratadas en Pavimentos Flexibles” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.162). Derechos reservados.

4.1.5.5. Cálculo de los espesores del pavimento. Con base

en “Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” en la página 187 se presenta una tabla de estructuras del pavimento flexible para un periodo de diseño de 20 años. Asimismo, menciona que el SN resul. > SN req. De tal forma que la mejor alternativa es la numero 1.

Figura 9:

Fórmula para determinar el número estructural requerido

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

Tabla 32:

Tabla de alternativas al diseño del pavimento en relación a los espesores

Alternativa	SN req.	SN resul.	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)
1	3.20	3.13	8	15	20
2	3.20	3.02	8	13	20

Nota: La presente tabla es de fuente propia.

Espesores finales

Tabla 33:

Espesores finales para el pavimento flexible

CARPETA ASFALTICA	8 cm
BASE	15 cm
SUB BASE GRANULAR	20 cm

Nota: La presente tabla es de fuente propia.

4.1.5.6. Diseño propuesto

Carpeta asfáltica = 8cm = 1.57 pulg.

Base (Afirmado) = 15cm = 5.90 pulg.

Subbase (2" a 6") = 20cm = 7.87 pulg.

4.1.6. Estudio hidrológico

4.1.6.1. Fisiografía del área de estudio. El Área y longitud del

cauce principal es definida como la proyección horizontal de la superficie de la cuenca, la cual se determinará mediante software ArcGIS y haciendo uso de diferentes fórmulas de hidrología para obtener un caudal, la unidad de medida es en Km² y metros lineales respectivamente.

Figura 10:

Área y longitud del cauce

Quebrada N°	Progresiva.	Área (Km ²)	Longitud del cauce (m)	Cota(msnm)		Desnivel (m)	S(m/m)	Tiempo de concentración(horas)				Tc (minutos)
				Máxima	Mínima			Kirpich	Temez	Bransby Williams	Promedio	
1	01+240.00	6.680	3067	254	210	44	0.01	0.81	1.57	1.44	1.27	76.46
2	09+540.00	8.890	3031	256	203	53	0.02	0.74	1.50	1.33	1.19	71.49

Fuente: (Propia, 2022).

Figura 11:

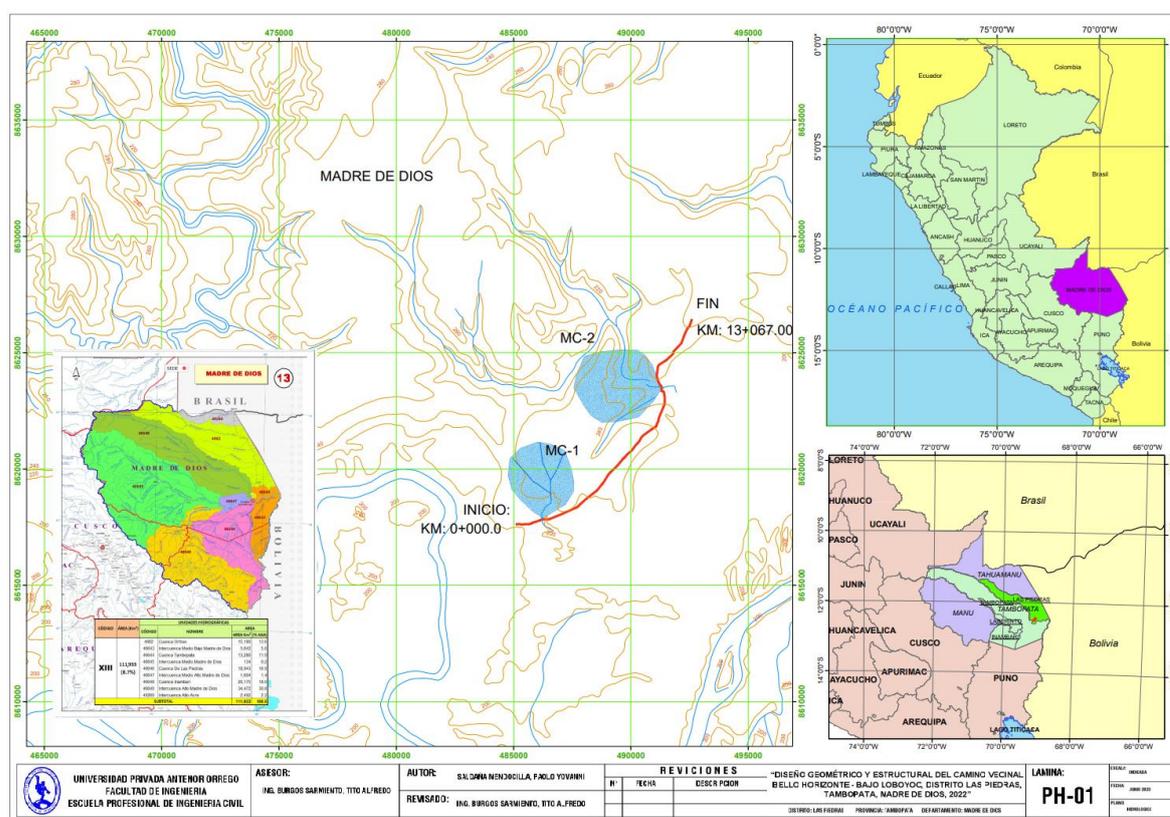
Caudal máximo en microcuencas

Quebrada N°	Progresivas	ESTRUCTURA		Área(Km2)	Obra de drenaje	C	Intensidad(mm/hr)	Caudal Máximo (m3/s)	Caudal Cunetas (m3/s)	Caudal Total (m3/s)
		ESTE	NORTE							
1	01+240.00	486210.39	8617847.31	6.680	Ponton	0.45	8.42	7.03	0.212	7.245
2	09+540.00	491332.20	8623444.67	8.890	Ponton	0.45	8.73	9.70	0.097	9.801

Fuente: (Propia, 2022).

Figura 12:

Plano de microcuencas



Fuente: (Propia, 2022)

4.1.6.2. Precipitaciones. La cuenca de estudio, En la Tabla

N°12 se presentan los registros pluviométricos de SENAMHI de las precipitaciones de los últimos 13 años en la estación del distrito las Piedras, con cuyos datos se realiza los cálculos del caudal de diseño de las cuencas donde se ubica obras de arte de drenaje. En la siguiente tabla se muestran las

precipitaciones máximas para el periodo 2010 a 2023 de la estación las Piedras, así mismo la precipitación promedio calculada es de 127.98 mm/24h.

Tabla 34:

Datos de precipitación en relación a los años

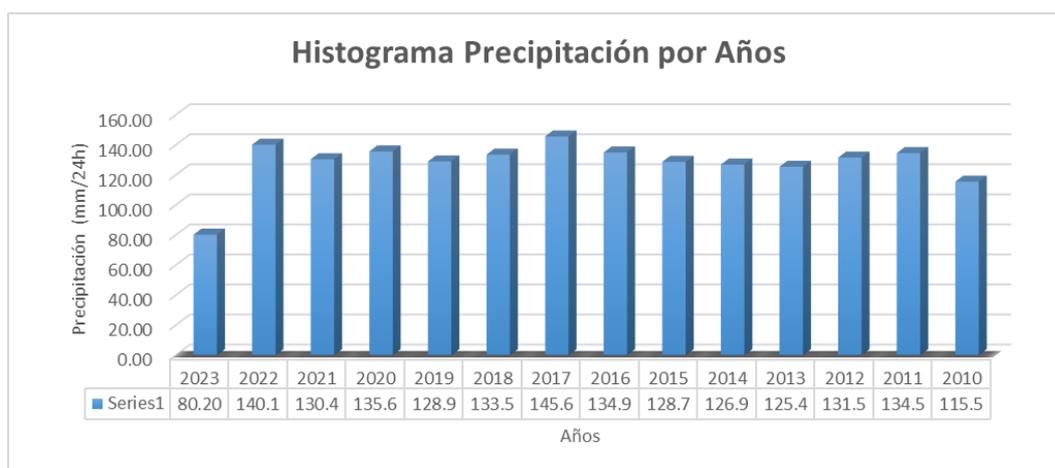
DATOS DE PRECIPITACION													
Departamento:	MADRE DE DIOS			Provincia:	PUERTO MALDONADO		Distrito:	LAS PIEDRAS					
Latitud :	12°	30′	17.4 5″	TIPO CONVENCIONAL METEOROLOGICA									
Longitud :	69°	8′	14.9 3″	ALTITUD:					220		m.s. n.m.		
AÑO\MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Max. (mm/24h)
2023	80.2 mm	25.1 mm	20.2 mm	21.0 mm	19.9 mm								80.20
2022	100.0 mm	140.1 mm	20.1 mm	20.1 mm	11.1 mm	7.3 mm	9.1 mm	12.5 mm	10.5 mm	15.6 mm	80.2 mm	60.5 mm	140.10
2021	95.0 mm	130.4 mm	22.5 mm	21.5 mm	12.6 mm	9.1 mm	11.8 mm	11.5 mm	11.4 mm	17.5 mm	85.6 mm	65.5 mm	130.40
2020	96.1 mm	135.6 mm	19.5 mm	22.6 mm	13.4 mm	7.8 mm	12.4 mm	13.4 mm	12.7 mm	19.4 mm	82.4 mm	68.4 mm	135.60
2019	94.2 mm	128.9 mm	28.5 mm	19.4 mm	18.9 mm	6.8 mm	13.4 mm	10.9 mm	13.6 mm	21.5 mm	78.9 mm	62.1 mm	128.90
2018	89.4 mm	133.5 mm	32.5 mm	21.4 mm	14.8 mm	7.8 mm	10.6 mm	13.4 mm	12.7 mm	17.4 mm	79.5 mm	60.9 mm	133.50
2017	120.5 mm	145.6 mm	46.5 mm	24.8 mm	21.8 mm	15.5 mm	14.6 mm	15.1 mm	16.4 mm	24.7 mm	84.5 mm	74.8 mm	145.60
2016	89.6 mm	134.9 mm	34.6 mm	18.9 mm	16.8 mm	5.6 mm	12.5 mm	14.1 mm	14.6 mm	19.4 mm	74.6 mm	84.4 mm	134.90
2015	95.5 mm	128.7 mm	32.5 mm	21.4 mm	20.7 mm	8.8 mm	11.9 mm	11.8 mm	12.8 mm	18.6 mm	81.2 mm	58.9 mm	128.70
2014	94.5 mm	126.9 mm	27.8 mm	19.4 mm	19.7 mm	9.1 mm	10.8 mm	12.4 mm	11.8 mm	15.4 mm	76.8 mm	61.4 mm	126.90
2013	97.8 mm	125.4 mm	26.1 mm	22.4 mm	18.4 mm	6.8 mm	12.4 mm	10.9 mm	10.9 mm	18.4 mm	74.9 mm	59.7 mm	125.40
2012	88.5 mm	131.5 mm	25.3 mm	21.6 mm	21.4 mm	7.2 mm	10.4 mm	12.1 mm	11.1 mm	16.3 mm	72.8 mm	62.4 mm	131.50
2011	79.5 mm	134.5 mm	27.2 mm	22.4 mm	20.4 mm	7.7 mm	13.4 mm	9.9 mm	12.4 mm	19.4 mm	76.9 mm	63.5 mm	134.50
2010	81.6 mm	115.5 mm	29.4 mm	23.4 mm	19.4 mm	6.9 mm	9.9 mm	13.7 mm	10.1 mm	14.9 mm	73.1 mm	54.8 mm	115.50
PRECIPITACION PROMEDIO =												127.98	
DESVIACION ESTANDAR =												15.45	

Fuente: (Propia, 2022)

4.1.6.3. Histograma de precipitaciones. Se realizó un histograma de precipitación en (mm/24h) del año 2010 al año 2013, a continuación, se muestra un gráfico de barras el cual presenta la precipitación máxima en años.

Figura 13:

Histograma de precipitación por años



Fuente: (Propia, 2022)

4.1.6.4. Precipitación máxima periodos de retorno. Los valores de $(Kt)^*$ fueron obtenidos de la formula anexada para cada tiempo de retorno.

La precipitación máxima se calcula sumando la desviación estándar con el resultado del producto de factor de frecuencia con la precipitación promedio teniendo como resultado para el periodo de retorno a trabajar (20años) el valor de 156.802.

$$K_r = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{T_r}{T_r - 1} \right) \right] \right\}$$

Tabla 35:

Precipitación máxima para periodos de retorno en 24 horas

PERIODO DE RETORNO	FACTOR DE FRECUENCIA (Kt)*	PRECIPITACION PROMEDIO (mm)	DESVIACION ESTANDAR (Tr)	PRECIPITACION MAXIMA (PTR)
	1	2	3	4= 2 + 1 x 3
10	1.305	127.98	15.45	148.132
20	1.866	127.98	15.45	156.802
50	2.592	127.98	15.45	168.025
100	3.137	127.98	15.45	176.434

Fuente: (Propia, 2022)

4.1.6.1. Intensidad máxima. Se calculó el caudal para las cunetas tomando en cuenta los periodos de retorno 10 años teniendo como resultado 38.360 mm/hora, 20 años para alcantarillas de alivio y 50 años para alcantarillas de paso.

Tabla 36:

Intensidad Máxima

PERIODO DE RETORNO	coeficiente	coeficiente	precipitación máxima (mm)	INTENSIDAD MAXIMA (mm/hora)
	a*	b*	PTR max.24	$I_{max} = a(PTR_{max.24})^b$
10	0.4602	0.875	148.132	36.498
20	0.4602	0.875	156.802	38.360
50	0.4602	0.875	168.025	40.752
100	0.4602	0.875	176.434	42.531

Fuente: (Propia, 2022)

4.1.7. Diseño de obras de drenaje

4.1.7.1. Velocidades máximas. En el proyecto se han considerado cunetas de rocas duras por lo que la velocidad máxima admisible es de 3.00 – 4.50 m/s.

Tabla 37:

Velocidades máximas según tipo de superficie

TIPO DE SUPERFICIE	VELOCIDAD LIMITE ADMISBLE(M/S)
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20-0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60-0.90
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0.60-1.20
Arcilla grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20-1.50
Hierba	1.20-1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40-2.40
Mampostería, rocas duras	3.00-4.50*
Concreto	4.50-6.00*

Fuente: Esta tabla ha sido adaptada del “Tabla 304.1 Velocidad máxima del agua” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.172). Derechos reservados.

4.1.7.2. Diseño de cunetas. Las cunetas que se proponen son de sección triangular, se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte, longitudinalmente paralela y adyacente a la calzada del camino y serán de tierra, por ser la carpeta de rodadura a nivel de afirmado. La inclinación del talud interior de la cuneta dependerá por condiciones de seguridad de la velocidad y volumen de diseño de la carretera, índice medio diario anual IMDA (veh/día); según lo indicado en la el siguiente cuadro:

Tabla 38:

Taludes de cunetas

V.D(km/h)	I.M.D.A	
	<750	>750
<70	1:2	*
	1:3	
>70	1:3	1:4

Fuente: Esta tabla ha sido adaptada del “Cuadro 304.12 INCLINACIONES MÁXIMAS DEL TALUD (V:H) INTERIOR DE LA CUNETAS” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.173). Derechos reservados.

4.1.7.3. Cálculo de caudales de diseño para cunetas. Este método permite calcular el caudal en el área de aporte correspondiente a la

longitud de cuneta, es muy usado para cuencas, A<10 Km2. Se calcula de la siguiente manera:

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

Dónde:

- Q: Caudal en m³/s
- C: Coeficiente de escurrimiento de la cuenca
- A: Área aportante en km²
- I: Intensidad de lluvia de diseño en mm/h

El caudal de aporte de las cunetas se resume en el siguiente cuadro:

Figura 14:

Cálculo de diseño para cunetas

N°	PRECIPITACION		CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO PARA CUNETAS					DRENAJE DE CARPETA DE RODADURA					Q Total			
	DESDE	HASTA	200790.7		TALUD DE CORTE			DRENAJE DE CARPETA DE RODADURA			Q2 (Coizado)		Q1 + Q2			
			LONGITUD (km)	ANCHO TRIBUTARIO (km)	AREA TRIBUTARIO (km2)	C	Periodo de Retorno	Intensidad Maxima (mm/hora)	Q 1 m3/seg	ANCHO TRIBUTARIO (km)	AREA TRIBUTARIO (Km2)	C		Periodo de Retorno	Intensidad Maxima (mm/hora)	
																Q2 (Coizado) m3/seg
1	00+000.00	00+020.00	0.02	0.10	0.0020	0.65	10	38.36	0.0139	0.0035	0.00007	0.20	10	38.36	0.00015	0.0140
2	00+080.00	00+340.00	0.26	0.10	0.0260	0.65	10	38.36	0.1801	0.0035	0.00091	0.20	10	29.779	0.00151	0.1816
3	00+360.00	00+480.00	0.12	0.10	0.0120	0.65	10	38.36	0.0831	0.0035	0.00042	0.20	10	38.36	0.00090	0.0840
4	00+520.00	00+540.00	0.02	0.10	0.0020	0.65	10	38.36	0.0139	0.0035	0.00007	0.20	10	30.779	0.00012	0.0140
5	00+620.00	00+660.00	0.04	0.10	0.0040	0.65	10	38.36	0.0277	0.0035	0.00014	0.20	10	38.36	0.00030	0.0280
6	00+720.00	00+740.00	0.02	0.10	0.0020	0.65	10	38.36	0.0139	0.0035	0.00007	0.20	10	38.36	0.00015	0.0140
7	00+740.00	00+940.00	0.20	0.10	0.0200	0.65	10	38.36	0.1385	0.0035	0.00070	0.20	10	32.779	0.00127	0.1398
8	01+140.00	01+120.00	0.02	0.10	0.0020	0.65	10	38.36	0.0139	0.0035	0.00007	0.20	10	38.36	0.00015	0.0140
9	01+320.00	01+440.00	0.12	0.10	0.0120	0.65	10	38.36	0.0831	0.0035	0.00042	0.20	10	33.779	0.00079	0.0839
10	01+480.00	01+520.00	0.04	0.10	0.0040	0.65	10	38.36	0.0277	0.0035	0.00014	0.20	10	38.36	0.00030	0.0280
11	01+700.00	01+800.00	0.10	0.10	0.0100	0.65	10	38.36	0.0693	0.0035	0.00035	0.20	10	34.779	0.00068	0.0699
12	01+860.00	01+920.00	0.06	0.10	0.0060	0.65	10	38.36	0.0416	0.0035	0.00021	0.20	10	38.36	0.00045	0.0420
13	02+020.00	02+040.00	0.02	0.10	0.0020	0.65	10	38.36	0.0139	0.0035	0.00007	0.20	10	35.779	0.00014	0.0140
14	02+080.00	02+220.00	0.14	0.10	0.0140	0.65	10	38.36	0.0970	0.0035	0.00049	0.20	10	38.36	0.00104	0.0980
15	02+300.00	02+460.00	0.16	0.10	0.0160	0.65	10	38.36	0.1108	0.0035	0.00056	0.20	10	36.779	0.00114	0.1120
16	02+520.00	02+620.00	0.10	0.10	0.0100	0.65	10	38.36	0.0693	0.0035	0.00035	0.20	10	38.36	0.00075	0.0700
17	02+680.00	02+780.00	0.10	0.10	0.0100	0.65	10	38.36	0.0693	0.0035	0.00035	0.20	10	37.779	0.00073	0.0700
18	02+980.00	03+180.00	0.20	0.10	0.0200	0.65	10	38.36	0.1385	0.0035	0.00070	0.20	10	38.36	0.00149	0.1400
19	03+240.00	03+260.00	0.02	0.10	0.0020	0.65	10	38.36	0.0139	0.0035	0.00007	0.20	10	38.779	0.00015	0.0140
20	03+460.00	03+600.00	0.14	0.10	0.0140	0.65	10	38.36	0.0970	0.0035	0.00049	0.20	10	38.36	0.00104	0.0980
21	03+720.00	03+880.00	0.16	0.10	0.0160	0.65	10	38.36	0.1108	0.0035	0.00056	0.20	10	39.779	0.00124	0.1121
22	03+960.00	04+200.00	0.24	0.10	0.0240	0.65	10	38.36	0.1662	0.0035	0.00084	0.20	10	38.36	0.00179	0.1680
23	04+280.00	04+440.00	0.16	0.10	0.0160	0.65	10	38.36	0.1108	0.0035	0.00056	0.20	10	40.779	0.00127	0.1121
24	04+500.00	04+720.00	0.22	0.10	0.0220	0.65	10	38.36	0.1524	0.0035	0.00077	0.20	10	38.36	0.00164	0.1540
25	04+780.00	04+860.00	0.08	0.10	0.0080	0.65	10	38.36	0.0554	0.0035	0.00028	0.20	10	41.779	0.00065	0.0561
26	04+920.00	05+000.00	0.08	0.10	0.0080	0.65	10	38.36	0.0554	0.0035	0.00028	0.20	10	38.36	0.00060	0.0560
27	05+060.00	05+640.00	0.58	0.10	0.0580	0.65	10	38.36	0.4017	0.0035	0.00203	0.20	10	42.779	0.00482	0.4065
28	06+620.00	06+740.00	0.12	0.10	0.0120	0.65	10	38.36	0.0831	0.0035	0.00042	0.20	10	38.36	0.00090	0.0840
29	07+000.00	07+260.00	0.26	0.10	0.0260	0.65	10	38.36	0.1801	0.0035	0.00091	0.20	10	43.779	0.00221	0.1823
30	07+360.00	07+600.00	0.24	0.10	0.0240	0.65	10	38.36	0.1662	0.0035	0.00084	0.20	10	38.36	0.00179	0.1680
31	07+760.00	07+820.00	0.06	0.10	0.0060	0.65	10	38.36	0.0416	0.0035	0.00021	0.20	10	38.36	0.00045	0.0420
32	07+960.00	08+360.00	0.40	0.10	0.0400	0.65	10	38.36	0.2770	0.0035	0.00140	0.20	10	44.779	0.00348	0.2805
33	08+440.00	08+900.00	0.46	0.10	0.0460	0.65	10	38.36	0.3186	0.0035	0.00161	0.20	10	38.36	0.00343	0.3220
34	09+240.00	09+460.00	0.22	0.10	0.0220	0.65	10	38.36	0.1524	0.0035	0.00077	0.20	10	38.36	0.00164	0.1540
35	09+720.00	10+180.00	0.46	0.10	0.0460	0.65	10	38.36	0.3186	0.0035	0.00161	0.20	10	44.779	0.00401	0.3226
36	10+280.00	10+300.00	0.02	0.10	0.0020	0.65	10	38.36	0.0139	0.0035	0.00007	0.20	10	38.36	0.00015	0.0140
37	10+420.00	10+500.00	0.08	0.10	0.0080	0.65	10	38.36	0.0554	0.0035	0.00028	0.20	10	38.36	0.00060	0.0560
38	10+540.00	10+580.00	0.04	0.10	0.0040	0.65	10	38.36	0.0277	0.0035	0.00014	0.20	10	44.779	0.00035	0.0281
39	10+640.00	10+760.00	0.12	0.10	0.0120	0.65	10	38.36	0.0831	0.0035	0.00042	0.20	10	44.779	0.00104	0.0842
40	10+900.00	11+000.00	0.10	0.10	0.0100	0.65	10	38.36	0.0693	0.0035	0.00035	0.20	10	38.36	0.00075	0.0700
41	11+100.00	11+300.00	0.20	0.10	0.0200	0.65	10	38.36	0.1385	0.0035	0.00070	0.20	10	38.36	0.00149	0.1400
42	11+500.00	11+600.00	0.10	0.10	0.0100	0.65	10	38.36	0.0693	0.0035	0.00035	0.20	10	44.779	0.00087	0.0701
43	11+660.00	11+820.00	0.16	0.10	0.0160	0.65	10	38.36	0.1108	0.0035	0.00056	0.20	10	44.779	0.00139	0.1122
44	12+000.00	12+120.00	0.12	0.10	0.0120	0.65	10	38.36	0.0831	0.0035	0.00042	0.20	10	38.36	0.00090	0.0840
45	12+240.00	12+340.00	0.10	0.10	0.0100	0.65	10	38.36	0.0693	0.0035	0.00035	0.20	10	38.36	0.00075	0.0700
46	12+400.00	12+560.00	0.16	0.10	0.0160	0.65	10	38.36	0.1108	0.0035	0.00056	0.20	10	44.779	0.00139	0.1122
47	12+640.00	13+060.00	0.42	0.10	0.0420	0.65	10	38.36	0.2909	0.0035	0.00147	0.20	10	38.36	0.00313	0.2940

CAUDAL MAYOR = 0.4065

Fuente: (Propia, 2022)

4.1.7.4. Capacidad de las cunetas. Del cálculo obtenemos

una capacidad de cuneta es 1.622 m3/s mayor al caudal de aporte critico de 0.3167 m3/s y una velocidad de 4.289 m/s que se encuentra dentro de los límites

de velocidad permitidos para canales de roca dura. El tipo de flujo obtenido es subcrítico lo que nos garantiza la estabilidad del flujo. Se utilizó un coeficiente de Manning de 0.025 para canales de tierra gravosa, una pendiente de 9.00% en el tramo con caudal de aporte crítico, un talud de 1.20:0.80 (H: V) y un borde libre de 10.00 cm. Para el cálculo de la capacidad de las cunetas utilizaremos el principio del flujo en canales abiertos usando la ecuación de Manning:

$$Q = A \times V = \frac{(A \times R_h^{2/3} \times S^{1/2})}{n}$$

Dónde:

Q: Caudal (m³/seg)

V: Velocidad media (m/s)

A: Área de la sección (m²)

P: Perímetro mojado (m)

R_h: A/P Radio hidráulico (m) (área de la sección entre el perímetro mojado)

S: Pendiente del fondo (m/m/)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

Para el cálculo de la capacidad de la cuneta se tomaron las dimensiones recomendadas por el manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje para una zona lluviosa las cuales se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 39:

Tabla de dimensiones mínimas en relación a las regiones

REGION	PROFUNDIDAD (m)	ANCHO(m)
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.75
Muy lluviosa	0.50	1.00

Fuente: Esta tabla ha sido adaptada del "Tabla N.º 34 Dimensiones mínimas" (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.178).
Derechos reservados.

Figura 15:

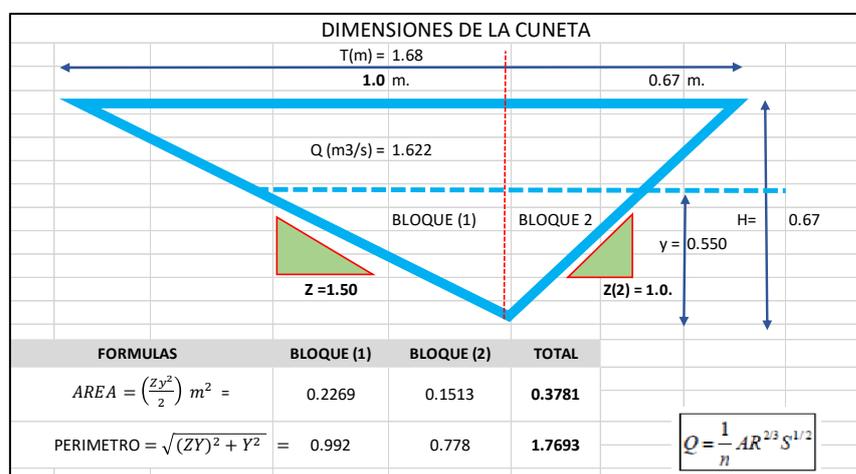
Cálculo de dimensiones de la cuneta en relación a su sección

RELACIONES GEOMETRICAS									TIPO DE TERRENO		Ecu. De Manning		Máx. Calculado	
SECCION	TIRANTE	PENDIENTE		AREA HIDRAULICA	PERIMETRO MOJADO	RADIO	ESPEJO DE AGUA	BORDE LIBRE	ALTURA	RUGOSIDAD	PENDIENTE TERRENO	VELOCIDAD (m/s)	CAUDAL (m3/s)	CAUDAL (m3/s)
		HIDRAULICO	VELOCIDAD (m/s)			CAUDAL (m3/s)								
TRIANGULAR	y	Z ₁	Z ₂	A	P	R	T	B	H	n	s	V	Q	Q
	0.55	1.50	0.10	0.378	1.769	0.214	0.110	0.12	0.67	0.025	0.090	4.289	1.622	0.4065

Fuente: (Propia, 2022)

Figura 16:

Dimensiones de la cuneta en relación a su gráfica



Fuente: (Propia, 2022)

4.1.7.5. Cálculo de caudales de diseño para alcantarillas.

Para el cálculo de caudales se determinó lo siguiente:

Numero de Alcantarilla de Alivio

Se han proyectado 9 alcantarillas de alivio a lo largo de la carretera para descargar las cunetas en las progresivas que se muestran a continuación sombreadas de color gris.

Tipo y Sección

Los tipos de alcantarillas comúnmente utilizadas en proyectos de carreteras en nuestro país son: marco de concreto, tuberías metálicas corrugadas, tuberías de concreto y tuberías de polietileno de alta densidad. En el proyecto se utilizarán alcantarillas de acero corrugado tipo TMC de sección circular por la eficiencia en el drenaje de las aguas pluviales, buen comportamiento estructural y facilidad constructiva que poseen.

Caudal de Aporte

Al igual que en las cunetas, se empleará la fórmula racional tomando la longitud de las cunetas que llegan al aliviadero y una longitud de 100 metros de altura para hallar el área tributaria las que se muestran sombreadas de color gris.

Figura 17:

Cálculo de caudales de diseño para alcantarillas

CALCULO DE CAUDALES DE DISEÑO PARA ALCANTARILLAS DE ALIVIO																																
N°	PRECIPITACION			TAJAL DE CORTE							DRENAJE DE CARPETA DE RODADURA						Q Total															
	DESDE	HASTA	LONGITUD (km)	ANCHO TRIBUTARIO (km)	AREA TRIBUTARIO (km ²)	C	Periodo de Retorno	Intensidad Maxima (mm/hora)	Q1 m ³ /seg	ANCHO TRIBUTARIO (km)	AREA TRIBUTARIO (km ²)	C	Periodo de Retorno	Intensidad Maxima (mm/hora)	Q2 m ³ /seg	Q1 + Q2 m ³ /seg																
1	00+000.00	00+020.00	0.02	0.10	0.002	0.65	20	29.779	0.0108	0.0035	0.00007	0.20	20	29.779	0.00012	0.0109																
2	00+080.00	00+340.00	0.26	0.10	0.026	0.65	20	29.779	0.1398	0.0035	0.00091	0.20	20	29.779	0.00151	0.1413																
3	00+340.00	00+480.00	0.14	0.10	0.014	0.65	20	29.779	0.0753	0.0035	0.00049	0.20	20	29.779	0.00081	0.0761																
4	00+520.00	00+540.00	0.02	0.10	0.002	0.65	20	29.779	0.0108	0.0035	0.00007	0.20	20	29.779	0.00012	0.0109																
5	00+620.00	00+660.00	0.04	0.10	0.004	0.65	20	29.779	0.0215	0.0035	0.00014	0.20	20	29.779	0.00023	0.0217																
6	00+720.00	00+740.00	0.02	0.10	0.002	0.65	20	29.779	0.0108	0.0035	0.00007	0.20	20	29.779	0.00012	0.0109																
7	00+740.00	00+940.00	0.20	0.10	0.020	0.65	20	29.779	0.1075	0.0035	0.00070	0.20	20	29.779	0.00116	0.1087																
8	01+140.00	01+120.00	0.02	0.10	0.002	0.65	20	29.779	0.0108	0.0035	0.00007	0.20	20	29.779	0.00012	0.0109																
9	01+320.00	01+440.00	0.12	0.10	0.012	0.65	20	29.779	0.0645	0.0035	0.00042	0.20	20	29.779	0.00069	0.0652																
10	01+480.00	01+520.00	0.04	0.10	0.004	0.65	20	29.779	0.0215	0.0035	0.00014	0.20	20	29.779	0.00023	0.0217																
11	01+700.00	01+800.00	0.10	0.10	0.010	0.65	20	29.779	0.0538	0.0035	0.00035	0.20	20	29.779	0.00058	0.0543																
12	01+860.00	01+920.00	0.06	0.10	0.006	0.65	20	29.779	0.0323	0.0035	0.00021	0.20	20	29.779	0.00035	0.0326																
13	02+020.00	02+040.00	0.02	0.10	0.002	0.65	20	29.779	0.0108	0.0035	0.00007	0.20	20	29.779	0.00012	0.0109																
14	02+080.00	02+220.00	0.14	0.10	0.014	0.65	20	29.779	0.0753	0.0035	0.00049	0.20	20	29.779	0.00081	0.0761																
15	02+300.00	02+460.00	0.16	0.10	0.016	0.65	20	29.779	0.0860	0.0035	0.00056	0.20	20	29.779	0.00093	0.0870																
16	02+520.00	02+620.00	0.10	0.10	0.010	0.65	20	29.779	0.0538	0.0035	0.00035	0.20	20	29.779	0.00058	0.0543																
17	02+680.00	02+780.00	0.10	0.10	0.010	0.65	20	29.779	0.0538	0.0035	0.00035	0.20	20	29.779	0.00058	0.0543																
18	02+980.00	03+180.00	0.20	0.10	0.020	0.65	20	29.779	0.1075	0.0035	0.00070	0.20	20	29.779	0.00116	0.1087																
19	03+240.00	03+260.00	0.02	0.10	0.002	0.65	20	29.779	0.0108	0.0035	0.00007	0.20	20	29.779	0.00012	0.0109																
20	03+460.00	03+600.00	0.14	0.10	0.014	0.65	20	29.779	0.0753	0.0035	0.00049	0.20	20	29.779	0.00081	0.0761																
21	03+720.00	03+880.00	0.16	0.10	0.016	0.65	20	29.779	0.0860	0.0035	0.00056	0.20	20	29.779	0.00093	0.0870																
22	03+960.00	04+200.00	0.24	0.10	0.024	0.65	20	29.779	0.1290	0.0035	0.00084	0.20	20	29.779	0.00139	0.1304																
23	04+280.00	04+440.00	0.16	0.10	0.016	0.65	20	29.779	0.0860	0.0035	0.00056	0.20	20	29.779	0.00093	0.0870																
24	04+500.00	04+720.00	0.22	0.10	0.022	0.65	20	29.779	0.1183	0.0035	0.00077	0.20	20	29.779	0.00127	0.1196																
25	04+780.00	04+860.00	0.08	0.10	0.008	0.65	20	29.779	0.0430	0.0035	0.00028	0.20	20	29.779	0.00046	0.0435																
26	04+920.00	05+000.00	0.08	0.10	0.008	0.65	20	29.779	0.0430	0.0035	0.00028	0.20	20	29.779	0.00046	0.0435																
27	05+060.00	05+640.00	0.58	0.10	0.058	0.65	20	29.779	0.3119	0.0035	0.00203	0.20	20	29.779	0.00336	0.3152																
28	06+620.00	06+740.00	0.12	0.10	0.012	0.65	20	29.779	0.0645	0.0035	0.00042	0.20	20	29.779	0.00069	0.0652																
29	07+000.00	07+260.00	0.26	0.10	0.026	0.65	20	29.779	0.1398	0.0035	0.00091	0.20	20	29.779	0.00151	0.1413																
30	07+360.00	07+600.00	0.24	0.10	0.024	0.65	20	29.779	0.1290	0.0035	0.00084	0.20	20	29.779	0.00139	0.1304																
31	07+760.00	07+820.00	0.06	0.10	0.006	0.65	20	29.779	0.0323	0.0035	0.00021	0.20	20	29.779	0.00035	0.0326																
32	07+960.00	08+360.00	0.40	0.10	0.040	0.65	20	29.779	0.2151	0.0035	0.00140	0.20	20	29.779	0.00232	0.2174																
33	08+440.00	08+900.00	0.46	0.10	0.046	0.65	20	29.779	0.2473	0.0035	0.00161	0.20	20	29.779	0.00266	0.2500																
34	09+240.00	09+460.00	0.22	0.10	0.022	0.65	20	29.779	0.1183	0.0035	0.00077	0.20	20	29.779	0.00127	0.1196																
35	09+720.00	10+180.00	0.46	0.10	0.046	0.65	20	29.779	0.2473	0.0035	0.00161	0.20	20	29.779	0.00266	0.2500																
36	10+280.00	10+300.00	0.02	0.10	0.002	0.65	20	29.779	0.0108	0.0035	0.00007	0.20	20	29.779	0.00012	0.0109																
37	10+420.00	10+500.00	0.08	0.10	0.008	0.65	20	29.779	0.0430	0.0035	0.00028	0.20	20	29.779	0.00046	0.0435																
38	10+540.00	10+580.00	0.04	0.10	0.004	0.65	20	29.779	0.0215	0.0035	0.00014	0.20	20	29.779	0.00023	0.0217																
39	10+640.00	10+760.00	0.12	0.10	0.012	0.65	20	29.779	0.0645	0.0035	0.00042	0.20	20	29.779	0.00069	0.0652																
40	10+900.00	11+000.00	0.10	0.10	0.010	0.65	20	29.779	0.0538	0.0035	0.00035	0.20	20	29.779	0.00058	0.0543																
41	11+100.00	11+300.00	0.20	0.10	0.020	0.65	20	29.779	0.1075	0.0035	0.00070	0.20	20	29.779	0.00116	0.1087																
42	11+500.00	11+600.00	0.10	0.10	0.010	0.65	20	29.779	0.0538	0.0035	0.00035	0.20	20	29.779	0.00058	0.0543																
43	11+660.00	11+820.00	0.16	0.10	0.016	0.65	20	29.779	0.0860	0.0035	0.00056	0.20	20	29.779	0.00093	0.0870																
44	12+000.00	12+120.00	0.12	0.10	0.012	0.65	20	29.779	0.0645	0.0035	0.00042	0.20	20	29.779	0.00069	0.0652																
45	12+240.00	12+340.00	0.10	0.10	0.010	0.65	20	29.779	0.0538	0.0035	0.00035	0.20	20	29.779	0.00058	0.0543																
46	12+400.00	12+560.00	0.16	0.10	0.016	0.65	20	29.779	0.0860	0.0035	0.00056	0.20	20	29.779	0.00093	0.0870																
47	12+400.00	12+560.00	0.26	0.10	0.026	0.65	20	29.779	0.1398	0.0035	0.00091	0.20	20	29.779	0.00151	0.1413																
															CAUDAL MAYOR =	0.3152																

Fuente: (Propia, 2022)

Calculo Hidráulico de Aliviaderos

Se utilizará la fórmula de Robert Manning para canales abiertos y tuberías, para el cálculo de la velocidad del flujo y caudal de la tubería.

Con el software H canales se procedió a realizar el cálculo hidráulico para verificar que el caudal calculado sea mayor que el caudal de aporte. El caudal de aporte crítico es 0.3152 m³/s.

Se utilizó un coeficiente de 0.025 para tuberías metálicas corrugadas, una pendiente de 2% y un tirante de agua de (0.35 m) para hallar la sección con velocidad crítica.

Figura 18:

Cálculo hidráulico de alcantarilla

Calculo del caudal, sección circular

Lugar: **Las Piedras** Proyecto: **TESIS JUNIO 2023**
 Tramo: **Bello horizonte bajo loboyoc** Revestimiento: **alcantarilla TMC**

Datos:

Tirante (y): **0.35** m
 Diámetro (d): **0.8** m
 Rugosidad (n): **0.025**
 Pendiente (S): **0.02** m/m



Resultados:

Caudal (Q): **0.3853** m³/s Velocidad (v): **1.8223** m/s
 Área hidráulica (A): **0.2114** m² Perímetro mojado (p): **1.1564** m
 Radio hidráulico (R): **0.1828** m Espejo de agua (T): **0.7937** m
 Número de Froude (F): **1.1273** Energía específica (E): **0.5193** m-Kg/Kg
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Calculador

Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal

Retorna al Menú principal 13:49 28/05/2023

Fuente: (Propia, 2022)-Hcanales

Como resultado del programa se obtuvo un caudal de 0.3853 m³/seg, superior al caudal de aporte crítico de 0.3152 m³/seg y una velocidad de 1.8223 m/s que se encuentra dentro de los rangos admisibles.

4.1.7.6. Dimensión hidráulica de alcantarilla. El estudio hidrológico pluviométrico y de las cuencas nos permitió calcular las dimensiones de las obras de arte proyectadas. Las cunetas se dimensionaron de 1.67 x 0.67 m, se proyectaron 24 de alivio de tuberías TMC y 2 pontones”.

Tabla 40:

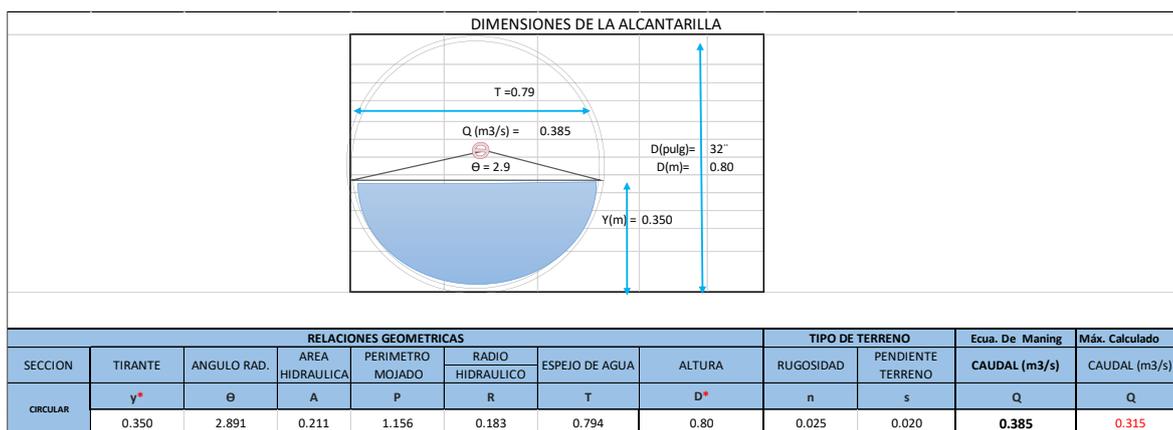
Diámetro y cantidad de alcantarillas

DIAMETRO	CANTIDAD
Alcantarilla TMC 32"	24

Fuente: (Propia, 2022)

Figura 19:

Dimensión hidráulica de alcantarilla



Fuente: (Propia, 2022)

Figura 20:

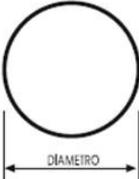
Diámetros comerciales

Prodac @ **BEKAERT**

5. PRESENTACION TUBERÍAS DE SECCIÓN CIRCULAR

DIÁMETRO		DESARROLLO	SECCIÓN	PERÍMETRO	ESPESOR	H_n	$AR_n^{2/3}$
mm.	plg.	pi	(m ²)	(m)	(mm.)	(m)	
600	24	6	0,283	1,885	2,00	0,563	0,086
800	32	8	0,503	2,513	2,00	0,750	0,185
900	36	9	0,636	2,827	2,00	0,844	0,253
1000	40	10	0,785	3,142	2,50	0,938	0,335
1200	48	12	1,131	3,770	2,50	1,126	0,545
1500	60	15	1,767	4,712	3,00	1,407	0,988
1800	72	18	2,545	5,655	3,50	1,688	1,607
2000	80	20	3,142	6,283	3,50	1,876	2,129

Notas:
 (1) Para el cálculo hidráulico se entrega la Altura Normal ($H_n = 0,938D$) y el factor de sección ($AR_n^{2/3}$) máximo.
 (2) Las alcantarillas de diámetro = 800 mm, 1000 mm y 2000 mm se consieran fabricación especial.
 (3) Los espesores que se indica en cada emdida, corresponde a los fabriados comecialmente. A solicitud del cliente se pueden variar los espesores.



Fuente: (Propia, 2022)

4.1.8. Planos de detalle

4.2. Docimasia de hipótesis

La presente tesis de investigación es descriptiva empleando una metodología aplicada, el diseño es de tipo campo, no experimental, ya que se recopiló datos directamente del área de estudio para poder analizar y desarrollar un diseño de pavimento flexible, asimismo se realiza la posible hipótesis concluyendo que este diseño podría mejorar el servicio de los usuarios de la vía. La propuesta de diseño estructural cumple con todos los parámetros del manual DG-2018, Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos y el manual de hidrología, hidráulica y drenaje.

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En el proceso de desarrollo de la presente tesis, el objetivo principal fue calcular el diseño geométrico y estructural adecuado del pavimento flexible para el camino vecinal Bello Horizonte – Bajo Loboyoc, con el fin de mejorar la transitabilidad vehicular para una futura ejecución, mejorando la economía y calidad de vida de la población.

Como lo hace notar la investigación de Miñano y Urquiaga, 2018 donde el estudio de mecánica de suelos obtuvo un CBR promedio de 19% (clasificándolo como una subrasante de calidad buena) para todo el tramo de la carretera, siendo mayor al 7.34% del CBR lo cual está justo al margen de ser un suelo que necesite refuerzo, en referencia a los estudios de mecánica de suelos, se tomaron muestras de tres calicatas denominadas C-1, C-2 y C-3 con una profundidad de 1.50m realizándose un análisis granulométrico de donde se obtuvo una clasificación A-6 (16) según el sistema AASHTO (suelos limosos de arena, sedimentos y finos de baja compresión) con una denominación CL de acuerdo al sistema SUCS.

Como lo hace notar la investigación de Coicaposa & Salazar, 2021 donde el estudio de tráfico empleado fue de 1474 Veh/día, por consiguiente, los ejes equivalentes serán mayores debido al tráfico proyectado, siendo mayor al estudio de tráfico de la presente investigación. Como lo hace notar la investigación de Prado & García, 2017 donde empleó el Manual de Carreteras Diseño Geométrico (DG 2018), obtuvieron velocidades de 100 Km/h hasta 120 Km/h proporcionando todas las condiciones de seguridad, las cuales son elevadas en comparación de la presente investigación, dando como resultado mayores radios.

Como lo hace notar la investigación de Miñano & Urquiaga, 2018 donde se empleó la metodología AASHTO 93, obtuvieron espesores del pavimento tales como sub base granular de 15cm y una base de 15 cm, el cual tiene unos menores espesores en comparación de la presente investigación.

VI. CONCLUSIONES

- Se determinó que la carretera está clasificada de acuerdo a su orografía como terreno plano (tipo 1), evidenciando un promedio de pendientes transversales de 7.54%, siendo menores al 10% como indica el MTC.
- En base al estudio de mecánica de suelos, se realizaron 3 calicatas, asimismo se determinó la composición del suelo presentando una arcilla de baja plasticidad, clasificada como tipo CL A-6 (16) suelo limo arcilloso, y de acuerdo a las muestras analizadas en laboratorio se obtuvo un CBR promedio de 7.43% para el camino vecinal Bello Horizonte – Bajo Loboyoc.
- En base al estudio de tráfico vehicular y posterior cálculo de proyección de tráfico para un periodo de 20 años, se obtuvo un Índice Medio Diario Anual (IMDA) igual a 305 Veh/día, siendo clasificada como Tp5 en los rangos de tráfico

pesado, ejes equivalentes igual a 1'153523.04 para el camino vecinal Bello Horizonte – Bajo Loboyoc.

- Se realizó el diseño geométrico para el camino vecinal teniendo como parámetros de diseño los más adecuados y recomendados por el MTC, se obtuvo una velocidad de diseño de 40 Km/h, una distancia de visibilidad de para de 40 m, una distancia de adelantamiento de 170 m y radios mínimos de 50 m; en una distancia total de 13.067 km.
- Se realizó el diseño del pavimento flexible para un periodo de 20 años, de acuerdo a la metodología AASHTO 93, estableciendo los siguientes espesores: sub base granular de 20 cm, base de 15 cm y una carpeta asfáltica de 8 cm.
- Se realizó el estudio hidrológico de las cuencas obteniendo un subtotal de 111,933 Km² y un análisis de precipitaciones máximas para un periodo de 13 años, determinando una precipitación promedio calculada de 127.98 mm/24h.
- Se realizó el diseño de obras de drenaje de la carretera, de acuerdo al manual del MTC, las cunetas triangulares se dimensionaron de 1.67 x 0.67 m y se proyectaron 24 de tuberías de alivio de TMC de 32”.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda emplear levantamientos mediante drones o nuevas tecnologías para mayor precisión en el estudio.
- Se recomienda que los especialistas de suelos hagan un mayor número de calicatas entre otros ensayos con respecto al mejoramiento de la subrasante.
- Se recomienda un conteo vehicular más eficiente y veloz, debido a la importancia que tiene para el diseño de cada espesor del pavimento.

- Se recomienda en base al diseño del pavimento mediante la metodología AASHTO 93 realizar un análisis adicional con otros tipos de pavimento a fin de determinar cuál sería el más rentable.
- Se recomienda implementar dispositivos de control de tránsito para la seguridad vial tales como tachas, cintas reflectivas y la señalización vertical u horizontal.

VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alejandra, S. (2019). *Norma ASTM D2049 Densidad Relativa*. Universidad Nacional San Agustín, Arequipa, Perú.
- Amaya, O. (2019). *Diseño de la estructura de un Pavimento Flexible Aplicando el Metodo AASHTO-93, para el corredor Vial comprendido entre la Diagonal 65 - Cai Boston - Cruce vía Yuma en Barrancabermeja, Santander*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá.
- American Association of State and Transportation Officials [AASHTO]. (1993). *Design of Pavement Structures*. United States of America(USA).
- Bowles, J. (1998). *Foundation analysis and design*. Bogotá, Colombia: Desing.
- Cerener. (18 de Junio de 2018). *Metodología estudio hidrológico*. Cerener consultoria agroambiental: https://www.cerener.es/?page_id=392
- Coicaposa, G., & Salazar, E. (2021). *Estudio técnico para el mejoramiento del camino vecinal del tramo Pacahuara – Punta carretera en el distrito de Iberia - Tahuamanu, 2020*. Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI. (1999). *Norma técnica Peruana - NTP 339.128*. Lima, Perú.
- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI. (1999). *Norma técnica Peruana - NTP 339.145*. Lima, Perú.
- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI. (1999). *Norma Técnica Peruana- NTP 339.129*. Lima, Perú.

- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI. (1999). *Norma Técnica Peruana- NTP 339.134*. Lima, Perú.
- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI. (1999). *Norma Técnica Peruana- NTP 339.135*. Lima, Perú.
- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI. (1999). *Norma Técnica Peruana-NTP 339.132*. Lima, Perú.
- Gamboa, K. (2009). *Cálculo del índice de condición aplicado en del pavimento flexible en la Av. Las palmeras de Piura*. Universidad de Piura.
- Gámez, W. (2015). *Texto básico autoformativo de topografía general*. Managua, Nicaragua.
- Henry, C. (2020). *Diseño del trazo de la carretera Puerto Esperanza (Ucayali) - Iñapari (Madre de Dios) con datos SRMT y ARCGIS*. Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa, Perú.
- Higuera , C. (2012). Comportamiento estructural de un pavimento flexible, esfuerzos-deformaciones y deflexiones. *Revist Ingenio*, 5(1), 14.
<https://revistas.ufps.edu.co/index.php/ingenio/article/view/2000>
- Huang, Y. (2004). *Pavement Analysis and Design*. The United States of America(USA).
- Instituto Geográfico Nacional. (2019). Generando información Geoespacial para la defensa y el desarrollo sostenible. *El Geógrafo*(18), 6.
- León, M. (2020). *Diseño geométrico definitivo de la alternativa vial Shuyo – Pinllopata en el tramo km 12 + 000 – 16 + 000 perteneciente a los cantones*

Pujilí y Pangua de la provincia de Cotopaxi. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

Melendez, M. (2019). *Análisis técnico del diseño geométrico de la carretera nacional PE-3N, con relación al manual de carreteras DG-2018, tramo: KM. 136+000 – KM. 141+000*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú.

Ministerio de Agricultura. (2007). *Evaluación de los recursos hídricos*. Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2012). *Manual de carreteras hidrología, hidráulica y drenaje*. Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico*. Lima, Perú.

Ministerio de vivienda construcción y saneamiento. (2016). *OS. 0.60 Drenaje pluvial urbano*. Lima, Perú.

Miñano, V., & Urquiaga, L. (2018). *Estudio definitivo del proyecto de construcción de la vía local Pasambara-Chorpamba, distrito de Guiruvilca, provincia de Santiago de Chuco-La Libertad, 2017*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.

Miranda, R. (2010). *Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos*. Universidad Austral de Chile.

Navarro, P. (2017). *Diseño geométrico y drenaje del camino vecinal división carretera Arq. Fernando Belaunde Terry km 656+000 al km 18+160 Sauce*,

provincia y región San Martín. Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.

Parrado, A., & García, A. (2017). *Propuesta de un diseño geométrico vial para el mejoramiento de la movilidad en un sector periférico del occidente de Bogotá*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.

Quispe, C., Nina, M., Quispe, H., & Palomino, G. (2017). *Diseño de la vía y mejoramiento hidráulico de obras de arte en la carretera Joero-Jorge Chávez, inicio en el km 7.5, distrito de Tambopata, región Madre de Dios*. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Ayacucho, Perú.

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2010). *Norma CE.010-Pavimentos Urbanos*. Lima, Perú.

Shuan, E., & Basurto, D. (2019). *Guía de laboratorio límite líquido, límite plástico e índice plástico*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

The Asphalt Institute. (1970). *Thicknes desing: Full depth Asphalt Pavement Structures for Highways and Streets*. The United States(USA).

Villanueva, S. (Mayo de 2021). *La importancia de la mecánica de suelos en obras de carreteras*. Coovias: <https://coovias.com/la-importancia-de-la-mecanica-de-suelos-en-obras-de-carreteras/>

IX. ANEXOS

1. Instrumentos de recolección de datos

Figura 21:

Estación de conteo vehicular 01

Vía:		Bello Horizonte – Bajo Loboyoc	Lugar:		Distrito Las Piedras, Tambopata, Madre de Dios							
Estación:		N° 1	Realizado por:		Saldaña Mendocilla, Paolo							
Sentido:		Ambos	Año de estudio:		2022							
Tipo Vehículo	Tráfico vehicular en dos sentidos por día							TOTAL SEMANAL	IMDs/ S7	FC	IMDa(Veh/día)	Distribucion (%)
	Lunes 07/11/2022	Martes 08/11/2022	Miércoles 09/11/2022	Jueves 10/11/2022	Viernes 11/11/2022	Sábado 12/11/2022	Domingo 13/11/2022					
Auto + Station Wagon	13	11	0	5	5	9	2	45	6	1.0343	7	10%
Camioneta	19	27	7	14	34	18	6	125	18	1.0343	18	28%
Combi Rural	16	13	19	14	13	12	10	97	14	1.0343	14	22%
Micro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0343	0	0%
Bus	8	9	6	7	11	8	4	53	8	1.0343	8	12%
Camión 2 Ejes	9	13	8	9	12	19	13	83	12	1.0343	12	19%
Camión 3 Ejes	5	10	7	9	3	0	0	34	5	1.0343	5	8%
Camión 4 Ejes	0	0	2	0	1	0	0	3	0	1.0343	0	1%
Articulado	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1.0343	0	0%
TOTAL	70	83	50	58	79	66	35	441	63		65	100%

Fuente: (Propia, 2022)

Figura 22:

Estación de conteo vehicular 02

Vía:		Bello Horizonte – Bajo Loboyoc	Lugar:		Distrito Las Piedras, Tambopata, Madre de Dios							
Estación:		N° 2	Realizado por:		Saldaña Mendocilla, Paolo							
Sentido:		Ambos	Año de estudio:		2022							
Tipo Vehículo	Tráfico vehicular en dos sentidos por día							TOTAL SEMANAL	IMDs/ S7	FC	IMDa(Veh/día)	Distribucion (%)
	Lunes 14/11/2022	Martes 15/11/2022	Miércoles 16/11/2022	Jueves 17/11/2022	Viernes 18/11/2022	Sábado 19/11/2022	Domingo 20/11/2022					
Auto + Station Wagon	11	5	2	3	5	6	11	43	6	1.03430	6	10%
Camioneta	13	26	18	25	31	17	7	137	20	1.03430	20	31%
Combi Rural	15	13	10	13	11	13	11	86	12	1.03430	13	20%
Micro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.03430	0	0%
Bus	9	11	7	3	7	7	3	47	7	1.03430	7	11%
Camión 2 Ejes	6	15	10	12	9	7	8	67	10	1.03430	10	15%
Camión 3 Ejes	8	10	10	12	10	7	0	57	8	1.03430	8	13%
Camión 4 Ejes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.03430	0	0%
Articulado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.03430	0	0%
TOTAL	62	80	57	68	73	57	40	437	62		65	99%

Fuente: (Propia, 2022)

Figura 23:*Estación de conteo vehicular 03*

Tipo Vehículo	Tráfico vehicular en dos sentidos por día							TOTAL SEMANAL	IMDs/ S7	FC	IMDa(Veh/día)	Distribucion (%)
	Lunes 21/11/2022	Martes 22/11/2022	Miércoles 23/11/2022	Jueves 24/11/2022	Viernes 25/11/2022	Sábado 26/11/2022	Domingo 27/11/2022					
Auto + Station Wagon	4	3	1	4	3	3	3	21	3	1.03430	3	5%
Camioneta	16	30	22	27	30	19	10	154	22	1.03430	23	35%
Combi Rural	12	14	12	6	9	10	8	71	10	1.03430	10	16%
Micro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.03430	0	0%
Bus	5	5	9	6	6	4	4	39	6	1.03430	6	9%
Camión 2 Ejes	8	13	12	12	11	6	7	69	10	1.03430	10	16%
Camión 3 Ejes	7	9	11	5	8	4	0	44	6	1.03430	7	10%
Camión 4 Ejes	0	0	0	3	0	0	0	3	0	1.03430	0	1%
Articulado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.03430	0	0%
TOTAL	52	74	67	63	67	46	32	401	57		59	91%

Fuente: (Propia, 2022)

2. Evidencias de la ejecución de la propuesta

Figura 24:*Estado actual de la zona de estudio*

Fuente: (Propia, 2022)

Figura 25:

Inicio de la vía en estudio en el Km 0+000



Fuente: (Propia, 2022)

Figura 26:

Instalación de equipo para nuevo punto



Fuente: (Propia, 2022)

Figura 27:

Levantamiento topográfico de la vía



Fuente: (Propia, 2022)

Figura 28:

Replanteo del eje de la vía



Fuente: (Propia, 2022)

Figura 29:

Uso del prisma en el levantamiento topográfico



Fuente: (Propia, 2022)

Figura 30:

Finalización de los trabajos de topografía



Fuente: (Propia, 2022)

3. R.D. que aprueba el proyecto de investigación

Figura 31*R.D. que aprueba el proyecto de investigación*

UPAO | Facultad de Ingeniería

Trujillo, 25 de octubre del 2022

RESOLUCIÓN N° 2069-2022-FI-UPAO

VISTO, el informe favorable del Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis, titulado “**DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE - BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022**”, del Bachiller: **SALDAÑA MENDOCILLA, PAOLO YOVANNI**, del Programa de Estudio de Ingeniería Civil, y;

CONSIDERANDO:

Que, el Jurado Evaluador conformado por los señores docentes: **Ing. JOSE GALVEZ PAREDES**, Presidente; **Ing. ROGER RAMIREZ MERCADO**, Secretario; **Ing. MARCELO MERINO MARTINEZ**, Vocal; han revisado el Proyecto de Tesis, encontrándolo conforme, y;

Que, el Proyecto de Tesis ha sido elaborado conforme a las exigencias prescritas por el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad, el mismo que fue sometido a evaluación por el mencionado jurado evaluador, quien por acuerdo unánime recomendó su aprobación, tal como se desprende del informe elevado a la Facultad de Ingeniería;

Que, de acuerdo al Artículo 28° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, el Proyecto de Tesis se inscribe en el libro de proyectos de tesis a cargo de la Secretaría Académica de la Facultad;

Estando al Estatuto de la Universidad, al Reglamento de Grados y Títulos la Universidad y a las atribuciones conferidas a éste Despacho;

SE RESUELVE:

PRIMERO: APROBAR la modalidad de titulación solicitada por el Bachiller: **SALDAÑA MENDOCILLA, PAOLO YOVANNI**, consistente en presentación, ejecución y sustentación de una **TESIS** para optar el título profesional de **INGENIERO CIVIL**.

SEGUNDO: APROBAR y DISPONER la inscripción del Proyecto de Tesis titulado: “**DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL BELLO HORIZONTE - BAJO LOBOYOC, DISTRITO LAS PIEDRAS, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2022**”.

TERCERO: COMUNICAR al Bachiller que tiene un plazo máximo de **UN AÑO** para desarrollar su tesis, a cuyo vencimiento, se produce la caducidad del mismo, perdiendo el derecho exclusivo sobre el tema elegido.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.



Dr. Ángel Alarco Quenta
DECANO

C. Copia
 Archivo
 Programa de Estudio de Ingeniería Civil
 A.A.Q. Karim

4. Constancia de veracidad de desarrollo de la propuesta de investigación

Trujillo, 04 de OCTUBRE de 2023

CARTA N°00107 – 2023

Sr.:

SALDAÑA MENDOCILLA, PAOLO YOVANNI

Pte.-

**ASUNTO: CONSTANCIA DE VERACIDAD DE DESARROLLO DE LA
PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN PARA DESARROLLO DE TESIS****REFERENCIA: RESOLUCIÓN N° 2069-2022-FI-UPAO**

Reciba el cordial saludo ESTIMADO JURADO; y asimismo sirva la presente para infórmale lo siguiente:

Que, a solicitud suya con respecto al **PERMISO Y VERACIDAD para realizar estudios de suelos, topografía y tráfico a fin de obtener información requerida para el desarrollo de su tesis, teniendo como ubicación BELLO HORIZONTE Y BAJO LOBOYOC, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS se considera PROCEDENTE.**

Sin otro particular, me despido de Uds. Aprovechando la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi especial consideración.



Ing. Burgos Sarmiento, Tito Alfredo
Docente Asesor
Reg. Cip: 82596

5. Constancia del asesor.



FACULTAD DE INGENIERÍA
Programa de Estudio de Ingeniería Civil

Informe Final de Asesoramiento

Señor : Ms. Jorge A. Vega Benites
Director del Programa de Estudio de Ingeniería Civil
Asunto : Informe Final de Asesoramiento de Tesis
Fecha : Trujillo ~~08~~ de ~~Septiembre~~ del 2023

De conformidad con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, y en cumplimiento de la **Resolución de Facultad N° 2069-2022-FI-UPAO**, el suscrito, docente asesor de la Tesis titulada:

Diseño geométrico y estructural del camino vecinal Bello Horizonte ... Bajo Loboyoc, distrito Las Piedras, Tambopata, Madre de Dios, 2022, del bachiller Saldaña Mendocilla, Paolo Yovanni;

cumplo con informar lo siguiente:

El Informe de Tesis cumple con el cronograma y proceso de investigación de acuerdo al proyecto de tesis, asimismo informe que la tesis reúne la calidad académica exigida por el Programa de Estudio de Ingeniería Civil.

Asimismo, adjunto al presente el reporte de coincidencias generado con el software Anti plagio Turnitin firmado por el suscrito, precisando que no supera el 20%.

Atentamente,

DOCENTE ASESOR
Ms. o Dr. BURGOS SARMIENTO, TITO
ALFREDO
Registro CIP: 82596

