



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño de infraestructura vial con pavimento flexible empleando elastómeros mejorando la transitabilidad de carretera Callalli - Condorama Km128+000 - Km135+970

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

Asmat Cruz, Luis Genaro (orcid.org/0000-0001-6363-2345)

Montoya Nuñez, Javier Anibal (orcid.org/0000-0002-5101-7086)

ASESOR:

Mg. Villegas Granados Luis Mariano (orcid.org/ 0000-0001-5401-2566)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHICLAYO-PERÚ

2022

Dedicatoria

A mi hermosa Madre María Nélica, que con su esfuerzo y sus consejos han logrado de Mí hacer un hombre de bien y que desde el cielo está intercediendo para que “Dios y la Virgen, iluminen mis caminos”, a mi Padre Anibal que siempre estuvo allí para apoyarme para brindarme sus consejos y orientaciones, a Ymelda, mi esposa y compañera, a mis hijos Gabriel, Valentino, Mateo y Maurizio, que son la fuente de mi motivación y esfuerzo de seguir avanzando cada día más.

Javier Anibal Montoya Nuñez

De manera categórica este párrafo va dedicado para mi familia, mi madre que con su guía y consejo me dio el mejor regalo que es la educación, mi padre siempre dándome las energías necesarias para continuar este largo recorrido, mi hermana Vanessa, eres mi ejemplo a seguir querida hermana. Y como motor de todos mis logros, mi amada hija Isis, que a pesar de su corta edad me ha dado muchas lecciones de vida.

Luis Genaro Asmat Cruz

Agradecimiento

Quiero expresar mi eterna gratitud a Dios, quien con sus bendiciones llena siempre mi vida de alegrías, así mismo, mi profundo agradecimiento a mi Asesor de tesis el Mg. Luis Villegas, quien con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación y se ha tomado el arduo trabajo de transmitirme sus conocimientos.

Javier Anibal Montoya Nuñez

Por su constante apoyo y confort a mi querida María y a mi pequeña Flavia, con ustedes a mi lado todo este camino fue más productivo y provechoso, también al el Mg. Luis Villegas, con sus consejos y guía nos inculcaron la excelencia en el trabajo realizado.

Luis Genaro Asmat Cruz

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	13
3.2 Variables y Operacionalización.....	13
3.3 Población, muestra y muestreo.....	14
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5 Procedimientos.....	15
3.6 Método de análisis de datos.....	16
3.7 Aspectos éticos.....	16
IV. RESULTADOS.....	18
V. DISCUSIÓN.....	69
VI. CONCLUSIONES.....	71
VII. RECOMENDACIONES.....	73
REFERENCIAS.....	74
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1.	Recopilación de datos.....	15
Tabla 2.	Índice medio diario anual estación E-01	19
Tabla 3.	Variaciones diarias de tráfico estación E-01	21
Tabla 4.	Información base: Conteo vehicular - Estación E-01 - Del 05 al 11 de abril de 2022 - IMDa (normal + generado) proyectado al año 2041	22
Tabla 5.	Cota Promedio	24
Tabla 6.	Cuadro de BMS topográficos	25
Tabla 7.	Ubicación de las calicatas y su muestreo	27
Tabla 8.	Resultados del estudio de mecánica de suelos	30
Tabla 9.	Precipitación Máxima en 24 horas - Estación Yauri.....	35
Tabla 10.	Tabla valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras drenaje.....	37
Tabla 11.	Tabla periodos de retorno.....	37
Tabla 12.	Parámetros de diseño.....	41
Tabla 13.	Distancia de visibilidad de parada	42
Tabla 14.	Radios mínimos y peraltes máximos	43
Tabla 15.	Valores de bobeo de calzada	46
Tabla 16.	Diseño Geométrico	47
Tabla 17.	Resumen de señales verticales proyectadas	48
Tabla 18.	Resumen de postes delineadores proyectados.....	49
Tabla 19.	Valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de tráfico.	51
Tabla 20.	Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal (Z_r) para una sola etapa de diseño (10 o 20 años), según el nivel de confiabilidad seleccionado y rango de tráfico. 52	
Tabla 21.	Coeficientes estructurales de las capas del pavimento	55
Tabla 22.	Calidad de Drenaje	56
Tabla 23.	Coeficientes de Drenaje	56
Tabla 24.	Espesores Recomendados según AASHTO-1993	57
Tabla 25.	Valores del coeficiente estructural (a_b) para bases estabilizadas con emulsión asfáltica, con estabilidad medida por el Método Marshall	59

Tabla 26.	Valores del coeficiente estructural (ab) para bases de suelo-cemento	60
Tabla 27.	Valor de importancia del impacto ambiental	62
Tabla 28.	Actividades que Tendrán Incidencia sobre los Diversos Componentes Ambientales	63
Tabla 29.	Factores Ambientales Potencialmente Afectables por el Proyecto	64
Tabla 30.	Hoja de Resumen de metrados.....	66

Índice de figuras

Figura 1. Tipo y diseño de investigación.....	13
Figura 2. Formato de conteo de vehículos, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones	19
Figura 3. Clasificación vehicular estación E-01	20
Figura 4. Variación diaria estación E-12	22
Figura 5. Transporte de movilidad para topografía	24
Fuente: Elaboración propia.	24
Figura 6. Ancho de vía.	25
Figura 7. Histograma precipitación máxima anual-Yauri.....	36
Figura 8. Vehículo de diseño	41
Figura 9. Gráfico peralte.....	43
Figura 10. Gráfico - curvas verticales.....	44
Figura 11. Longitudes mínimas de curvas verticales.....	45
Figura 12. Fórmula de diseño de pavimento	50
Figura 13. Importancia del impacto	62

Resumen

El título de esta investigación es “Diseño de infraestructura vial con pavimento flexible empleando elastómeros mejorando la transitabilidad de carretera Callalli - Condoroma Km128+000 - Km135+970”, se llevó a cabo en el distrito de Condoroma, Provincia de Espinar, región Cusco en el año 2022. La inversión de tiempo fue de 13 semanas, siendo la razón fundamental la búsqueda del desarrollo de infraestructura vial en la zona; la localidad presenta condiciones insuficientes para la transitabilidad.

Una vez identificadas estas necesidades en la población y viendo la necesidad de conectividad comercial en zonas aledañas se plantea el diseño de infraestructura vial con pavimento flexible empleando elastómeros, con la intención de amenguar las carencias antes mencionadas. El diseño consta de perfiles y secciones transversales, diseño geométrico, diseño de pavimento flexible empleando elastómeros, implementado teniendo presente la señalización de la vía y la seguridad vial de la misma.

Todos los estudios y diseños fueron realizados tomando como base la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018), ciñéndonos hacia el tipo de investigación descriptivo. Para esta investigación se tendrá la instrucción de un asesor de tesis probo a fin de que guíe el trabajo de análisis de datos para el diseño.

Palabras claves: Transitabilidad, Diseño de Infraestructura, Investigación, Normas vigentes, Pavimento flexible con elastómeros.

Abstract

The title of this research is "Design of road infrastructure with flexible pavement using elastomers improving the passability of the Callalli - Condorama Km128+000 - Km135+970 highway", it was carried out in the district of Condorama, Province of Espinar, Cusco region in the year 2022. The time investment was 13 weeks, the fundamental reason being the search for the development of road infrastructure in the area; The locality presents insufficient conditions for transitability.

Once these needs have been identified in the population and seeing the need for commercial connectivity in surrounding areas, the design of road infrastructure with flexible pavement using elastomers is proposed, with the intention of reducing the aforementioned deficiencies. The design consists of profiles and cross sections, geometric design, flexible pavement design using elastomers, implemented bearing in mind road signage and road safety.

All the studies and designs were carried out based on the Geometric Design Standard for Highways (DG-2018), sticking to the type of descriptive research. For this research, the instruction of a proven thesis advisor will be in order to guide the data analysis work for the design.

Keywords: Walkability, Infrastructure Design, Research, Current Regulations, Flexible pavement with elastomers.

I. INTRODUCCIÓN

Hincapié et. Al (2016) en su tesis “mejoramiento y pavimentación de la vía Mondomo-Tres Quebradas-San Pedro departamento de Cauca” expusieron que el proceso productivo en la zona afectada estaba sufriendo retrasos por la necesidad una modernización en la infraestructura de transporte, causada por la escasa inversión y mantenimiento que debería ejecutar el estado y deficiencias en los proyectos ejecutados, causando también retrasos de todo tipo a la población. Este proyecto se trazó como objetivo principal mejorar la vía para convertirla en punto de mejora a nivel económico.

Por su parte, Calixto (2021) en su tesis titulada “mejoramiento de vías del sector poblado Vereda La Manga municipio de Yopal” hizo una exposición sobre el estancamiento del departamento en el área de intercomunicación terrestre, presentando redes viales inconclusas, situación agravada por la presencia de subidas del río de la zona y por el acelerado deterioro que sufre por el constante tráfico de vehículos pesados. El objetivo de este proyecto fue optimizar las vías del sector diseñando y construyendo un terraplén que contendría las aguas derivadas de las subidas del río, además de obras de drenaje que protegerían la estructura vial, garantizando así la normal circulación vehicular.

Entre otros se encuentra Montes de Oca et. al (julio de 2021), en su artículo “Performance evaluation of rigid pavements in Costa Rica” donde, reconociendo los niveles de deterioros que normalmente se dan en los pavimentos rígidos en Costa Rica, se trazaron como objetivo complementar los datos ya existentes a través de una evaluación completa de estos pavimentos. Entre sus conclusiones, se destacó el hecho de que entre los deterioros más comunes se encuentra el deterioro en el sello de junta, lo cual llevó a que se desprendieran agregados; el pulimiento de agregado se encuentra deteriorado de igual manera, generando grietas lineales; todos ellos relacionados a las lluvias y la temperatura, entre otros factores.

En el caso de Zuñiga y Allen (julio de 2021) en su artículo "Measurement of quality-of-life perception regarding satisfaction with public transport in Costa Rica" tuvieron el fin de conocer el porcentaje de bienestar de los costarricenses en cuanto al transporte público, con el fin de conocer de qué manera el sistema de transporte público interfiere en el bienestar de la población. Luego de aplicar la encuesta a empleados y alumnos de la Universidad de Costa Rica, se pudo evidenciar que hay una marcada influencia del uso del transporte público en la satisfacción del buen vivir de los ciudadanos costarricenses.

Sobre los asfaltos modificados, podemos mencionar que según la historia del aditivo polímero, esta se generó en Europa, específicamente entre los países de Italia, Alemania y por último Francia en la década de los 60'. Estados Unidos, no queriéndose quedar atrás en este aspecto, comenzó a ejecutar proyectos con asfaltos modificados con polímeros SBS al igual que en Europa. En Italia se construyó más 1000 km. de carreteras utilizando ese tipo de asfalto. (Avellan, 2007, p. 29). ACOSTA

Las vías son necesarias para el desarrollo del país, debido a que facilita el transporte de las diversas actividades que desarrollan las industrias, a su vez al transporte de la población. "Las vías son esenciales e imprescindibles en el crecimiento de las diferentes actividades que se realizan en diferentes partes del mundo. En la actualidad, ante un mundo cada vez más desarrollado, donde intercambia más bienes y servicios." (Gutiérrez Montes, 2010). SALAZAR

El distrito de Condoroma se encuentra ubicado en la provincia de Espinar, departamento del Cuzco, Sur del Perú. Actualmente, la situación general de deterioro de sus carreteras a partir del km 128+000 hasta 135+970, del Distrito Condoroma, constituye un importante problema que afecta el desarrollo social y aleja las posibles inversiones privadas, afectando principalmente a las poblaciones vulnerables, esto se evidencia en sus carreteras inexistentes o intransitables, consecuencia de la falta de construcción o mantenimiento de estas.

Tal problemática afecta la unificación del departamento en las dinámicas del país, perdiendo así oportunidades de integración y desarrollo a nivel humano y económico y a su vez, generando un estancamiento a causa de la precaria intercomunicación terrestre. Por dichas razones, fue imperativo tocar la problemática desde el contexto social y económico para ofrecer soluciones desde esta área profesional.

En virtud de tal problemática se plantea el siguiente problema general **¿Cómo el diseño de infraestructura vial con pavimento flexible empleando elastómeros mejora la transitabilidad de la carretera Callali – Condoroma Km 128+000 al Km135-970?**

En cuanto a la justificación a nivel económico, es importante mejorar la transitabilidad de la infraestructura vial con pavimento flexible empleando elastómeros en la carretera Callali – Condoroma, que ayude que estos pueblos puedan mantenerse conectado al resto del país, garantiza la integración y el desarrollo a través del movimiento constante de personas, productos entrantes y salientes, al igual que los servicios. De la existencia y buen estado de esta carretera dependen los intercambios comerciales que de manera diaria se dan en la ciudad, sin embargo, bien es sabido que en el Perú existen dificultades y obstáculos de diversa índole que retrasan e impiden que las obras lleguen a término, los problemas principales abordados y que se buscan solucionar con este proyecto son: Lograr que el tramo de carretera afectado pueda ser construido, mejorar el transporte de los ciudadanos, facilitar el transporte de productos y servicios, asegurar que se garantice la transitabilidad de manera permanente y disminuir el impacto de los costos de viaje por el mal estado de la infraestructura vial.

En lo tocante a justificación social y tal como lo expone la investigación en curso, la estructura vial mencionada no posee pavimento en ningún tramo a lo largo y ancho del trayecto, lo cual hace dificultoso la transitabilidad de los vehículos; produciendo, a su vez, polvaredas que acarrear consecuencias de salud en los vecinos, haciendo que el uso vehicular sea restringido. Esta problemática conlleva a la imperante necesidad de

formular un diseño de infraestructura vial con pavimento flexible empleando elastómeros, que mejore la transitabilidad. En cuanto a la justificación metodológica, se usarán procedimientos determinados al hacer el diseño, todo fundado en la metodología Aashto y el análisis vehicular. En lo referido a la justificación por conveniencia, este trabajo de investigación tiene vital relevancia en el sector agrario, comercial, turístico, social y económico, que colinda con la carretera Callalli - Condoroma y que se encuentran en pleno desarrollo, precisamente por necesitar nuevas vías por las cuales se movilicen sus productos agrícolas para alcanzar el desarrollo económico que la región aspira.

De acuerdo con la problemática y la justificación de esta tesis, el objetivo general es: Diseñar un proyecto de infraestructura vial con pavimento flexible empleando elastómeros, para mejorar la transitabilidad de la carretera Callalli – Condoroma: desde km 128+000 hasta 135+970. De igual manera, se trazan cuatro objetivos específicos: Identificar el estado situacional de la infraestructura vial; realizar la Investigación técnica básica: Tráfico, Topografía, Estudio de mecánica de suelos y pavimentos, aspectos ambientales, etc.; trazar la geometría, pavimento, drenaje, seguridad vial y señalización utilizando el “Manual de carreteras DG-2018”, diseñar el pavimento flexible empleando elastómeros y elaborar los costos y presupuesto.

Por último, la hipótesis que se plantea es: El diseño de infraestructura vial con pavimento flexible empleando elastómeros, optimizará la transitabilidad de la carretera Callalli – Condoroma km128+000 al 135+970.

II. MARCO TEÓRICO

Jimenez et. al (2014) en su tesis titulada “plan de proyecto de rehabilitación, mejoramiento, pavimentación y construcción de la vía el Paujil – La Unión Peneya (Caquetá)” de la Universidad Piloto de Colombia, se planteó como objetivo principal dar solución a la situación de los habitantes de ese municipio cuyas vías se encontraban es estado de abandono, perturbando el bienestar de los pobladores y poniendo en riesgo su sustento económico que en este caso se trata de la producción y mercadeo de productos agropecuarios.

Por su parte, Delgado (1998) asegura que, en Argentina, la estructura vial fue pionera en contar con la inversión privada, complementada con subsidios estatales y financiamiento del Banco Mundial y otras entidades internacionales. El estado fue el encargado de dar mantenimiento a estas obras, pero en algunos casos, no cumplió estos compromisos e incluso, se conoció casos de desvío de recursos. El autor señaló que en el futuro sería necesario planificar el financiamiento de nuevas obras que respondieran a las nuevas dinámicas urbanas como el mejoramiento de condiciones de servicio en los caminos y otras rutas de tránsito, así como la adecuación de carreteras para el transporte pesado que trae consigo el repunte del comercio.

En el caso de Cajina et al. (julio de 2021) en su artículo “Performance evaluation of modified asphalt mix with blister PVC waste” se propusieron evaluar el desempeño de una mezcla asfáltica a la que se le incorporó un material de desecho tipo blíster por medio de la vía seca. Buscaron también comparar el comportamiento de tal mezcla con el de una mezcla usada convencionalmente. Como resultado se obtuvo que la mezcla se comportó adecuadamente, se procedió a probarla en pavimento para conocer la conveniencia de su uso y en qué capas sería idóneo aplicarla.

Otro artículo científico, de Tensio et. al (julio 2021) llamado “Improving reliability in the bitumen bond strength test on pavement materials” explica cómo “El estudio de las propiedades mecánicas de los materiales de los

pavimentos es una parte esencial de su caracterización inicial” (p.35). Esta es la razón para mejorar los ensayos de manera constante, lo cual permite obtener mejores resultados y evitar los errores durante la preparación. El objetivo de este trabajo es aportar valoraciones y valores para obtener un acabado de árido adecuado y utilizarlo en pavimentos, y así reducir el sesgo de las conclusiones del ensayo de tracción uniaxial en base seca, realizado con ligante bituminoso puro. En conclusión, se encontró que los efectos principales aportan hasta un 84 % de correlación con el esfuerzo de arrastre y hasta un 78 % con su desviación estándar, lo que se consideró satisfactorio, exhibiendo una significación estadística adecuada.

Palomino (2016), Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador de elastómero (Caucho), cuyo objetivo principal fue determinar la capacidad portante (CBR) de arcillas con una combinación de 2%, 4% y 6% de estabilizadores elastoméricos (goma), se utilizó el tipo de estudio aplicado, con la población del Centro realizado por el Cerril, muestra compuesta por 12 muestras de suelo, instrumentos de investigación incluyendo pruebas de laboratorio, los resultados obtenidos al agregar un 2% aditivo incrementarán el CBR en un 7%, con la adición del aditivo se incrementará el CBR en un 9,60% y con la adición del 6° aditivo, el CBR aumentó en un 11,70%, estabilizando la arcilla y reduciendo el contenido de humedad.

Salvatierra (2014), “Desarrollo de un aglomerado asfáltico con polvo de caucho, en la ciudad de Huanta – Ayacucho”, estableció como meta la obtención de una corporación asfáltica a partir del caucho reciclado, utilizando, de acuerdo a los parámetros, una mezcla óptima que debe ser obtenido. Asimismo, desarrolló técnicas en el laboratorio para que pudieran adaptarse fácilmente a las plantas de asfalto. Aplicando el método de tipo experimental, con los resultados de los ensayos se registra la resistencia del diámetro de 0.5°C, la temperatura de descomposición de 170°C, la relación cemento asfáltico combinado del 6% y el tiempo de descomposición no es de 2 horas. Tomando como conclusión 28 que es

posible utilizar caucho de llanta reciclado para la mezcla asfáltica, la mezcla mejorada con este material brinda mayor tracción con una tasa de 0.5% como en el ajuste Marshall.

Hernández (2017) en su investigación, “Bases fundamentales de uso de asfalto modificado en pavimentos usando elastómeros de estireno butadieno”. Resalta las ventajas que ofrece el betún modificado sobre el betún convencional, también se muestra que el grupo polímero elastómero estireno butadieno es el más relevante en la modificación del betún, actuando como medio de transporte de adherencia en los áridos utilizados en pavimentos.

Huamán y Chang (2016) en su trabajo, “La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú”, Señaló que una de las fallas más preocupantes es la deformación permanente ya que es una de las principales causas de daños en el pavimento, lo que motivó la necesidad de promover las nuevas especificaciones para el diseño de compuestos de hormigón asfáltico, y por ende obtener los resultados del estudio, puede combinar el uso de modificadores como polímeros y aplicar la tecnología superpave para caracterizar mejor el material para aumentar la durabilidad del pavimento.

El polímero tiene una estructura molecular grande, tiene un peso molecular grande y está formado por conjugación covalente de muchas unidades individuales llamadas nanómetros, el polímero puede tener un eje molecularmente recto o centrípeto, también menciona que todos los polímeros no son adecuados para modificación de asfalto, ya que no todos los tienen el mismo comportamiento. Algunos polímeros pueden tener mejores propiedades a altas temperaturas y otros a bajas temperaturas. (Herencia 2001).

Se encuentra en este nivel a Tasayco (2021) con su tesis “Reciclado y recapeo en la vía El Fiscal - Punta de Bombon para optimizar costo y tiempo, Islay, Arequipa – 2021” donde se planteó el principal objetivo que fue determinar si el reciclado y recapeo de una vía en Arequipa optimizaría

el costo y tiempo de ejecución respecto de una construcción convencional de carretera realizada con carpeta asfáltica. Se concluyó que el diseño propuesto es favorable y acertado, porque brinda beneficios en costo y tiempo de ejecución con un menor impacto ambiental.

También se encontró a Amanqui y Pauca (2021) quienes en su tesis “Diseño de infraestructura vial para mejorar la serviciabilidad vehicular carretera Madrigal - Lari km 0+000 al 5+890.35 Caylloma, Arequipa 2020” tuvieron la finalidad de diseñar una construcción vial con el propósito de mejorar la servicialidad de los vehículos en una carretera de Arequipa. Esta carretera une dos distritos, constituyéndose como trocha carrozable que genera dificultades a los peatones y transportistas a la hora de circular por ella por su deplorable estado. Esta situación ralentiza los tiempos de quienes se ven obligados a usarla por ser la vía más rápida hacia la ciudad. Se concluyó que el diseño proyectado puede generar un nivel de servicialidad con un adecuado flujo vehicular.

Por su parte, Guevara (2021) en la tesis “Mejoramiento del sistema vial de los jirones Montero, Lima, Unión y Arequipa, distrito de Jesús, Cajamarca – 2020” se plantea el objetivo de perfeccionar la transitabilidad vehicular y peatonal mediante la pavimentación de aceras y veredas, optimizando de esta manera el bienestar de los habitantes. En este objetivo se buscó conseguir aplicando conocimientos obtenidos en su formación profesional. Guevara (2021) aplicó el diseño correspondiente que donde "el grosor de la capa de desgaste es de 8 pulgadas o 200 mm, la capa de suelo mejorada es de 10 pulgadas o 25 cm y el espesor de la base es de 8 pulgadas o 20 cm de espesor” (p. 7).

Por último, se encontró a Matías (2019) con su tesis “Aplicación de bolsas de polietileno para la recuperación de sótanos del pavimento duro de la Av. Metropolitana Yanahuara - Arequipa, 2019 “recomendaron” evaluar mejoramiento de sótano de pavimento duro, con uso de polietileno en av. Metropolitana Yanahuara - Arequipa, 2019” (p.8) En esta investigación se

concluyó que la mejora propuesta funciona favorablemente en pavimento rígido, por lo cual tiene altas probabilidades de mejorar la subrasante.

Diseño de Infraestructura Vial

Se trata de infraestructuras técnicas estrechamente interconectadas y unidas entre sí por carreteras y autopistas. (Viales, 2006, p. 3). Este es el procedimiento por el que se otorga la unión territorial para el transporte, facilitando la elaboración de los servicios de transporte (Vallverdu Duran, 2017, Parágrafo 1).

La hidrología, rama de la ciencia que investiga sobre el comportamiento del agua y su presencia en la atmósfera, indica que las ciencias hidrológicas e hidráulicas brindan soluciones a las dificultades en los drenajes superficiales que aplican a las vías fluviales, literatura que define las características de una fuente natural (Hydraulic, 2015).

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), Evaluación y descripción de los impactos (EIA) que acontecen dentro de una obra, así como posibles modificaciones climáticas en los escenarios de concreción de todo el proyecto a futuro (MINAM, 2017)

Estudio de Tráfico

Findley (2015) lo define como “El objetivo es controlar y cuantificar el volumen de vehículos en circulación” (p. 4).

Índice Medio Diario Semanal (IMDS)

Según MTC – DG (2018) Es "la suma de automóviles que transitan en un tramo específico de la carretera en un período de 7 días de acuerdo con los estándares del MTC" (p. 92).

La misma organización establece que el índice diario promedio anualizado (IMDA) es "el número de vehículos que pasan por una sección específica de la carretera durante un período de un año." (p. 92).

Estudio Topográfico

Gracias a la investigación topográfica realizada en un terreno específico “nos ayuda a obtener las medidas o planos gráficos, lo cual es muy útil para proyectos futuros.” (MTC - DG, 2018, pág. 279).

Mecánica de Suelos

Verrjit (2007) lo define como “el estudio de la determinación de las fuerzas superficiales o cargas del terreno.” (p. 8).

Granulometría

El ASTM (C136-05, 2006) lo describe como la separación de distintas medidas de síntesis mediante tamizado, tal y como indica la normativa.

Límites de Consistencia

De igual manera, la misma entidad asegura que “utilizado para evaluar el rendimiento de los suelos finos.” (ASTM D 4318-84 2005).

Contenido de Humedad

Está definido como “Aquello que se consigue en el material utilizado para conocer el volumen de agua en un material fino en ciertas condiciones” (ASTM D-2216, 1998).

Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)

Esta prueba establece la resistencia al corte del suelo. (ASTM D1883, 2007).

Proctor Modificado

Se utiliza para referirse a la relación entre la tierra seca, la unidad de masa y la masa de agua. (ASTM D-1557).

Diseño Geométrico

Es crucial para la seguridad de la carretera y tiene que ver con la dimensión económica del proyecto, lo que también establece que sea seguro y eficaz para los ocupantes (Cárdenas Grisales, 2015 pág. 1).

Diseño de Pavimento Flexible

Reconocer y determinar el espesor de la calzada para poder aguantar todo tipo de cargas en un determinado periodo de tiempo. (MTC - G, 2018, pág. 282).

Sub-Rasante

En las capas del pavimento se encuentra el basamento del piso, que comprueba la estabilidad y la estructura del pavimento. (AASHTO, 1993, pág. 16).

Sub-base

Según AASHTO (1993) es una capa de un material agregado donde se ubica en la parte de abajo de la capa base y sobre la subrasante (p. 17).

Base

Entre el sustrato o subcapa y el manto de desgaste es una parte de la estructura del pavimento. (AASHTO, 1993, pág. 17).

Pavimento Flexible

Según Flexible Pavement Design Manual (2018). Su función es permitir el movimiento de vehículos a través de uno o más elementos de capa. (p. B-1).

Seguridad Vial y Señalización

Combina el poder de brindar un buen servicio en carretera y proporcionar una seguridad de la mejor calidad a través de dispositivos de tráfico y, por lo tanto, un excelente control del vehículo. (MTC - DG, 2018, pág. 282).

Diseño del pavimento flexible empleando elastómeros

Diseñar la mezcla asfáltica adicionadas con elastómeros y si cumple con mejorar su resistencia, trabajabilidad y resistencia a la humedad para una carga de tránsito pesado.

Presupuesto

Según MTC – DG (2018), este es el costo total del proyecto, estimado, incluido el precio unitario, los gastos generales, los medidores, las tarifas y los impuestos, etc. (MTC - DG, 2018, pág. 278).

Costos Directos

Capeco (2018) lo define como “los desechos están representados por la compra y compra de diversos materiales, incluida la mano de obra, el equipo, incluidas las herramientas y la totalidad de componentes en el proceso de realizar el trabajo” (p. 15).

Costos Indirectos

Estos son "los que se incorporan a los costos directos, como los gastos totales y los generales." (Capeco, 2018, pág. 242).

Transitabilidad Vehicular

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2018) “Que cuente con una infraestructura vial que asegure la buena circulación del tránsito de automóviles por un período de tiempo determinado” (p. 26).

Demanda Vehicular

Según Ingeniería de Tráfico (2016), es el volumen total regulado de vehículos en infraestructura vial.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El proyecto cuenta con un enfoque cuantitativo, de tipo no experimental, puesto que no se manipularon las variables en el área de investigación, es decir se recolectaron datos en su entorno natural para enriquecer la noción, y analizarlos posteriormente.

El proyecto de investigación es del tipo aplicado porque facilita el conocimiento de las realidades del camino de la investigación, para diseñar, definir y entregar una solución definitiva.

El proyecto es de naturaleza no experimental porque los datos obtenidos en campo no han sido falseados y procesados, según lo determinado en la regla.

Según el autor, el diseño se sintetiza en el gráfico a continuación:



Figura 1. Tipo y diseño de investigación

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

M: Muestra

O: Observancia

P: Propuesta

3.2 Variables y Operacionalización

Variable Independiente : X = Diseño de la infraestructura vial

Variable Dependiente : Y = Mejorar la transitabilidad empleando elastómeros

3.3 Población, muestra y muestreo

Población. El distrito de Callalli es uno de los 18 distritos que componen la provincia de Caylloma, del Departamento de Arequipa. Su población asciende a más de 2,000 habitantes. La gran mayoría de estos pobladores fueron criadores de camélidos y vivieron en estancias o fundos alejados, aunque en la actualidad se concentran en el pueblo de Callalli, asimismo, el distrito de Condorama, la producción de fibra de alpaca es la actividad económica primordial de los habitantes, se trata de uno de los distritos más apartados y olvidados de la provincia de Espinar y del departamento del Cusco.

Muestra, está graficado, que la población general refleja las características que nos permiten recopilar información de esa población; entonces, la muestra utilizada será igual al número de la población. Delimitado por la carretera Callalli - Condorama inclusive (KM 128.000 - KM 135.970), entre los departamentos de Arequipa y Cusco. La muestra será equivalente al número de habitantes, ya que es necesario recoger información vial.

Los muestreadores son componentes que representan la porción del estudio que se utilizará para recopilar los datos de esa muestra, por ejemplo, la parte de la información que se extraerá y los elementos de esa muestra que se recopilarán detalladamente.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la recolección de datos fueron empleadas las técnicas que plantea Ortiz (2013) tales como la observación científica, que consiste en un proceso que se encarga de observar teorías seleccionadas e hipótesis, empleando métodos, técnicas e instrumentos oportunos y precisos con el fin de reunir información empírica del fenómeno que se estudia, hacer el estudio de estudios previos en la zona de estudio, investigación en la web, tomando en cuenta la actual normativa y reglamentos vigentes, revisión de investigaciones afines para la recolección de información de campo y los trabajos posteriores de gabinete.

Para la recoger los datos se utilizan herramientas como protocolos y formatos, los cuales serán empleados en los cálculos de diseño y en los cálculos de laboratorio de suelos. A continuación, un cuadro explicativo.

Operacionalización de la Variable: Diseño de infraestructura vial y transitabilidad.

Tabla 1. Recopilación de datos

INDICADORES	TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
Hidrología	Manual de hidrología	Registro de pluviómetro y precipitaciones
Topografía	Levantamiento topográfico	Libreta de campo
Mecánica de suelos y pavimentos	Manual de suelos	Formato para ensayos de laboratorio
Diseño de Pavimentos	Manual de Diseño de Pavimentos flexible	Formatos para diseño de pavimentos
Impacto ambiental	Guía de impacto ambiental	Fichas de evaluación ambiental
Estudio de tráfico	Manual de diseño geométrico	Formatos para conteo vehicular

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Procedimientos

Para ejecutar este diseño de infraestructura vial se desarrollarán estudios de caminos y transportes para calcular la densidad vehicular en la zona de influencia, así también se realizarán estudios topográficos para identificar el relieve y ubicar posibles rutas para el diseño. Las calicatas servirán para hacer la observación de mecánica de suelos, así como el estudio hidrológico servirá para calcular caudales máximos y mínimos, útiles para el diseño de la vía. Para las labores de gabinete se hará uso de los datos recopilados, los cuales servirán para trazar el diseño geométrico al igual que el esbozo del sistema de drenaje y el diseño de pavimento flexible. La evaluación de las observaciones socio ambientales que se produzcan por la vía y la transitabilidad serán necesarios para el progreso del proyecto.

3.6 Método de análisis de datos

Se usará el análisis cuantitativo, para ello, se emplearán softwares técnicos como Microsoft Word, Microsoft Excel, Ms Project, Civil 3D, AutoCAD y S10 Costos y Presupuestos.

Para los dibujos digitales se hará uso del AutoCAD, así como para el diseño de perfiles y obras hidráulicas se usará el Civil 3D, los cálculos y desarrollo de fórmulas se harán haciendo uso de hojas de cálculo de Excel, dichos cálculos serán empleados en cronogramas de obra, valorizaciones periódicas, cálculos estructurales y metrados. Para obtener el presupuesto se hará uso del programa S10 Costos y Presupuestos y en cuanto al cronograma de obra se empleará el programa MS Project, finalmente para la presentación formal de documentos y la documentación de proyecto se hará uso del Microsoft Word.

3.7 Aspectos éticos

En el presente trabajo se garantiza que el autor respeta los derechos de autor al citar investigaciones, artículos científicos, disertaciones y normas, todos señalados como citas en su caso en formato APA7, en cuando los valores se obtienen en el marco del resultado mismo. área evaluada, respaldada por una serie de estudios en la discusión de resultados.

Principio de justicia

Este principio se basa en la igualdad, la misma que se pondrá de manifiesto durante la duración de la presente investigación con todas las personas que estén involucradas, no se hará distinción de ningún tipo con el objetivo de obtener mejores resultados.

Principio de cuidado con el medio ambiente

En este proyecto de tesis el diseño de la ruta se hará de forma respetuosa con la fauna y flora existente en las zonas aledañas, el desarrollo de los pueblos debe ir de la mano con el cuidado de los ecosistemas para hacer que sea sostenible con el tiempo.

Principio de competencia profesional y científica

Para la obtención de buenos resultados, que es en lo que se basa esta investigación, los integrantes han hecho uso de los estudios realizados en pregrado, así como son estudios de mecánica de suelos, diseño de pavimentos, diseño de obras hidráulicas y topografía. Es así que se garantiza el estricto apego a la base científica en el proceso de investigación.

Respeto de la propiedad intelectual

La presente investigación se ha realizado respetando la propiedad intelectual de los investigadores a los cuales se ha recurrido como referencia. Así mismo se garantiza la no incurrancia en el plagio de otras investigaciones afines.

Principio de beneficencia

Con este principio se pretende que el presente proyecto de tesis tenga un impacto positivo en los usuarios involucrados en el desarrollo de la investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Estudio de Tráfico

De acuerdo a nuestra encuesta de tránsito, desde el martes 05 de abril hasta el lunes 11 de abril de 2022, tenemos configurado el cálculo del Índice Promedio Diario Anual, incluye (46 vehículos de transporte) compuesto, incluyendo 54.35% de vehículos ligeros, 0% de ómnibus y 45.65% de vehículos pesados, se elaboraron los cálculos con una duración de 20 años, resultando como dato 58 veh/día.

De igual manera, se debe recalcar que los niveles de tránsito según movimiento, composición vehicular, deben ser analizados visualmente para determinar la ubicación, la cantidad de mano de obra que se necesita y ajustar los formatos de campo, a conveniencia para el levantamiento de información, entre otros. Para conocer el porcentaje de afluencia de vehículos se contó la cantidad de vehículos matriculados por sentido y clasificación, agrupados en parcelas en un periodo de 1 hora, distinguiendo entre clases de vehículos y peatones de la siguiente manera:

- Tránsito: Mototaxis
- Transporte público: Bus, Minibus, Camión rural.
- Medios de transporte privado: Coche, Pick-up, Station wagon, Salpicadero.
- Transporte pesado: Camiones, semirremolques y semirremolques.

Figura 2. Formato de conteo de vehículos, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones
 Fuente: Formatos aprobados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

El Índice Medio Diario Anual – IMDA se calculó con la fórmula siguiente:

$$IMDA = IMD_{\text{ABRIL}} \times FCE_{\text{ABRIL}}$$

Dónde:

IMD_{ABRIL} es el promedio diario de los volúmenes de tráfico del mes de ABRIL

IMDA es el Índice Medio Diario Anual

FCE es el factor de corrección estacional para el mes de NOVIEMBRE

$$IMD_{\text{ABRIL}} = \frac{V_L + V_M + V_{Mi} + V_J + V_V + V_S + V_D}{7}$$

Dónde: $V_L + V_M + V_{Mi} + V_J + V_V + V_S + V_D$ son los volúmenes de tráfico registrados en la estación E-01, los días martes 05 hasta lunes 11 de abril de 2022.

Tabla 2. Índice medio diario anual estación E-01

Clasificación vehicular	Tipos de vehículos	IMDs Entrada	IMDs Salida	FC	IMDa Entrada	IMDa Salida	IMDa	Distrib. %	Distrib. Por clasificación
Ligeros	Autos	4	4	0.9988	4	4	8	17.39	54.35
	S. Wagon	0	0	0.9988	0	0	0	0.00	
	Pick up	6	6	0.9988	6	6	12	26.09	
	Panel	0	2	0.9988	0	0	0	0.00	

Clasificación vehicular	Tipos de vehículos	IMDs Entrada	IMDs Salida	FC	IMDa Entrada	IMDa Salida	IMDa	Distrib. %	Distrib. Por clasificación
Bus	C. rural	3	2	0.9988	2	3	5	10.87	0.00
	Micro	0	0	0.9988	0	0	0	0.00	
	Omnibus B2	0	0	0.9150	0	0	0	0.00	
	Omnibus B3	0	0	0.9150	0	0	0	0.00	
	Omnibus B4	0	0	0.9150	0	0	0	0.00	
	Camión C2	2	3	0.9150	3	2	5	10.87	
	Camión C3	4	4	0.9150	4	4	7	15.22	
	Camión C4	0	0	0.9150	0	0	0	0.00	
Camiones	Camión 8x4	4	4	0.9150	4	4	7	15.22	45.65
	T2S1	0	0	0.9150	0	0	0	0.00	
	T2S2	0	0	0.9150	0	0	0	0.00	
	T2S3	0	0	0.9150	1	0	1	2.17	
	T3S1	0	0	0.9150	0	0	0	0.00	
	T3S2	0	0	0.9150	0	0	0	0.00	
	T3S3	0	1	0.9150	1	0	1	2.17	
	T3S4	0	0	0.9150	0	0	0	0.00	
	C2R2	0	0	0.9150	0	0	0	0.00	
	C2R3	0	0	0.9150	0	0	0	0.00	
	C3R2	0	0	0.9150	0	0	0	0.00	
	C3R3	0	0	0.9150	0	0	0	0.00	
C3R4	0	0	0.9150	0	0	0	0.00		
TOTAL		23	24		24	22	46	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla se tiene que los vehículos de mayor cantidad fueron los pick up con un 26.09% (12 vehículos), seguido por auto con un 17.39% (8 vehículos) en cada caso.

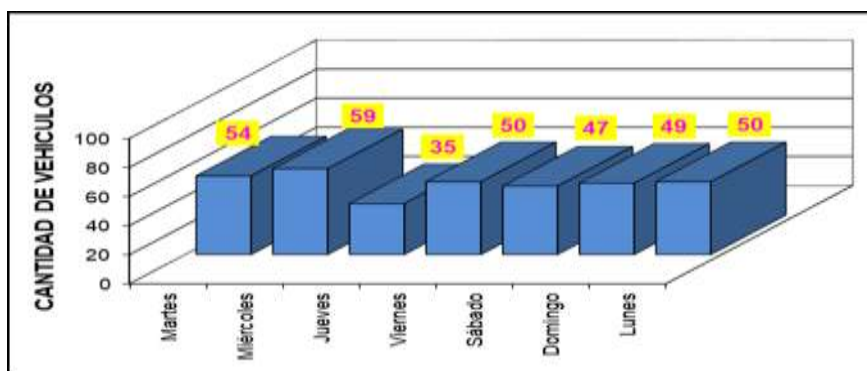


Figura 3. Clasificación vehicular estación E-01

Fuente: Información base: Cuento vehicular - Estación E-01 - Del 05 al 11 de abril de 2022.

De la figura se tiene que los vehículos de mayor cantidad fueron los pick up con 12, seguido por autos con 8 vehículos.

Variación diaria de tráfico

La variación diaria, que se puede ver en la siguiente tabla, no es muy evidente, el volumen de tráfico es invariable durante la semana, con algunas excepciones como el incremento de tráfico los días martes y miércoles.

Tabla 3. Variaciones diarias de tráfico estación E-01

Horas	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Total
00-01	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03	0	0	2	0	0	0	0	2
03-04	1	0	0	0	0	1	1	3
04-05	2	1	2	5	1	3	1	15
05-06	3	4	1	3	3	2	3	19
06-07	6	9	7	10	13	6	8	59
07-08	6	7	2	2	3	4	6	30
08-09	7	8	1	3	5	3	5	32
09-10	5	5	10	4	2	2	2	30
10-11	2	2	0	3	0	6	4	17
11-12	2	3	1	2	2	4	2	16
12-13	2	0	0	2	2	2	4	12
13-14	3	5	3	3	2	2	1	19
14-15	1	2	0	5	2	2	2	14
15-16	3	2	1	2	5	1	2	16
16-17	4	2	1	1	3	3	3	17
17-18	1	4	1	2	0	3	2	13
18-19	2	2	3	1	2	1	1	12
19-20	1	0	0	0	1	2	1	5
20-21	0	1	0	0	0	0	1	2
21-22	1	0	0	1	0	1	1	4
22-23	0	1	0	0	1	1	0	3
23-24	2	1	0	1	0	0	0	4
TOTAL	54	59	35	50	47	49	50	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se tiene que la mayor demanda vehicular fueron los días martes y miércoles, con 54 y 59 vehículos respectivamente.

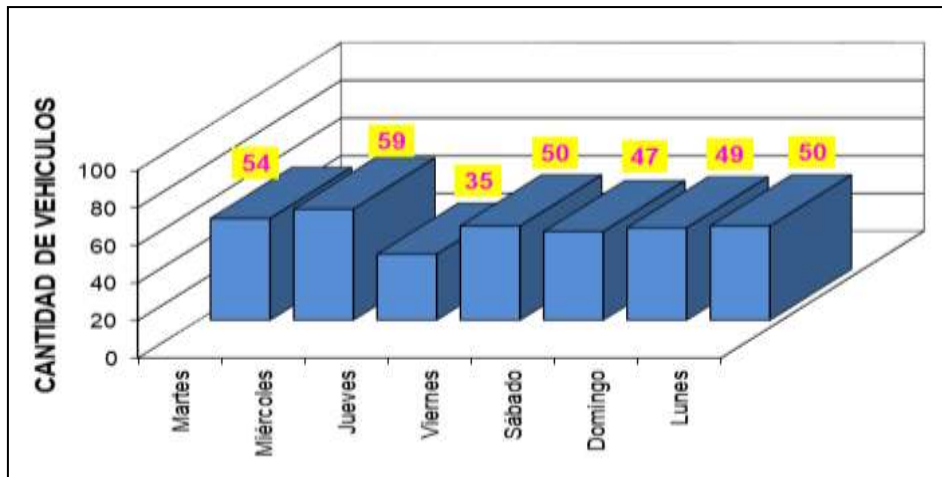


Figura 4. Variación diaria estación E-12

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Información base: Conteo vehicular - Estación E-01 - Del 05 al 11 de abril de 2022 - IMDa (normal + generado) proyectado al año 2041

Ruta PE-34E			
Tramo	Km. 128 - P-B (Dv. Condoroma)		
Prog. Inicio	128+00		
Prog. Fin	135+970		
Longitud	7.970		
Código	E-01		
Estación	DV. CONDOROMA		
Año	Normal	Generado	Total
2022	54	0	54
2023	56	28	84
2024	58	29	87
2025	61	30	91
2026	63	32	95
2027	66	33	99
2028	69	34	103
2029	72	36	107
2030	75	37	112
2031	78	39	117
2032	82	41	122
2033	85	43	128
2034	88	45	133
2035	92	47	139
2036	95	49	144
2037	98	51	149
2038	102	53	155

Ruta PE-34E			
Tramo			
Km. 128 - P-B (Dv. Condoroma)			
Prog. Inicio		128+00	
Prog. Fin		135+970	
Longitud		7.970	
Código		E-01	
Estación		DV. CONDOROMA	
Año	Normal	Generado	Total
2039	105	54	159
2040	107	56	163
2041	110	58	168

Fuente: Elaboración propia, Información base: Conteo vehicular - E-01 - Del 05 hasta el 11 de abril de 2022.

4.2. Estudio Topográfico

En el levantamiento topográfico se utiliza un dispositivo GPS diferencial que nos brinda los datos topográficos necesarios, en cuanto se obtiene esta información se procesa en la oficina. Terreno, mapas, resultados de puntos de terreno, además, realizar un reconocimiento topográfico donde se observan las características más destacadas y el lugar de puntos BM posteriores.

- **Ruta Nacional PE-34E:**

De acuerdo a la red nacional vial de PROVIAS NACIONAL, la trayectoria: Trayectoria: Emp. PE-34 A (Dv. Vizcachane) - Vizcachane - Pulpera - Negro Mayo - Dv. Tintaya (PE-3S K) - Quello - Emp. PE-3S G (Yauri).

El sitio donde inicia la carretera actualmente es: Puente Callali – Dv. Condoroma, la longitud total de los tramos que pasan por la ruta PE-34E tiene una longitud de 7.970 km

Desde “Limite Departamental Arequipa/Cusco” hasta “Dv. Condoroma”, la cota de terreno promedio es 4 786.30 m.s.n.m., siendo el valor de cota de terreno máxima 4,850.82 y la cota del terreno mínimo 4,168.02. El tipo de orografía es llano (43% de la carretera), ondulado (51% de la carretera) y accidentado (6% de la carretera).

Tabla 5. Cota Promedio

DESDE	HASTA	LONGITUD (m)	COTA PROMEDIO (m)
128+000.00	130+250.00	2 250	4 748.45
130+250.00	135+970.00	5 720	4 824.14

Fuente: Elaboración propia.

Los objetivos específicos de la topografía en el presente estudio son los siguientes:

- Determinar la longitud real de la carretera.
- Determinación de las características planimetrías y altimétricas de las vías en estudio.
- Determinar los anchos promedios de la vía por tramos.
- Levantamientos topográficos del diseño geométrico.
- Levantamientos de Canteras y DMEs.



Figura 5. Transporte de movilidad para topografía

Fuente: Elaboración propia.

Se midió los anchos de la calzada según el tipo de superficie cada 200 metros conforme indica los términos de referencia, esta medición se realizó después de obtenido el eje de la vía, cuyas progresivas fueron cargadas al GPS, posteriormente replantadas y así proceder a la medición.

La forma en que se midió fue la siguiente:

- Afirmado o Tierra: Ancho de material de afirmado o huella de vehículos y ancho de plataforma total

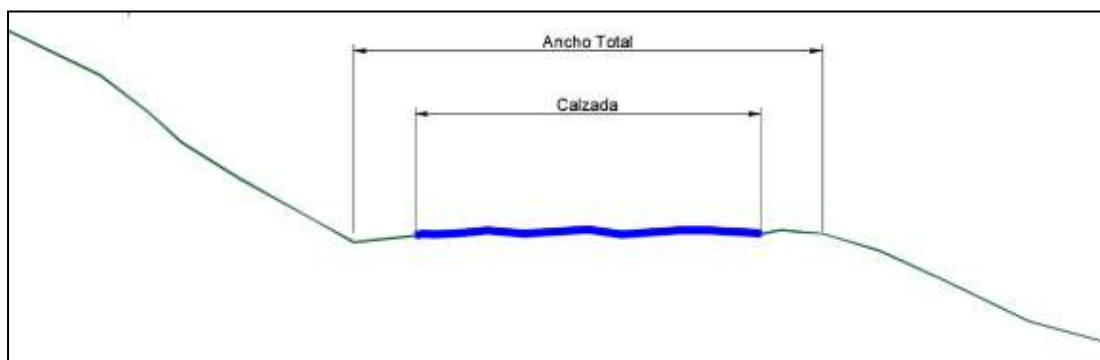


Figura 6. Ancho de vía.

Fuente: Elaboración propia.

Con la ayuda de un equipo GNSS con corrección satelital en tiempo real se procedió a tomar una serie de puntos de manera de obtener la geometría aproximada de la vía, luego en base a la información, se generó un alineamiento horizontal que comprende tangentes y radios, también con la información de cotas del mismo equipo se obtuvo un perfil longitudinal del terreno existente, dada la aproximación de este tipo de equipo la representación es aproximada.

Como resultado de estas mediciones se obtuvieron el plano de Planta y Perfil por kilómetro donde se indica las características geométricas de la vía actual tanto horizontal como vertical. Se adjunte la presente la data obtenida con el equipo GNSS.

Tabla 6. Cuadro de BMS topográficos

NUMERO	ESTE	NORTE	REFERENCIA	UBICACIÓN
1	267680	8306670	BM-1	Roca fija
2	267992	8307014	BM-2	Roca fija
3	268077	8307510	BM-3	Roca fija
4	268141	8308003	BM-4	Roca fija
5	268084	8308504	BM-5	Roca fija
6	268119	8308980	BM-6	Roca fija
7	268126	8309472	BM-7	Roca fija

NUMERO	ESTE	NORTE	REFERENCIA	UBICACIÓN
8	268057	8309966	BM-8	Roca fija
9	267991	8310464	BM-9	Roca fija
10	267922	8310956	BM-10	Roca fija
11	267839	8311449	BM-11	Roca fija
12	267720	8311935	BM-12	Roca fija
13	267601	8312420	BM-13	Roca fija
14	267646	8312913	BM-14	Roca fija
15	267751	8313400	BM-15	Roca fija
16	267991	8313837	BM-16	Roca fija
17	268088	8314273	BM-17	Roca fija

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Estudio de Mecánica de Suelos

Este estudio permite diseñar los espesores de las capas de pavimento en el área de inversión y conservación: Alfombra Asfáltica, Capa de Afirmación, Sustrato Granular, Sustrato Granular y Subsuelo, lo que permitirá el levantamiento Intuitivo del estado superficial confirmado. Se registró el perfil estratigráfico vertical de cada pozo, correspondiente a los estratos asociados en cada pozo. Y se tomaron muestras representativas y en número suficiente como para ser enviadas a un laboratorio instalado en campo para su análisis.

La excavación se realiza con herramientas manuales, donde cada calicata lleva su registro de excavación:

- Coordenadas UTM del elipsoide WGS 84.
- Espesor y descripción (tipo de material, color, contenido de humedad, etc.), de acuerdo con la norma ASTM D-2 88-09 de cada estrato encontrado.
- Fotografías de cada hoyo, donde se pueden ver los estratos hallados y la hondura de la excavación.

Las muestras del suelo reconstituidas, validadas con sus coordenadas UTM y preservadas en recipientes adecuados (bolsas dobles de polietileno), fueron trasladadas para realizar las pruebas de laboratorio del Consultor. Cabe indicar que las muestras representativas fueron extraídas en cantidad suficiente, de tal manera que se pueda efectuar ensayos de verificación con las contra muestras, si fuera necesario.

Tabla 7. Ubicación de las calicatas y su muestreo

Calicata	Progresiva (Km)	Coordenadas UTM		Muestra	Profundidad (m)
		Este	Norte		
C-01	128+000	267680	8306670	M-1	0.00 - 0.10
				M-2	0.10 - 0.30
				M-3	0.30 - 0.80
C-02	128+500	267992	8307014	M-1	0.00 - 0.10
				M-2	0.10 - 0.30
				M-3	0.30 - 0.75
C-03	129+000	268077	8307510	M-1	0.00 - 0.10
				M-2	0.10 - 0.30
				M-3	0.30 - 0.80
C-04	129+500	268141	8308003	M-1	0.00 - 0.10
				M-2	0.10 - 0.30
				M-3	0.30 - 0.80
C-05	130+000	268084	8308504	M-1	0.00 - 0.10
				M-2	0.10 - 0.30
				M-3	0.30 - 0.80
C-06	130+500	268119	8308980	M-1	0.00 - 0.10
				M-2	0.10 - 0.30
				M-3	0.30 - 0.80
C-07	131+000	268126	8309472	M-1	0.00 - 0.10
				M-2	0.10 - 0.30
				M-3	0.30 - 0.80
C-08	131+500	268057	8309966	M-1	0.00 - 0.10
				M-2	0.10 - 0.30
				M-3	0.30 - 0.80
C-09	132+000	267991	8310464	M-1	0.00 - 0.10
				M-2	0.10 - 0.30
				M-3	0.30 - 0.80
C-10	132+500	267922	8310956	M-1	0.00 - 0.10
				M-2	0.10 - 0.30
				M-3	0.30 - 0.80

Calicata	Progresiva (Km)	Coordenadas UTM		Muestra	Profundidad (m)
		Este	Norte		
C-11	133+000	267839	8311449	M-1	0.00 - 0.10
				M-2	0.10 - 0.30
				M-3	0.30 - 0.80
C-12	133+500	267720	8311935	M-1	0.00 - 0.10
				M-2	0.10 - 0.30
				M-3	0.30 - 0.80
C-13	134+000	267601	8312420	M-1	0.00 - 0.10
				M-2	0.10 - 0.30
				M-3	0.30 - 0.80
C-14	134+500	267646	8312913	M-1	0.00 - 0.10
				M-2	0.10 - 0.30
				M-3	0.30 - 0.80
C-15	135+000	267751	8313400	M-1	0.00 - 0.10
				M-2	0.10 - 0.30
				M-3	0.30 - 0.80
C-16	135+500	267991	8313837	M-1	0.00 - 0.10
				M-2	0.10 - 0.30
				M-3	0.30 - 0.80
C-17	135+970	268088	8314273	M-1	0.00 - 0.10
				M-2	0.10 - 0.30
				M-3	0.30 - 0.80

Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL LABORATORIO

En las calicatas efectuadas se tomaron muestras de las capas que las conformaban, para efectuar las pruebas de laboratorio correspondiente, con el objetivo de conocer las características físicas mecánicas de los suelos de fundación y materiales.

Los ensayos modelo y los especiales de laboratorio y campo realizados han sido los siguientes:

- Análisis Granulométrico por tamizado. ASTM D 422, MTC E 107
- Limite Líquido. ASTM D 4318, MTC E 110
- Limite Plástico. ASTM D 4318, MTC E 111
- Contenido de Humedad Natural. ASTM D 2216, MTC E 108
- Material que pasa el tamiz N° 200. ASTM D 1140, MTC E 202
- Clasificación Unificada de Suelos. SUCS. ASTM D 2487

- Clasificación de Suelos. ASTM D 3283
- Densidad Natural. ASTM D 1556
- Proctor Método Modificado. ASTM D 1557, MTC E 115
- Capacidad Soporte California – CBR. ASTM D 1883, MTC E 132
- Penetrometro Dinámico de Cono. PDC. ASTM D 6951

De las calicatas se obtuvieron muestras representativas, que fueron sometidas a ensayos de laboratorio de acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales EM-2000, descritos a continuación:

Ensayos estándares

Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D-422, MTC E107)

El tamaño de partícula es la repartición de las partículas del suelo, según su tamaño, determinada por el tamizado o paso de áridos por mallas de diferentes diámetros hasta el tamiz número 200 (diámetro 0,074 mm), teniendo al material que cruza globalmente esta rejilla.

Límite de atterberg

- Límite Líquido (ASTM D-4318, MTC E110)
- Límite Plástico (ASTM D-4318, MTC E111)
- Índice de Plasticidad (ASTM D-4318, MTC E111)

La ductilidad del suelo se conoce como su ductilidad. Está sujeta a la cantidad de arcilla presente en el material que atraviesa la rejilla N°200, ya que el material es el que opera como aglomerante. Un material, dependiendo del contenido de humedad, pasa por tres estados precisos: líquido, plástico y seco. Si el agregado tiene algún contenido de humedad, en el que está tan humedecido que no es posible modelar, se considera que se encuentra en estado semilíquido.

Tabla 8. Resultados del estudio de mecánica de suelos

Calicata	Progresiva (km.)	Muestra	Profundidad	Tipo de Suelo (A)		W % (B)	Criterio	Índice de Consistencia			(C) CBR	(C) CBR	(D) Criterio de Consistencia		(E) Criterio del Colapso		(F) Criterio de Expansión	Criterio de Compresibilidad (G)		
				SUCS	AASHTO	H.N.		W %	L.L	L.P.	I.P	100%	95%	IC	Condición	I.L.	Condición	Expansibilidad	Cc.	Compre sibilidad
C-01	128+000	M-1	0.00-0.10	GM	A-1-b (0)	10.8	Inadecuado	21.8	NP	NP			11.0	Estado Sólido	-	10.0	Estable	BAJO	0.1	BAJA
		M-2	0.10-0.30	GM	A-2-4 (0)	8.9	Adecuado	19.4	NP	NP			10.5	Estado Sólido	-9.5	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-3	0.30-0.80	SM	A-2-4 (0)	8.9	Adecuado	26.3	22.6	3.8	10.1	7.4	4.6	Estado Sólido	-3.6	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
C-02	128+500	M-1	0.00-0.10	GM	A-1-b (0)	8.2	Adecuado	20.9	NP	NP			12.7	Estado Sólido	-	11.7	Estable	BAJO	0.1	BAJA
		M-2	0.10-0.30	GM-GC	A-2-4 (0)	12.5	Adecuado	25.8	20.6	5.2			2.6	Estado Sólido	-1.6	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-3	0.30-0.75	SM-SC	A-2-4 (0)	10.3	Adecuado	26.9	21.4	5.5	11.7	8.4	3.0	Estado Sólido	-2.0	Estable	BAJO	0.2	BAJA	
C-03	129+000	M-1	0.00-0.10	GM	A-1-b (0)	9.4	Inadecuado	20.6	NP	NP			11.2	Estado Sólido	-	10.2	Estable	BAJO	0.1	BAJA
		M-2	0.10-0.30	GM-GC	A-2-4 (0)	10.5	Adecuado	26.1	20.6	5.5			2.8	Estado Sólido	-1.8	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-3	0.30-0.80	SM-SC	A-2-4 (0)	11.5	Adecuado	28.7	22.3	6.4	10.1	7.4	2.7	Estado Sólido	-1.7	Estable	BAJO	0.2	BAJA	
C-04	129+500	M-1	0.00-0.10	GM	A-1-b (0)	8.2	Adecuado	20.9	NP	NP			12.7	Estado Sólido	-	11.7	Estable	BAJO	0.1	BAJA
		M-2	0.10-0.30	GM-GC	A-2-4 (0)	12.5	Adecuado	25.8	20.6	5.2			2.6	Estado Sólido	-1.6	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-3	0.30-0.80	SM-SC	A-2-4 (0)	10.3	Adecuado	26.9	21.4	5.5	11.7	8.4	3.0	Estado Sólido	-2.0	Estable	BAJO	0.2	BAJA	
C-05	130+000	M-1	0.00-0.10	GM	A-1-b (0)	9.4	Inadecuado	20.6	NP	NP			11.2	Estado Sólido	-	10.2	Estable	BAJO	0.1	BAJA
		M-2	0.10-0.30	GM-GC	A-2-4 (0)	10.5	Adecuado	26.1	20.6	5.5			2.8	Estado Sólido	-1.8	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-3	0.30-0.80	SM-SC	A-2-4 (0)	11.5	Adecuado	28.7	22.3	6.4	10.1	7.4	2.7	Estado Sólido	-1.7	Estable	BAJO	0.2	BAJA	
C-06	130+500	M-1	0.00-0.10	GM	A-1-b (0)	8.2	Adecuado	20.9	NP	NP			12.7	Estado Sólido	-	11.7	Estable	BAJO	0.1	BAJA
		M-2	0.10-0.30	GM-GC	A-2-4 (0)	12.5	Adecuado	25.8	20.6	5.2			2.6	Estado Sólido	-1.6	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-3	0.30-0.80	SM-SC	A-2-4 (0)	10.3	Adecuado	26.9	21.4	5.5	11.7	8.4	3.0	Estado Sólido	-2.0	Estable	BAJO	0.2	BAJA	
C-07	131+000	M-1	0.00-0.10	GM	A-1-b (0)	10.8	Inadecuado	21.8	NP	NP			11.0	Estado Sólido	-	10.0	Estable	BAJO	0.1	BAJA
		M-2	0.10-0.30	GM	A-2-4 (0)	8.9	Adecuado	19.4	NP	NP			10.5	Estado Sólido	-9.5	Estable	BAJO	0.1	BAJA	

Calicata	Progresiva (km.)	Muestra	Profundidad	Tipo de Suelo (A)		W % (B)	Criterio	Índice de Consistencia			(C) CBR	(C) CBR	(D) Criterio de Consistencia		(E) Criterio del Colapso		(F) Criterio de Expansión	Criterio de Compresibilidad (G)		
				SUCS	AASHTO	H.N.		W %	L.L	L.P.	I.P	100%	95%	IC	Condición	I.L.	Condición	Expansibilidad	Cc.	Compresibilidad
C-08	131+500	M-3	0.30-0.80	SM	A-2-4 (0)	8.9	Adecuado	26.3	22.6	3.8	10.1	7.4	4.6	Estado Sólido	-3.6	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-1	0.00-0.10	GM	A-1-b (0)	8.2	Adecuado	20.9	NP	NP			12.7	Estado Sólido	11.7	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-2	0.10-0.30	GM-GC	A-2-4 (0)	12.5	Adecuado	25.8	20.6	5.2				2.6	Estado Sólido	-1.6	Estable	BAJO	0.1	BAJA
		M-3	0.30-0.80	SM-SC	A-2-4 (0)	10.3	Adecuado	26.9	21.4	5.5	11.7	8.4	3.0	Estado Sólido	-2.0	Estable	BAJO	0.2	BAJA	
C-09	132+000	M-1	0.00-0.10	GM	A-1-b (0)	9.4	Inadecuado	20.6	NP	NP			11.2	Estado Sólido	10.2	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-2	0.10-0.30	GM-GC	A-2-4 (0)	10.5	Adecuado	26.1	20.6	5.5			2.8	Estado Sólido	-1.8	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-3	0.30-0.80	SM-SC	A-2-4 (0)	11.5	Adecuado	28.7	22.3	6.4	10.1	7.4	2.7	Estado Sólido	-1.7	Estable	BAJO	0.2	BAJA	
C-10	132+500	M-1	0.00-0.10	GM	A-1-b (0)	10.8	Inadecuado	21.8	NP	NP			11.0	Estado Sólido	10.0	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-2	0.10-0.30	GM	A-2-4 (0)	8.9	Adecuado	19.4	NP	NP			10.5	Estado Sólido	-9.5	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-3	0.30-0.80	SM	A-2-4 (0)	8.9	Adecuado	26.3	22.6	3.8	10.1	7.4	4.6	Estado Sólido	-3.6	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
C-11	133+000	M-1	0.00-0.10	GM	A-1-b (0)	9.4	Inadecuado	20.6	NP	NP			11.2	Estado Sólido	10.2	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-2	0.10-0.30	GM-GC	A-2-4 (0)	10.5	Adecuado	26.1	20.6	5.5			2.8	Estado Sólido	-1.8	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-3	0.30-0.80	SM-SC	A-2-4 (0)	11.5	Adecuado	28.7	22.3	6.4	10.1	7.4	2.7	Estado Sólido	-1.7	Estable	BAJO	0.2	BAJA	
C-12	133+500	M-1	0.00-0.10	GM	A-1-b (0)	8.2	Adecuado	20.9	NP	NP			12.7	Estado Sólido	11.7	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-2	0.10-0.30	GM-GC	A-2-4 (0)	12.5	Adecuado	25.8	20.6	5.2			2.6	Estado Sólido	-1.6	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-3	0.30-0.80	SM-SC	A-2-4 (0)	10.3	Adecuado	26.9	21.4	5.5	11.7	8.4	3.0	Estado Sólido	-2.0	Estable	BAJO	0.2	BAJA	
C-13	134+000	M-1	0.00-0.10	GM	A-1-b (0)	10.8	Inadecuado	21.8	NP	NP			11.0	Estado Sólido	10.0	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-2	0.10-0.30	GM	A-2-4 (0)	8.9	Adecuado	19.4	NP	NP			10.5	Estado Sólido	-9.5	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-3	0.30-0.80	SM	A-2-4 (0)	8.9	Adecuado	26.3	22.6	3.8	10.1	7.4	4.6	Estado Sólido	-3.6	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
C-14	134+500	M-1	0.00-0.10	GM	A-1-b (0)	8.2	Adecuado	20.9	NP	NP			12.7	Estado Sólido	11.7	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-2	0.10-0.30	GM-GC	A-2-4 (0)	12.5	Adecuado	25.8	20.6	5.2			2.6	Estado Sólido	-1.6	Estable	BAJO	0.1	BAJA	

Calicata	Progresiva (km.)	Muestra	Profundidad	Tipo de Suelo (A)		W % (B)	Criterio	Índice de Consistencia			(C) CBR	(C) CBR	(D) Criterio de Consistencia	(E) Criterio del Colapso	(F) Criterio de Expansión	Criterio de Compresibilidad (G)				
				SUCS	AASHTO	H.N.		W %	L.L.	L.P.	I.P.	100%	95%	IC	Condición	I.L.	Condición	Expansibilidad	Cc.	Compresibilidad
C-15	135+000	M-3	0.30-0.80	SM-SC	A-2-4 (0)	10.3	Adecuado	26.9	21.4	5.5	11.7	8.4	3.0	Estado Sólido	-2.0	Estable	BAJO	0.2	BAJA	
		M-1	0.00-0.10	GM	A-1-b (0)	9.4	Inadecuado	20.6	NP	NP			11.2	Estado Sólido	10.2	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-2	0.10-0.30	GM-GC	A-2-4 (0)	10.5	Adecuado	26.1	20.6	5.5				2.8	Estado Sólido	-1.8	Estable	BAJO	0.1	BAJA
		M-3	0.30-0.80	SM-SC	A-2-4 (0)	11.5	Adecuado	28.7	22.3	6.4	10.1	7.4	2.7	Estado Sólido	-1.7	Estable	BAJO	0.2	BAJA	
C-16	135+500	M-1	0.00-0.10	GM	A-1-b (0)	8.2	Adecuado	20.9	NP	NP			12.7	Estado Sólido	11.7	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-2	0.10-0.30	GM-GC	A-2-4 (0)	12.5	Adecuado	25.8	20.6	5.2			2.6	Estado Sólido	-1.6	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-3	0.30-0.80	SM-SC	A-2-4 (0)	10.3	Adecuado	26.9	21.4	5.5	11.7	8.4	3.0	Estado Sólido	-2.0	Estable	BAJO	0.2	BAJA	
C-17	135+970	M-1	0.00-0.10	GM	A-1-b (0)	10.8	Inadecuado	21.8	NP	NP			11.0	Estado Sólido	10.0	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-2	0.10-0.30	GM	A-2-4 (0)	8.9	Adecuado	19.4	NP	NP			10.5	Estado Sólido	-9.5	Estable	BAJO	0.1	BAJA	
		M-3	0.30-0.80	SM	A-2-4 (0)	8.9	Adecuado	26.3	22.6	3.8	10.1	7.4	4.6	Estado Sólido	-3.6	Estable	BAJO	0.1	BAJA	

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Estudio Hidrológico

Para realizar este estudio se obtienen los datos de la estación meteorológica más próxima a la zona de dominio del proyecto, por lo tanto, la mayor información diaria durante las 2 horas se obtiene de la estación meteorológica de Yauri, situada en el distrito de Espinar, Provincia de Espinar, Departamento del Cuzco.

La información es recopilada de la organización SENAMHI, los datos que se utilizan son de los últimos 30 años, por lo que se excluyen los años de eventos inusuales para evitar el tamaño excesivo de las estructuras, de ahí la cantidad de lluvia, un máximo de 52,1 mm y una media de 0.0 mm en 2 horas, detallando la precipitación máxima que puede ocurrir en diferentes periodos de retorno usando un método estadístico también conocido como usando aleatorización Sin embargo, el método de DISTRIBUCIÓN de los parámetros GAMMA 2, es el método que mejor se ajusta a nuestra información.

ESTUDIO DE CUENCAS

Parámetros geomorfológicos

El lapso de condensación de la cuenca, entendido como el tiempo que tarda una gota de agua, en caer en su punto más distante, para alcanzar la desembocadura de la captación, se calcula por el método de Temez, Bransby Williams y Kirpich.

$$\text{Fórmula de Kirpich: } Tc = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

$$\text{Fórmula de Temez: } Tc = 0.30 \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

$$\text{Fórmula de Bransby Williams. } Tc = 0.2433 \frac{L}{A^{0.1} S^{0.2}}$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración en horas.

L = Longitud del curso principal en kilómetros.

A = Área de cuenca en Km².

S = Pendiente a lo largo del cauce en m/m.

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS.

En el sitio del estudio no hay estaciones de medición que admitan la estimación directa de la esorrentía, estas estaciones de medición se calcularán basadas en los datos de las precipitaciones máximas asentadas en las estaciones que se encuentran en el área de estudio. Se analizó la información de las precipitaciones máximas diarias asentadas en la estación Yauri.

Tabla 9. Precipitación Máxima en 24 horas - Estación Yauri

ESTACION: YAURI /000757/DZ-12		LAT: 14° 49' "S"		DPTO: CUSCO								
PARAMETRO: PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)				LONG: 71° 25' "W"		PROV: ESPINAR						
				ALT: 3927 msnm		DIST: ESPINAR						
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1993	34.9	30.7	34.0	22.0	3.0	0.0	0.8	5.6	4.2	24.2	39.0	33.2
1994	26.2	35.8	23.0	s/d	14.8	0.0	0.0	0.0	12.0	5.0	34.0	17.4
1995	35.3	25.8	34.2	23.8	2.7	0.0	0.0	2.8	6.5	27.8	11.7	21.4
1996	s/d	33.0	s/d	20.2	8.3	0.0	0.0	7.1	10.1	6.5	12.6	20.7
1997	30.3	23.2	15.3	13.0	2.2	0.0	0.0	11.8	16.0	5.0	20.8	37.2
1998	42.7	28.4	13.2	6.0	0.0	2.5	0.0	1.6	0.8	20.6	16.9	15.9
1999	23.8	34.7	24.2	40.4	3.6	0.0	0.0	0.8	13.0	12.0	17.9	21.1
2000	26.6	26.1	31.1	11.1	3.5	3.9	0.0	6.5	5.7	17.0	7.4	27.3
2001	24.5	27.0	30.8	27.1	14.7	0.9	3.8	2.0	1.5	10.9	10.5	17.4
2002	28.5	31.0	20.8	9.1	12.6	0.5	10.6	0.0	14.8	s/d	s/d	22.4
2003	32.5	24.3	26.2	9.3	3.2	0.8	0.0	5.5	16.7	5.5	31.5	22.4
2004	50.3	27.8	s/d	24.0	0.0	s/d	s/d	12.0	8.8	14.6	26.1	26.8
2005	11.3	35.6	22.5	13.9	1.1	s/d	0.0	3.0	2.6	12.6	8.2	34.4
2006	43.4	23.8	36.4	21.4	0.8	3.1	0.0	8.8	10.0	21.7	15.7	19.0
2007	37.0	15.0	16.3	11.0	2.7	0.0	3.4	0.0	6.3	13.5	13.7	27.5
2008	27.6	23.2	23.5	1.2	2.3	5.3	0.0	0.0	0.2	23.0	22.4	13.1
2009	17.6	21.9	17.0	11.8	3.2	0.0	1.4	0.0	s/d	18.7	38.0	46.0
2010	22.4	37.6	52.1	14.2	3.9	0.0	0.0	0.0	1.1	6.8	11.2	32.6
2011	41.5	s/d	16.3	19.6	7.3	0.0	1.2	7.5	13.9	7.8	16.5	30.3
2012	24.3	47.4	28.4	14.0	9.9	0.0	0.1	0.0	8.8	8.7	18.8	25.9
2013	24.7	19.5	22.9	5.3	1.7	8.4	1.6	16.9	0.0	7.1	15.7	27.2
2014	17.0	26.9	11.6	s/d	3.5	0.0	1.8	3.5	9.9	31.8	6.9	48.6
2015	29.9	26.0	15.3	29.7	8.4	0.5	0.8	6.8	7.1	8.0	8.2	35.5
2016	43.9	23.4	22.1	43.9	1.7	0.1	8.9	3.1	2.9	12.2	7.9	s/d
2017	29.7	19.5	26.3	21.0	4.6	0.1	3.1	0.0	3.6	25.2	15.4	25.0

Tabla 9. Precipitación Máxima en 24 horas - Estación Yauri

ESTACION:	YAURI /000757/DZ-12						LAT:	14° 49' "S"		DPTO:	CUSCO	
PARAMETRO:	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)						LONG:	71° 25' "W"		PROV:	ESPINAR	
							ALT:	3927	msnm	DIST:	ESPINAR	
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2018	28.7	24.8	28.6	26.5	6.4	0.2	2.8	0.0	3.2	16.5	14.6	26.4
2019	27.3	30.1	30.9	32.0	8.2	0.3	2.5	0.0	2.8	18.3	13.8	27.8
2020	25.6	35.4	33.2	37.5	10.0	0.4	2.2	0.0	2.4	16.4	13.0	29.2
2021	27.3	40.7	35.5	43.0	11.8	0.5	1.9	0.0	2.0	19.2	12.2	30.6
Promedio	29.6	29.1	26.1	21.4	5.7	1.0	1.7	3.5	6.5	15.1	17.0	27.4
Máximo	50.3	47.4	52.1	48.5	14.8	8.4	10.6	16.9	16.7	31.8	39.0	48.6
Mínimo	11.3	15.0	11.6	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	6.9	13.1

Fuente: Elaboración propia.

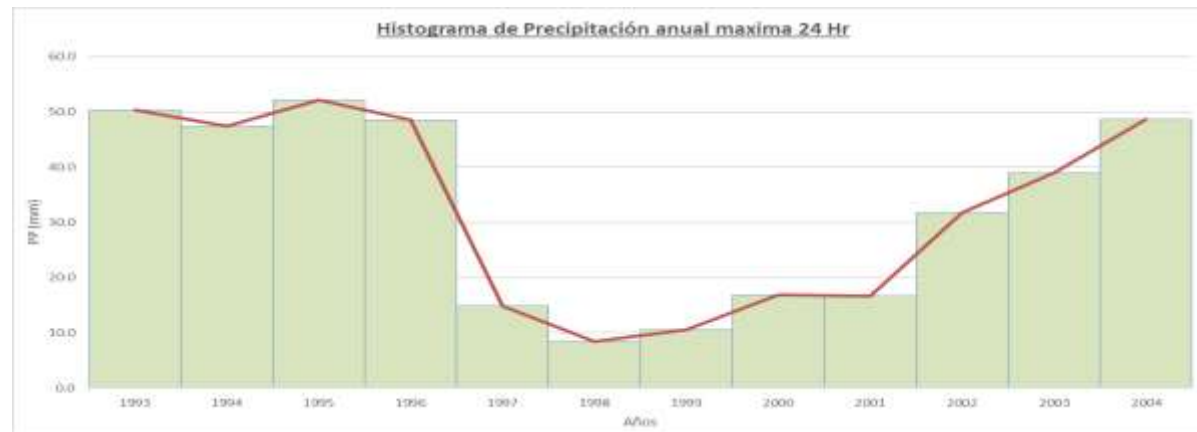


Figura 7. Histograma precipitación máxima anual-Yauri

Fuente: Elaboración propia.

CAUDALES MAXIMOS

El Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje de Carreteras, recomienda usar como valores máximos de riesgo aceptable, los valores para diferentes vidas útiles que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 10. Tabla valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras drenaje

Tipo de Obra	Riesgo Admisible (**) (%)
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25
(*)-Para obtención de la luz y nivel de aguas máximas extraordinarias. -Se recomienda un período de retorno T de 500 años para el cálculo de socavación. (**) -Vida Util considerado (n) . Puentes y Defensas Ribereñas n=40 años . Alcantarillas de quebradas importantes n=25 años . Alcantarillas de quebradas menores n=15 años . Drenaje de plataforma y Subdrenes n=15 años -Se tendrá en cuenta, la importancia y la vida útil de la obra a diseñarse. -El propietario de una Obra es el que define el riesgo admisible de falla y la vida útil de las obras.	

Fuente: Manual de Hidrología, Drenaje y Obras de arte del MTC

De acuerdo a la tabla anterior, para acatar los riesgos de falla y vida útil que se proponen se obtienen estos valores de periodos de retorno, que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11. Tabla periodos de retorno

Tipo de Obra	Riesgo (%)	Vida Util (años)	Tiempo de Retorno (años)
Puentes	25%	40	140
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30%	25	71
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35%	15	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40%	15	30
Subdrenes	40%	15	30
Defensas Ribereñas	25%	40	140

Fuente: Manual de Hidrología, Drenaje y Obras de arte del MTC

HIDRÁULICA

Hidráulica de cauces definidos.

La verificación de la capacidad de las estructuras se elaboró considerando la expresión:

$$Q_d > Q_h$$

Donde:

Q_h = Descarga máxima proyectada en m³/s. (proveniente del estudio hidrológico).

Q_d = Descarga de diseño de la obra en m³/s.

Secciones prismáticas

- Caudal Crítico: $Q = 1.705BH^{1.5}$
- Velocidad Crítica: $V = 2.56\sqrt{H}$
- Pendiente Crítica: $I_C = \frac{0.0585}{\sqrt[3]{H}} \left(3 + \frac{4H}{B} \right)^{4/3}$

Secciones circulares:

- Caudal Crítico: $Q = 1.533D^{2.5}$
- Velocidad Crítica: $V = 2.56\sqrt{D}$
- Pendiente Crítica: $I_C = \frac{1.307}{\sqrt[3]{D}}$

La verificación hidráulica de puentes y badenes se ha realizado utilizando la ecuación de Manning.

En la verificación hidráulica de puentes se ha tomado en cuenta que el galibo o altura libre sea la recomendada en el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC.

En la verificación hidráulica de badenes, se ha tomado en cuenta que la flecha no debe ser mayor de 0.30 m., y que la longitud del badén debe ser múltiplo de un paño de 4.0 m de longitud.

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

Donde: Q: Caudal en m³/s

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

A: Área de sección transversal (m²)

P: Perímetro mojado (m)

R: Radio Hidráulico (A/P), en metros.

Aquellas estructuras que se encuentran en mal estado o no pasen la verificación hidráulica, se recomienda su remplazo.

Hidráulica de alcantarillas de alivio.

El tamaño de la alcantarilla es calculado tomando en cuenta que una alcantarilla debería evacuar, como medida límite, dos ramales en un punto de inflexión, es decir:

Carretera Callalli - Condorama

Q=0.262 m³/s

Para sección circular:

$$Q_d = 1.425d^{2.5}$$

Donde:

Q_d= Caudal de diseño en m³/s

d = diámetro de la alcantarilla en m.

Hidráulica de cunetas.

El caudal de diseño para las cunetas fue definido anteriormente por el Método Racional, se tomó para el cómputo el mayor caudal, cuyo valor es 0.131 m³/s. El cálculo hidráulico de la cuneta triangular se muestra en la Tabla N°43 Para las cunetas de sección triangular se sugiere una pendiente mínima de 0.5%, con estas dimensiones:

- Altura: 0.30m.
- Talud interior: 1.0 V: 0.5 H
- Talud exterior. 1.0 V: 3.0 H.
- Ancho: 1.23 m.

Se debe considerar que el Qh fue calculado para una longitud máxima de 200 m., y en muchos tramos la cuneta tiene una longitud menor, para los cuales Qh es también mucho menor. Considerando un tirante de 0.25 m y un borde libre de 0.05m.

4.5. Diseño Geométrico y señalización

El objetivo del Diseño Geométrico para este tipo de proyecto es básicamente lograr el diseño en la carretera Callalli – Condoroma, que permitan dar seguridad a los usuarios de vía.

Parámetros de Diseño

Dadas las características que deben tener la futura vía y los objetivos del diseño geométrico, se ha considerado los siguientes parámetros mínimos a cumplir:

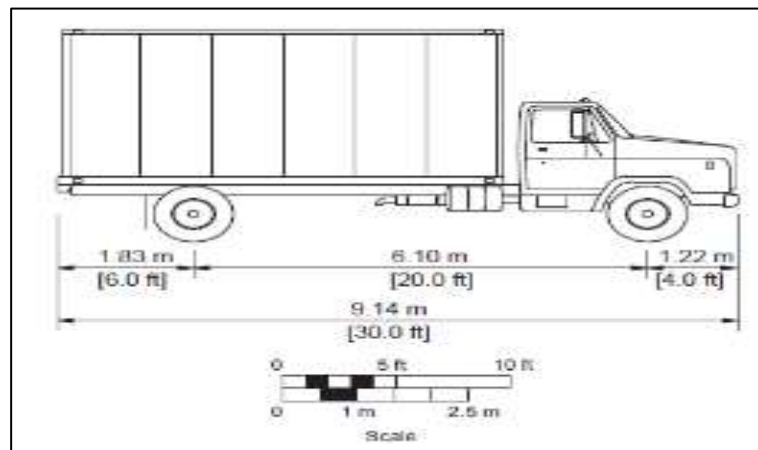
Vehículo de Diseño

El vehículo de diseño un camión corresponde a un camión de 2 ejes, el cual no existe en la norma DG-2018, sin embargo, de acuerdo al Reglamento Nacional de Vehículos del 2003:

Tabla 12. Parámetros de diseño

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS									
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)		
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores					
				1º	2º	3º		4º	
C2		12,30	7	11	---	---	---	18	

Fuente: Manual de Ministerio de Transportes y Comunicaciones.



Single-Unit Truck (SU-9 [SU-30]) Design Vehicle

Figura 8. Vehículo de diseño

Fuente: Manual de Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Por tanto, el vehículo de diseño será:

- Según el Reglamento Nacional de Vehículos 2003: C2.
- ASSHTO: SU-30

Velocidad de diseño

En el presente estudio solo se considera la velocidad de diseño para ser aplicable en los tramos de inversión. Será una característica muy importante para evaluar la seguridad vial y proyectar señalizaciones si fuera necesario. Sin embargo, dentro de los tramos de inversión hay zonas que no cumplen con la distancia de visibilidad de parada ya sea en horizontal o vertical, zonas con falta de sobre ancho, radios de curvatura muy pequeños o ancho de plataforma muy angosta. Son en estos sectores que se

proyectara mejoramiento geométrico siendo importante la velocidad de diseño.

En conclusión, en tramos con IMDA menor a 400 veh/día, consideradas trochas la velocidad en orografías planas y onduladas será de 30 km/h y en tramos accidentados y escarpados de 20 km/h.

A continuación, se muestran los tramos de inversión, su respectiva IMDA y el tipo de vía:

Distancia de Visibilidad de Parada

De acuerdo a la norma DG-2018:

Tabla 13. Distancia de visibilidad de parada

<i>Distancia de visibilidad de parada (metros)</i>							
Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75
70	105	110	116	124	100	97	93
80	130	136	144	154	123	118	114
90	160	164	174	187	148	141	136
100	185	194	207	223	174	167	160
110	220	227	243	262	203	194	186
120	250	283	293	304	234	223	214
130	287	310	338	375	267	252	238

Fuente: Tabla 205.01 de la Norma DG-2014

Distancia de Visibilidad de Adelantamiento

Este tipo de proyectos no considera como parámetro de diseño la distancia de visibilidad para adelantamiento.

Radio Mínimo

De acuerdo al Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito:

Tabla 14. Radios mínimos y peraltes máximos

RADIOS MINIMOS Y PERALTES MAXIMOS				
Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e(%)	Valor límite de fricción f_{max}	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
20	6.0	0.18	13.1	15
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
20	8.0	0.18	12.1	10
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
20	10.0	0.18	11.2	10
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
20	12.0	0.18	10.5	10
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

Fuente: Tabla 205.01 de la Norma DG-2014

Debemos tener presente que a estos valores debemos agregar el criterio de giro mínimo.

Peralte

De acuerdo a la norma DG-2018:

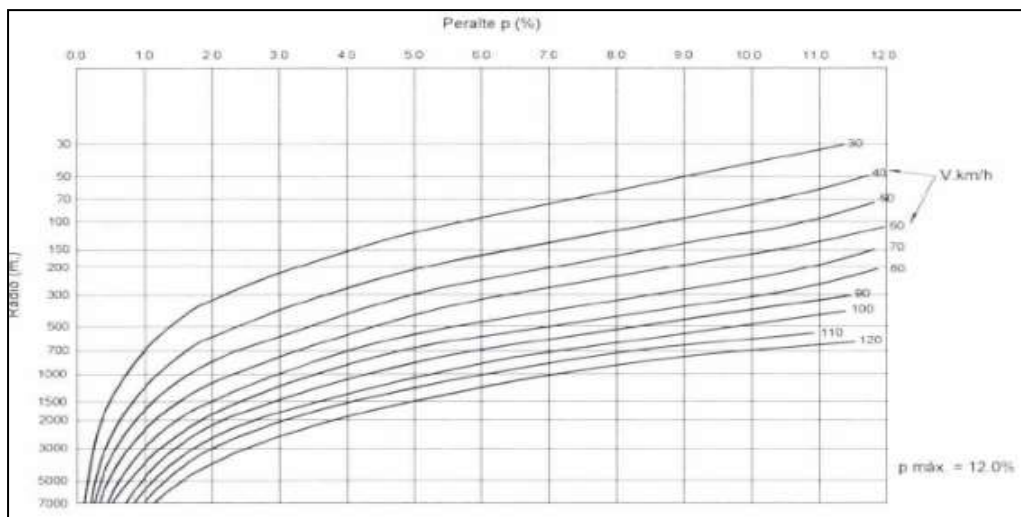


Figura 9. Gráfico peralte

Fuente: Figura 302.04 de la Norma DG-2018

Sobrancho

De acuerdo a la norma DG-2018

$$S_a = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10^2 \sqrt{R}}$$

Donde:

Sa : Sobreancho (m).

N : Número de carriles

R : Radio (m)

L : Distancia entre el eje posterior y parte frontal (m).

V : Velocidad de diseño (km/h)

Se ha empleado esta fórmula dado que el vehículo de diseño seleccionado es de tipo rígido.

Curvas Verticales

Para este diseño se ha adoptado el criterio de la distancia de visibilidad de parada. De acuerdo a la norma DG-2014.

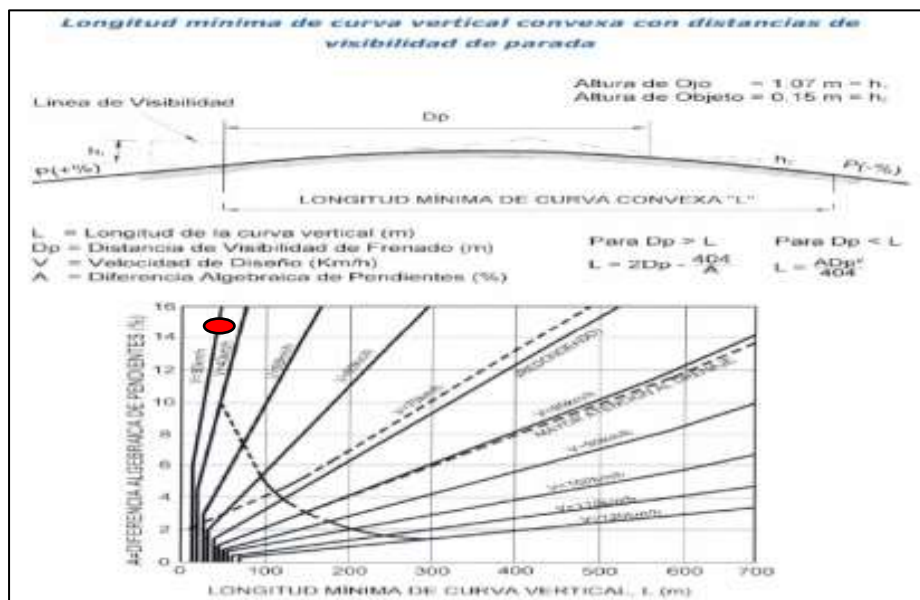


Figura 10. Gráfico - curvas verticales

Fuente: Figura 303.06 de la Norma DG-2018

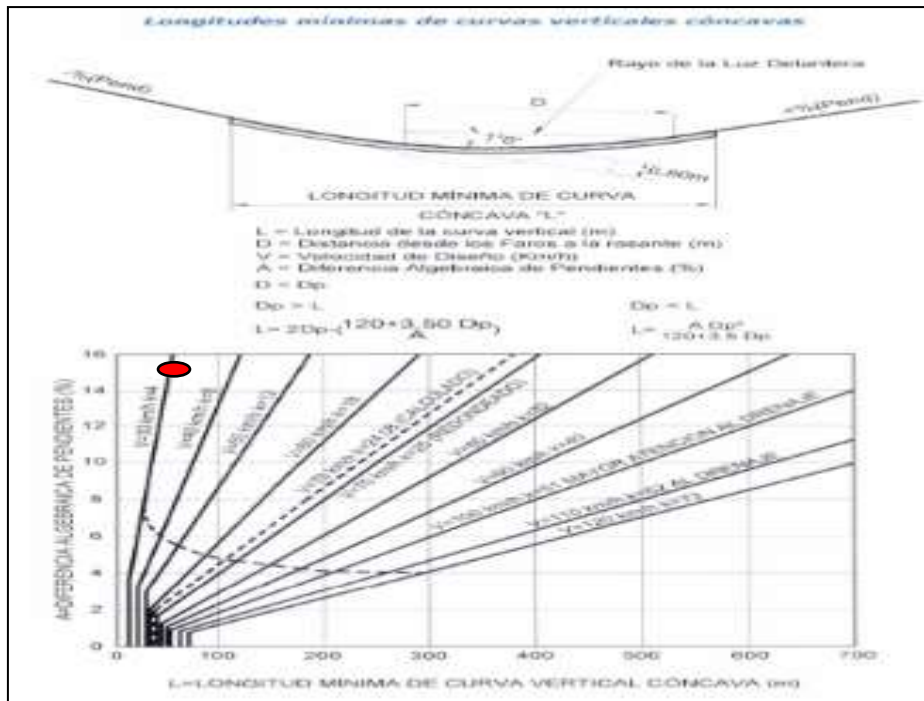


Figura 11. Longitudes mínimas de curvas verticales

Fuente: Figura 303.08 de la Norma DG-2018

Calzada

En toda la vía se ha mantenido el ancho de la calzada existente, en las áreas de mejoramiento también se mantenido también el ancho de calzada del sector, esto debido a que la zona de mejoramiento es pequeña en comparación al sector, lo que un cambio en poca longitud podría llevar a confusión al conductor y por ende convertirse en un factor de peligro.

Berma

Para las bermas se adoptado el mismo criterio que el de la calzada. Se mantiene lo existente.

Bombeo

De acuerdo a la norma DG-2018:

Tabla 15. Valores de bobeo de calzada

Valores del bombeo de la calzada

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2,0	2,5
Tratamiento superficial	2,5	2,5-3,0
Afirmado	3,0-3,5	3,0-4,0

Fuente: Tabla 304.03 de la Norma DG-2018

Por tanto, para nuestro proyecto se ha asumido 2.5%.

Tabla 16. Diseño Geométrico

N° CURVA	SENTIDO	N° PI	RADIO	LONG. CURVA	DIST. EXTERNA	DELTA	PROGRESIVAS		COORDENADAS		VELOCIDAD	CONDICIÓN
							PC	PT	ESTE	NORTE		
C***	Izq/Der	***	***	m	m	0 1 11 1 1	***	***	***	***	DG-2018	Cumple-No Cumple
C01	I	307	80.00	75.12	9.71	53°48'10"	127+761.036	127+836.159	267 507.76	8 306 565.49	30KM/H	CUMPLE
C02	I	308	153.00	90.46	6.94	33°52'40"	128+218.657	128+309.120	267 907.35	8 306 812.33	30KM/H	CUMPLE
C03	I	309	370.00	95.10	3.08	14°43'40"	128+408.773	128+503.872	267 987.58	8 306 989.03	30KM/H	CUMPLE
C04	I	310	997.00	155.23	3.03	8°55'10"	129+286.183	129+441.413	268 140.42	8 307 883.97	30KM/H	CUMPLE
C05	I	311	187.00	116.88	9.52	35°48'40"	129+835.080	129+951.960	268 147.58	8 308 415.78	30KM/H	CUMPLE
C06	D	312	116.00	98.46	11.29	48°38'00"	130+053.793	130+152.255	268 024.33	8 308 591.54	30KM/H	CUMPLE
C07	I	313	285.00	106.31	5.03	21°22'20"	130+650.213	130+756.523	268 166.32	8 309 178.77	30KM/H	CUMPLE
C08	I	314	² 467.00	255.64	3.32	5°56'10"	132+709.332	132+964.967	267 877.41	8 311 293.65	30KM/H	CUMPLE
C09	D	315	234.00	105.10	6.03	25°44'10"	134+079.020	134+184.124	267 570.24	8 312 552.15	30KM/H	CUMPLE
C10	D	316	380.00	127.62	5.42	19°14'30"	134+994.827	135+122.442	267 763.60	8 313 460.36	30KM/H	CUMPLE
C11	I	317	163.00	114.20	10.54	40°08'30"	135+690.671	135+804.872	268 122.80	8 314 052.07	30KM/H	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Resumen de señales verticales proyectadas

RUTA	PROGRESIVA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA COORDENADAS UTM WGS-84 19S		LADO	CODIGO	TIPO DE SEÑALIZACION	DESCRIPCIÓN
		ESTE	NORTE		DE LA SEÑAL		
PE-34E	128+000.00	267681.682	8306672.926	D	I-2A	Informativa	Hito Kilométrico
PE-34E	128+150.00	267812.180	8306747.661	D	P-2B	Preventiva	Curva a la Izquierda
PE-34E	128+400.00	267959.756	8306939.848	I	P-2A	Preventiva	Curva a la Derecha
PE-34E	128+700.00	268033.624	8307228.945	D	R-30	Reglamentaria	Velocidad Máxima Permitida
PE-34E	129+000.00	268079.150	8307525.209	I	I-2A	Informativa	Hito Kilométrico
PE-34E	129+520.00	268137.532	8308040.682	I	R-30	Reglamentaria	Velocidad Máxima Permitida
PE-34E	129+750.00	268150.627	8308270.526	D	P-4B	Preventiva	Curva y Contracurva a la Izquierda
PE-34E	130+000.00	268085.309	8308504.582	D	I-2A	Informativa	Hito Kilométrico
PE-34E	130+220.00	268047.781	8308709.804	I	P-4B	Preventiva	Curva y Contracurva a la Izquierda
PE-34E	130+570.00	268139.760	8309047.649	D	P-2B	Preventiva	Curva a la Izquierda
PE-34E	130+840.00	268142.749	8309314.387	I	P-2A	Preventiva	Curva a la Derecha
PE-34E	131+000.00	268126.087	8309473.294	I	I-2A	Informativa	Hito Kilométrico
PE-34E	131+050.00	268124.232	8309523.808	D	R-30	Reglamentaria	Velocidad Máxima Permitida
PE-34E	132+000.00	267990.733	8310464.092	D	I-2A	Informativa	Hito Kilométrico
PE-34E	133+000.00	267838.765	8311451.968	I	I-2A	Informativa	Hito Kilométrico
PE-34E	133+140.00	267800.640	8311587.081	I	R-30	Reglamentaria	Velocidad Máxima Permitida
PE-34E	134+000.00	267601.652	8312423.450	D	I-2A	Informativa	Hito Kilométrico
PE-34E	134+000.00	267606.438	8312424.927	D	P-2A	Preventiva	Curva a la Derecha
PE-34E	134+280.00	267596.508	8312699.537	I	P-2B	Preventiva	Curva a la Izquierda
PE-34E	134+900.00	267735.392	8313303.864	D	P-2A	Preventiva	Curva a la Derecha
PE-34E	135+000.00	267751.297	8313402.412	I	I-2A	Informativa	Hito Kilométrico
PE-34E	135+200.00	267833.153	8313584.573	I	P-2B	Preventiva	Curva a la Izquierda
PE-34E	135+600.00	268049.272	8313921.312	D	P-2B	Preventiva	Curva a la Izquierda

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Resumen de postes delineadores proyectados

RUTA	PROGRESIVA		UBICACIÓN GEOGRÁFICA COORDENADAS UTM WGS-84 19S		UBICACIÓN GEOGRÁFICA COORDENADAS UTM WGS-84 19S		RADIO (m)	ESPACIAMIENTO (m)	LONGITUD (m)	CANTIDAD (und)	LADO
	INICIO	FIN	INICIO ESTE	FIN NORTE	INICIO ESTE	FIN NORTE					
PE-34E	128+815.000	129+225.000	268048	8307342.8	268117.06	8307747.18	-	12	410.000	35	D
PE-34E	130+865.000	131+100.000	268144.37	8309339.44	268112.55	8309572.37	-	12	235.000	21	D
PE-34E	131+385.000	131+625.000	268074.01	8309854.48	268041.5	8310092.48	-	12	240.000	21	D
PE-34E	132+130.000	132+320.000	267973.12	8310592.98	267947.42	8310781.15	-	12	190.000	17	D
PE-34E	132+625.000	132+785.000	267906.14	8311083.32	267883.35	8311241.62	-	12	160.000	14	D
PE-34E	133+270.000	133+480.000	267774.79	8311714.08	267724.96	8311918.25	-	12	210.000	19	D
PE-34E	134+030.000	134+180.000	267594.54	8312452.57	267580.55	8312600.39	234	5	150.000	31	D
PE-34E	134+700.000	134+920.000	267688.77	8313108.87	267734.6	8313324.16	-	12	220.000	19	D

Fuente: Elaboración propia.

4.6. Diseño de Pavimento

La metodología American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), versión 1993 observa cuatro aspectos primordiales:

- Variables de diseño: tiempo de análisis, vida útil de la construcción, tráfico, confiabilidad, condiciones ambientales (hinchazón del suelo, hinchamiento por heladas).
- Criterios de funcionamiento: Facilidad de mantenimiento
- Propiedades estructurales de los materiales: módulo elástico efectivo del suelo, propiedades de los materiales pertenecientes a las diferentes capas del pavimento, coeficientes de capa.
- Características estructurales del pavimento: Drenaje.

La ecuación básica para el diseñar un pavimento flexible es:

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

Figura 12. Fórmula de diseño de pavimento

Fuente: Norma DG-2018.

CONFIABILIDAD DEL DISEÑO (R)

El nivel de confiabilidad representa como una estructura se comporta, durante su diseño, de acuerdo a lo planificado. Según la AASHTO es posible considerar que el comportamiento del pavimento con el tráfico, sigue un patrón de distribución estándar. Esto significa, por ejemplo, que para una confiabilidad de 95%, solamente el 5% del tramo pavimento, se encuentra con un índice de serviciabilidad presente menor al planificado. Por lo tanto, mientras haya más confianza, aumentará el grosor de la estructura del pavimento.

La confiabilidad general del diseño asume que en el tráfico puede haber variaciones, al igual que en el comportamiento de la estructura diseñada. Según se detalla a continuación:

Tabla 19. Valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de tráfico.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	100,000	150,000	65%
	T _{P1}	150,001	300,000	70%
	T _{P2}	300,001	500,000	75%
	T _{P3}	500,001	750,000	80%
	T _{P4}	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	95%
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	95%
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	95%
T _{P15}	>30'000,000		95%	

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2013) - Capítulo 12 - Cuadro 12.6.

Por lo tanto:

EE < 750,000

R=80%, para 500,000 <

R=80%, para 750,001 <

EE < 1,000,000

Tabla 20. Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal (Z_r) para una sola etapa de diseño (10 o 20 años), según el nivel de confiabilidad seleccionado y rango de tráfico.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_r)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P0}	100,001	150,000	-0.385
	T_{P1}	150,001	300,000	-0.524
	T_{P2}	300,001	500,000	-0.674
	T_{P3}	500,001	750,000	-0.842
	T_{P4}	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T_{P15}		>30'000,000	-1.645

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2013) - Capítulo 12 - Cuadro 12.8.

Por lo tanto:

$Z_r = -0.842$, para $500,000 < EE < 750,000$
 $Z_r = -0.842$, para $750,000 < EE < 1,000,000$

DESVIACIÓN ESTÁNDAR COMBINADA (S₀)

El valor se encuentra entre 0.40 – 0.50, para el caso de pavimentos con superficie de rodadura asfáltica, el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2013) recomienda:

$$S_0 = 0.45$$

- Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) = 3.80
- Índice de Serviciabilidad Final (Pt) = 2.00
- Variación de Serviciabilidad (Δ PSI) = 1.80

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Según los resultados arrojados en los ensayos de laboratorio solicitados de las canteras, es posible indicar que:

- Material de Afirmado: CBR mínimo 40% compactada referida al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de 0.1" (2.5 mm).

Estos materiales de Afirmado, cumplen las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013) en la Sección 301, respectivamente.

DISEÑO DE ESPESORES

Se determinan a través de métodos de diseño a partir de formulaciones en las que se tiene en cuenta las particularidades y propiedades de los materiales y las condiciones del tránsito.

El cálculo de espesores se efectuará obedeciendo a la Metodología recomendada por AASHTO-1993 mediante esta ecuación de diseño:

Donde:

W18 : Numero proyectado de carga equivalente de 18 kip (18000 lb.) de aplicación de carga axial simples

Zr : Desviación estándar normal para el nivel de confiabilidad según EALs

So : Error estándar combinado del tráfico proyectado y del comportamiento proyectado (0.45)

Δ PSI : Diferencia entre índice de serviciabilidad inicial, po, y el índice de serviciabilidad terminal

MR : Módulo resiliente (psi)

SN : Numero estructural indicativo del espesor total del pavimento requerido

$$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3$$

Donde:

a_i : Coeficiente de la capa "i"

D_i : Espesor de la capa "i"

m_i : Coeficiente de drenaje de la capa "i" (m_2 y $m_3 = 1.0$)

Tabla 21. Coeficientes estructurales de las capas del pavimento

BASE			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a ₂	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico ≤ 5'000,000 EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a ₂	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a _{2a}	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²)	a _{2b}	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²)	a _{2c}	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
SUBBASE			
Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a ₃	0.047 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico ≤ 15'000,000 EE
Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS	a ₃	0.050 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2013)

Coeficiente Estructural (Afirmado, CBR≥40%) = 0.047/cm = 0.119/pulg.

DRENAJE

Para el buen funcionamiento del pavimento, se necesita que el drenaje funcione con efectividad. Si el diseño del pavimento es excelente pero la vía no posee un drenaje eficiente y un adecuado mantenimiento, no sirve de nada.

A continuación, se presenta, definiciones generales que corresponden a diferentes niveles de drenaje de la estructura del pavimento.

Tabla 22. Calidad de Drenaje

CALIDAD DEL 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

Fuente: Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO - 1993

En cada nivel de drenaje se emplea un coeficiente, los cuales se llaman m_i y se incorporan en la ecuación de Número de Textura (SN) influyendo así sobre el Coeficiente de Capa (a_i) y espesor respectivamente (D_i), según fórmula de diseño.

En la tabla se puede visualizar los valores que AASHTO aconseja para m_i en función de la calidad del drenaje y cuándo (del año) el pavimento suele estar expuesto a una humedad cercana a la saturación.

Tabla 23. Coeficientes de Drenaje

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

Fuente: Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO - 1993

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Se determina a partir de la nueva textura en base a los requisitos de textura total (S_{Nt}) que deben cumplir la capa asfáltica, subbase granular y subbase granular. El espesor mínimo considerado es el espesor recomendado por el Método AASHTO según la siguiente tabla:

Tabla 24. Espesores Recomendados según AASHTO-1993

TRAFICO EN ESAL's DE DISEÑO	CONCRETO ASFÁLTICO	BASE GRANULAR
Hasta 50,000	2.5 cm. (1 pulg.) TS	10 cm. (4 pulg.)
50,001 -150,000	5.0 cm. (2 pulg.)	10 cm. (4 pulg.)
150,001 -500,000	6.5 cm. (2.5 pulg.)	10 cm. (4 pulg.)
500,001 – 2,000,000	7.5 cm. (3 pulg.)	15 cm. (6 pulg.)
2,000,001 – 7,000,000	9.0 cm. (3.5 pulg.)	15 cm. (6 pulg.)
Más de 7,000,000	10.0 cm. (4 pulg.)	15 cm. (6 pulg.)

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

ESTABILIZACIONES

El Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, en el Capítulo IX, Estabilización de Suelos, desarrolla los criterios para establecer las estabilizaciones, para distintos tipos de suelos y estabilizadores.

Los factores que se consideran al seleccionar el método más beneficioso para la estabilización son:

- El tipo de suelo a estabilizar.
- El uso propuesto del suelo estabilizado.
- El tipo de aditivo estabilizador del suelo.
- La experiencia en el tipo de estabilización que se empleará.
- La disponibilidad del tipo de estabilizador.
- La disponibilidad del equipo apropiado.
- Los costos comparativos.

Una alternativa considerada para el diseño del pavimento es la Estabilización del material granular para elaborar la capa del pavimento básico.

Las alternativas de estabilizaciones que se ha efectuado son las siguientes:

- Material granular de cantera, estabilizado con emulsión asfáltica.
- Material granular de cantera, estabilizado con cemento Portland + Aditivo Químico (Polímero Cohesionador ELASTÓMEROS).
- Material granular de cantera, estabilizado con cemento Portland.

Las características mecánicas del suelo estabilizado con emulsión asfáltica son las siguientes:

- Estabilidad Marshall Modificado > 1600 lb

Para estos parámetros el valor del aporte estructural considerado ha sido 0.115/cm.

Las características mecánicas del suelo estabilizado con cemento y polímero cohesionador propuestos son:

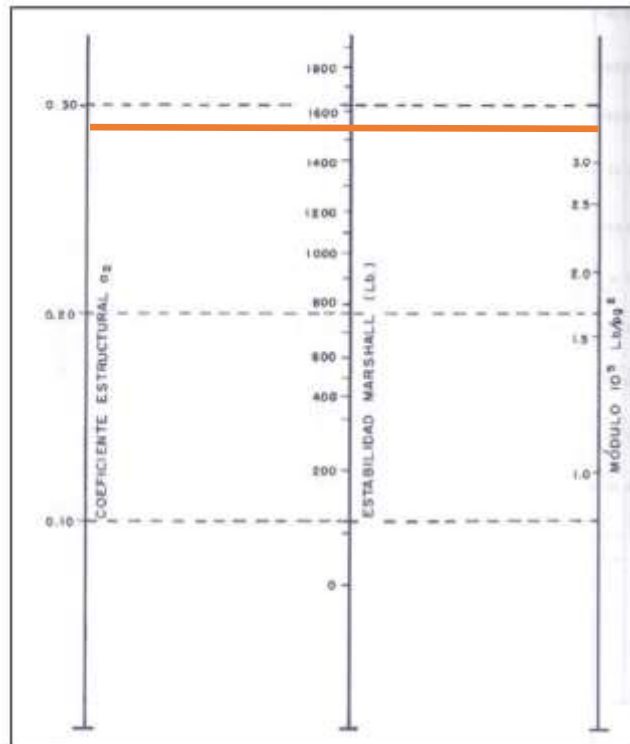
- CBR > 100%
- Resistencia a la Compresión a 7 días = 35 kg/cm²

Para estos parámetros el valor del aporte estructural considerado es de 0.070/cm.

Con los coeficientes de aporte estructural, se ha dimensionado el espesor del pavimento básico, a partir del espesor obtenido con material granular (metodología AASHTO 1993)

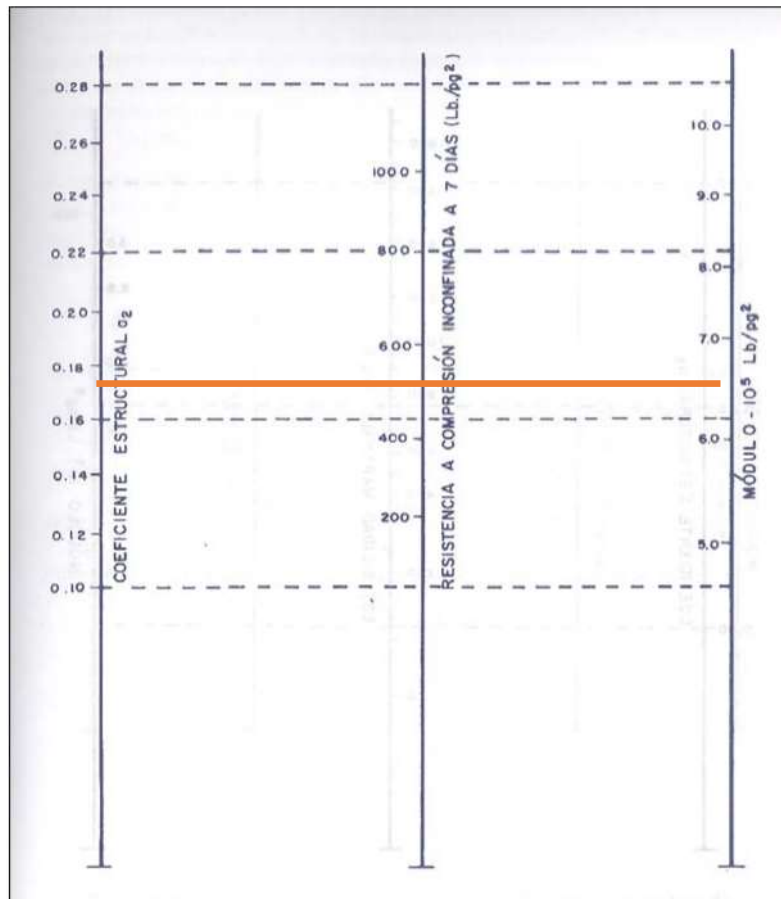
Un resumen de alternativas en la estructura del pavimento es la siguiente:

Tabla 25. Valores del coeficiente estructural (ab) para bases estabilizadas con emulsión asfáltica, con estabilidad medida por el Método Marshall



Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Tabla 26. Valores del coeficiente estructural (ab) para bases de suelo-cemento



Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Diseño con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero

Para el diseño de mezcla con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero se obtuvo un porcentaje óptimo de asfalto de 5.5%

4.7. Evaluación de Impacto Ambiental

En este capítulo se identifica y evalúa estrictamente los impactos ambientales y sociales que pueden acaecer durante la fase de Construcción, operación del PIP. Para lograrlo, se conectan actividades del proyecto con los componentes del ambiente, empleando un criterio de causa-efecto, y posteriormente, evaluando el carácter adverso o favorable del impacto.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Haber desarrollado el capítulo referido al diagnóstico ambiental, ha ayudado a mostrar las medidas físicas, biológicas y socioeconómicas de la zona que se estudia y su perímetro de influencia.

ANÁLISIS DE CONVERGENCIA DE FACTORES AMBIENTALES

Es un enfoque donde se identifican los factores de impacto más importantes del proyecto vial, tales factores tendrán un efecto directo sobre los componentes físicos, biológicos y socioeconómicos de la ruta previa. En cuanto a la evaluación ambiental, en esta metodología se aplica una matriz de dos ítems; en la que la primera columna se divide en dos campos, en la primera columna se refieren los eventos y en la segunda se enumeran los factores ambientales de manera ordenada; Horizontalmente, se establece el cronograma del trazado en cada kilómetro, puntualizando la ubicación de las áreas habitadas, áreas de pastizales, áreas de cultivo, entre otros, según el proyecto.

CRITERIO DE EVALUACIÓN

Para este punto se establecieron atributos y una escala de valores para cada uno de ellos, basados en sus características y en el comportamiento espaciotemporal, fruto de la dinámica entre la actividad del proyecto y el componente ambiental afectado. Los atributos son: el carácter, la extensión geográfica, la duración, la magnitud, la probabilidad de ocurrencia, la

frecuencia y la reversibilidad.

$$IM = \pm (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Figura 13. Importancia del impacto

Fuente: CONESA

Por la aplicación de la fórmula, la Importancia Ambiental (IM) puede ser clasificada de acuerdo con los rangos que se muestran Niveles de Importancia de los Impactos Ambientales.

Tabla 27. Valor de importancia del impacto ambiental

Grado de Impacto	Valor de Importancia del Impacto Ambiental
Negativo Bajo o No Significativo	$IM < 25$
Negativo Moderado	$25 \leq IM < 50$
Negativo Severo	$50 \leq IM < 75$
Negativo Crítico	$75 \leq IM$
Positivo	-

Fuente: Elaboración propia.

La asignación de valores a cada interacción proyecto - componente ambiental afectado produce un índice según la expresión matemática que se mostró en la tabla anterior, y en ella se representan características cuantitativas y cualitativas de impacto.

SELECCIÓN DE COMPONENTES INTERACTUANTES

En la tabla, se listan las actividades del proyecto. Las actividades se seleccionan basándose en aquellas que influyen en los diferentes componentes ambientales.

Tabla 28. Actividades que Tendrán Incidencia sobre los Diversos Componentes Ambientales

Etapa	Actividades
	Movilización y desmovilización de maquinarias, equipos y personal
	Trazo y replanteo
	Habilitación de áreas auxiliares
	Captación de fuentes de agua
	Roce de vegetación
	Eliminación de derrumbes y/o remoción de obstáculos
	Limpieza de obras de arte, cunetas, calzadas y bermas
Mejoramiento y Conservación	Conservación de señales verticales, hitos kilométricos, postes delineadores, guardavías, marcas en el pavimento
	Reparaciones menores
	Explotación de canteras
	Conformación de depósitos de material excedente
	Transporte y colocación de material granular
	Estabilización de la capa de material granular colocado con cemento tipo portland o emulsión asfáltica
	Imprimación asfáltica y colocación de asfalto
	Señalización y seguridad vial

Etapa	Actividades
	Parchados
	Retiro de estructuras temporales
<u>Cierre</u>	Reconformación y revegetación de áreas intervenidas
<u>Operación</u>	Mantenimiento periódico y rutinario

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla, se aprecia la lista de los factores ambientales más importantes que son potencialmente afectables por la concreción del proyecto. La selección de los componentes ambientales se basa en los de mayor importancia ambiental.

Tabla 29. Factores Ambientales Potencialmente Afectables por el Proyecto

Sistema Ambiental	Componentes Ambientales
Medio Físico	Agua
	Suelo
	Aire
	Ruido
	Vibraciones
Medio Biológico	Paisaje
	Flora
	Fauna
	Social
	Economía

Sistema Ambiental	Componentes Ambientales
Medio	Seguridad y Salud
Socioeconómico y Cultural	Arqueología

Fuente: Elaboración propia.

4.8. Metrados

Tabla 30. Hoja de Resumen de metrados

ITEM	ACTIVIDADES	UND	TRABAJOS PRELIM.	TRABAJOS PLATAFORMA	DRENAJE Y OBRAS COMP.	SEÑALIZACION Y SEG. VIAL	PROTECCION AMBIENTAL	TOTAL
01	TRABAJOS PRELIMINARES							
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	gb	1.00					1.00
01.02	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	km	7.97					7.97
01.03	ACCESO A CANTERAS, DME Y FUENTES DE AGUA	km	0.65					0.65
02	TRABAJOS EN PLATAFORMA							
02.01	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA PARA EXPLANACIONES	m3		1 100.00				1 100.00
02.02	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE CORTE	m2		620.00				620.00
02.03	TERRAPLENES	m3		110.00				110.00
02.04	SUELO GRANULAR ESTABILIZADO CON ADITIVO QUIMICO ELASTÓMEROS	m3		10 500.00				10 500.00
02.05	MEJORAMIENTOS DE SUELOS	m3		-				-
02.06	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA CON ELASTÓMEROS	m2		42 000.00				42 000.00
02.07	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE	m2		42 000.00				42 000.00
03	DRENAJE Y OBRAS COMPLEMENTARIAS							
03.02	TUBERIA METALICA CORRUGADA DE Ø 36"	und			24.00			24.00
03.03	TUBERIA METALICA CORRUGADA DE Ø 36" - 02 OJOS	und			1.00			1.00
03.04	TUBERIA METALICA CORRUGADA DE Ø 48"	und			1.00			1.00
03.05	TUBERIA METALICA CORRUGADA DE Ø 48" - 02 OJOS	und			1.00			1.00
03.06	TUBERIA METALICA CORRUGADA DE Ø 60"	und			3.00			3.00
03.08	CUNETAS REVESTIDAS EN CONCRETO	m			6 204.56			6 204.56
03.09	CUNETAS DE TIERRA	m			6 205.00			6 205.00
03.10	ELIMINACION DE ALCANTARILLAS	und			9.00			9.00
04	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL							
04.01	SEÑALES PREVENTIVAS	und				24.00		24.00
04.02	SEÑALES REGLAMENTARIAS	und				5.00		5.00

ITEM	ACTIVIDADES	UND	TRABAJOS PRELIM.	TRABAJOS PLATAFORMA	DRENAJE Y OBRAS COMP.	SEÑALIZACION Y SEG. VIAL	PROTECCION AMBIENTAL	TOTAL
04.03	SEÑALES INFORMATIVAS	m2				1.00		1.00
04.04	GUARDAVIAS METALICOS	m				108.00		108.00
04.05	POSTES DELINEADORES	und				25.00		25.00
04.06	ELIMINACIÓN DE SEÑALES (PREV. REG. INF.)	und				2.00		2.00
05	PROTECCION AMBIENTAL							
05.01	ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAL EXCEDENTE EN DME	m3					3 300.00	3 300.00
05.02	PROGRAMA DE SEÑALIZACIÓN AMBIENTAL	glb						1.00
05.02.01	ESTRUCTURA DE SOPORTE DE SEÑALES	und					2.00	
05.02.02	SEÑALES AMBIENTALES TEMPORALES	und					2.00	
05.03	PROGRAMA DE ABANDONO AMBIENTAL	glb						1.00
05.03.01	READECUACION AMBIENTAL DE DME	m2					550.00	
05.03.02	REVEGETACION	ha					0.06	
05.03.03	READECUACION AMBIENTAL DE CANTERAS	ha					0.02	
05.03.04	READECUACION AMBIENTAL DEL CAMPAMENTO Y PATIO DE MAQUINAS	ha					0.02	
05.04	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL	glb						1.00
05.04.01	MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA	pto					13.00	
05.04.02	MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE	pto					4.00	
05.04.03	MONITOREO DE LA CALIDAD DEL SUELO	pto					4.00	
05.04.04	MONITOREO DE RUIDOS	pto					4.00	

Fuente: Elaboración propia.

4.9. Costos y presupuesto

Item	Descripción	Und	Metrado	Precio (s/.)	Parcial (s/.)
01	TRABAJOS PRELIMINARES				
0101	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS - T13	gln	1	50 000.00	50 000.00
0102	TOPOGRAFÍA Y GEOREFERENCIACIÓN	km	7.97	1 491.94	11 890.76
0103	ACCESO A CANTERAS DME Y FUENTES DE AGUA	km	0.65	26 482.39	17 213.55
02	TRABAJOS EN PLATAFORMA				
0201	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA PARA EXPLANACIONES	m3	1100	87.51	96 261.00
0202	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONAS DE CORTE	m2	620	2.73	1 692.60
0203	TERRAPLENES	m3	110	79.77	8 774.70
0204	MATERIAL GRANULAR PARA MEJORAMIENTO	m3	10500	76.44	802 620.00
0205	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA CON ELASTÓMEROS	m2	-	3.95	-
0206	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE	m2	42000	15.03	631 260.00
03	DRENAJE Y OBRAS COMPLEMENTARIAS				
0301	TUBERÍA METALICA CORRUGADA DE D=36"	und	24	20 883.73	501 209.52
0302	TUBERÍA METALICA CORRUGADA DE D=36" - 02 OJOS	und	1	24 870.72	24 870.72
0303	TUBERÍA METALICA CORRUGADA DE D=48"	und	1	30 041.59	30 041.59
0304	TUBERÍA METALICA CORRUGADA DE D=48" - 02 OJOS	und	1	34 527.87	34 527.87
0305	TUBERÍA METALICA CORRUGADA DE D=60"	m	3	39 297.17	117 891.51
0306	CUNETAS REVESTIDAS EN CONCRETO	m	6204.56	109.07	676 731.36
0307	CUNETAS DE TIERRA	m	6205	5.01	31 087.05
0308	ELIMINACIÓN DE ALCANTARILLAS	und	9	495.75	4 461.75
04	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				
0401	SEÑALES PREVENTIVAS	und	24	737.26	17 694.24
0402	SEÑALES REGLAMENTARIAS	und	5	778.56	3 892.80
0403	SEÑALES INFORMATIVAS	m2	1	1 436.09	1 436.09
0404	GUARDAVÍAS METÁLICO	m	108	426.47	46 058.76
0405	POSTES DELINEADORES	und	25	160.36	4 009.00
0406	ELIMINACIÓN DE SEÑALES (PREV.REG.INF.)	und	2	38.08	76.16
05	PROTECCIÓN AMBIENTAL				
0501	ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAL EXCEDENTE EN DME	m3	3300	3.26	10 758.00
0502	PROGRAMA DE SEÑALIZACIÓN AMBIENTAL T13	glb	1	267.00	267.00
0503	PROGRAMA DE ABANDONO AMBIENTAL T13	glb	1	2 725.00	2 725.00
0504	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL T13	glb	1	12 930.00	12 930.00
	COSTO DIRECTO				3 140 381.03
	UTILIDADES (10%)				314 038.10
	SUB TOTAL				3 454 419.14
	Impuesto General de las Ventas (18%)				621 795.44
	TOTAL, PRESUPUESTO				4 076 214.58

Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

- 1) De acuerdo a los estudios básicos de ingeniería que se han desarrollado en la presente tesis, se han obtenido resultados en tráfico, topografía, mecánica de suelos, Hidrología y evaluación de impacto ambiental, los cuales han permitido obtener el diseño geométrico de la vía y la señalización, diseño del pavimento flexible empleando elastómeros, para finalmente obtener los metrados y estimar el costo y presupuesto final de la presente tesis.

En la actualidad la situación real de la carretera cuenta con tipo de relieve, topografía y características geométricas, para la etapa de diseño presenta fallas comunes que se encuentran en el alineamiento existente y afectan la seguridad de los usuarios de la vía, así como, la poca existencia de la señalización en la carretera.

- 2) Los estudios de topografía fueron realizados con el propósito de optimizar los movimientos de tierra y también para poder seleccionar un trazo de ruta idónea que nos facilite la transitabilidad de la vía; para determinar el comportamiento del suelo predominante se ejecutaron 17 calicatas en total en el laboratorio, de estos estudios se concluyó que el tipo de suelo encontrado es mayormente limoso; los estudios hidrológicos sirvieron para obtener los parámetros necesarios y esbozar las diferentes obras de arte, las mismas que formaran parte del sistema de drenaje del agua; para ello se evaluaron precipitaciones máximas y promedio de la estación YAURI; y finalmente el estudio de impacto ambiental se determinó mediante la tabla de incidencia de diversos aspectos ambientales, con la que se establecerán las acciones más firmes y los factores más frágiles mientras se ejecute la obra.
- 3) En el diseño geométrico fue preponderante tomar en consideración el relieve de la zona de afectación, fue empleado el AutoCAD Civil 3D para obtener los valores finales para el diseño geométrico.

- 4) En cuanto al diseño final del pavimento flexible, se decidió utilizar estos espesores: 15 cm, 25 cm y 45 cm, de carpeta asfáltica, base y subbase, cada uno, asimismo, los resultados de estabilidad para la mezcla con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero fueron de 1782 kg y los resultados de resistencia a la fatiga encontrados en la investigación para la mezcla con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero fueron de 1,228,184 ciclos de carga.

La estimación de los costos y el presupuesto total, para la ejecución del presente proyecto, tienen como finalidad obtener el costo total del diseño de la infraestructura vial con pavimento flexible empleando elastómeros por kilómetro asfaltado.

VI. CONCLUSIONES

- 1) Se ha logrado diseñar la infraestructura vial con pavimento flexible empleando elastómeros, para mejorar la transitabilidad de la carretera Callalli – Condoroma: desde km 128+000 hasta 135+970, de acuerdo a los estudios básicos de ingeniería que se han realizado en la presente tesis.

La carretera Callalli – Condoroma, que es objeto del presente estudio, inicia en el Km128+000 al Km135+970 y se ha obtenido como resultado la identificación de un terreno tipo 1, de acuerdo al Manual de Carreteras: DG-2018.

- 2) Para identificar el tipo de suelo predominante se realizaron estudios de suelos, con lo que se obtuvo como resultado una preponderancia de la arena limosa; las precipitaciones pluviales se consiguieron gracias al SENHAMI y su estación meteorológica que se encuentra en el distrito de Yauri, calculando mediante estimaciones hidrológicas los caudales de diseño para las alcantarillas y cunetas y concerniente al estudio de impacto ambiental, se determinó la acción más agresiva, que se da en las progresivas: 128+000 hasta 135+970, debido al corte de terreno, desbroce - limpieza, transporte de material de cantera y distribución de afirmado, el factor ambiental más inconsistente es el cambio de uso del suelo con 14.70 %.
- 3) En cuanto al Diseño Geométrico de la vía, se adoptaron los parámetros determinados en la DG2018 con una velocidad de diseño de 40 km/h, con un ancho de calzada de 5.50m y una berma de 0.50m para la zona rural, pendiente máxima 8% y mínima 0.5%, con radios mínimos de 80m y 15m y el resto de normas de rigor.
- 4) Se determinó el diseño de pavimento flexible con espesores de: 15 cm, 25 cm y 45 cm, de carpeta asfáltica, base y subbase, cada uno y las propiedades mecánicas del compuesto con el elastómero mejorado PG76-10E mostró un buen valor de estabilidad de 1782 kg,

un bajo valor de fluidez de 12,8 mm, así como una deformación permanente, la distancia mínima de 3,67 mm y excelentes valores de resistencia a la fatiga, sobre 1,228,184 ciclos de carga obtenidos, estos valores son aceptados y de acuerdo con los requisitos del Manual del usuario de la carretera.

- 5) Se ha determinado que el presupuesto total del diseño de la infraestructura vial con pavimento flexible empleando elastómeros al costo del año 2022 es de: S/. 4 076 214.58, y el presente proyecto será ejecutado en un plazo de 240 días calendario.

VII. RECOMENDACIONES

- 1) Realice encuestas de campo previas al inicio del trabajo de campo y use equipos de encuesta calibrados para evitar fallos en la recopilación de datos.

Usar los recursos humanos más hábiles, así como recursos técnicos apropiados, también mano de obra local.

- 2) El deterioro de un camino empieza cuando su sistema de drenaje es inadecuado, por lo que se debe hacer un mantenimiento regular de las estructuras planificadas.
- 3) La realización del proyecto propuesto deberá hacerse de conforme a los planos y especificaciones existentes que corresponden a cada lugar, sujeto a la dirección del ingeniero residente.
- 4) Implementar los planes de manejo de protección ambiental indicados.
- 5) Implementar el proyecto en la estación seca para evadir los efectos de las fuertes lluvias de la zona.

Realizar capacitaciones a la población de la zona sobre el uso racional y conservación de las carreteras, así como sin alterar el medio ambiente.

REFERENCIAS

- León, H. (2016). Mejoramiento y pavimentación de la vía Mondono – Tres Quebradas – San Pedro Departamento de Cauca.
- Calixto, J. (2021). Mejoramiento de vías del sector poblado Vereda La Manga, Municipio de Yopal.
- Hurtado, H. (2017). Entre el encanto y desarrollo geográfico desigual de las carreteras. La ruta de los minerales en el sur del Ecuador.
- Quelali, D. (2014). Control horizontal, cálculo y compensación por mínimos cuadrados de poligonales encuadradas en el cuadro carretero Yucumo – Rurrenabaque.
- Gutiérrez, J. (2019). Levantamiento topográfico georreferenciado para el diseño final de una carretera de acuerdo a normas vigentes.
- Cayllante, G. (2016). Controles geométricos y estructurales de tierra y pavimento en construcción de la carretera Yucumo - Rurrenabaque del Departamento Beni.
- Fernandez, J. (2021). Diseño de infraestructura vial urbana para mejorar la transitabilidad de San Antonio, Hualgayoc, Cajamarca año 2021.
- Inoñan, R. (2020). Diseño de infraestructura vial tramo ciudad de Mórrope – Caserío Cartagena, distrito Mórrope, Lambayeque
- Arista, L. (2020). Diseño de infraestructura vial entre los caseríos Vista Alegre – Empalme CA-570, caserío Llaucan-Hualgayoc-Cajamarca
- Díaz, M. (2020). Diseño de infraestructura vial para transitabilidad del tramo La Matanza-San José del Chorro, La Matanza, Morropón, Piura-2018.

- Amanqui, G. (2021). Diseño de infraestructura vial para mejorar la serviciabilidad vehicular carretera Madrigal - Lari km 0+000 al 5+890.35 Caylloma, Arequipa 2020.
- Guevara, R. (2021). Mejoramiento del sistema vial de los jirones Montero, Lima, Unión y Arequipa, distrito de Jesús, Cajamarca – 2020.
- Matías, D. (2019). Aplicación de bolsas de polietileno para mejorar la subrasante del pavimento rígido de la Av. Metropolitana Yanahuara – Arequipa, 2019.
- Arias, G. (2021). Levantamiento y diagnóstico del estado actual de la red vial de los distritos de San Isidro y Tobosi de la Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal del El Guarco.
- Holguín, S. (2016). Infraestructura Vial Colombiana freno de la competitividad: Estudio de caso Alianza del Pacífico.
- Valle, F. (2017). Formulación de un proyecto bajo el esquema de asociación público privada para el mejoramiento de la infraestructura vial de Nicaragua.
- De la Cruz, S. (2021). Diseño de infraestructura vial con pavimento flexible para mejora de transitabilidad de la avenida Industrial, Lurín, Lima.
- Santisteban, M. (2021). Diseño de infraestructura vial, caserío San Antonio – caserío Aliso – centro poblado El Ron – distrito de Cajaruro, Utcubamba, Amazonas.
- Díaz, D. (2020). Diseño de infraestructura vial para mejorar la transitabilidad, tramo Empalme PE-088 – Anexos Aguasanta y Llactapampa, distrito Santo Tomás, Luya – Amazonas.

Chipana, L. (2021). Diseño de pavimento flexible por método AASHTO 93 para mejorar la transitabilidad vial en el camino vecinal, tramo Rio Seco – límite Calana, distrito Pocollay, Tacna.

Pezo, J. (2017). Diseño de afirmado con cloruro de magnesio para mejorar la transitabilidad de la carretera al CC. PP. Mamonaquihua, distrito de Cuñumbuqui – 2017.

Tasayco, J. (2021). Reciclado y recapeo en la vía El Fiscal – Punta de Bombom para optimizar costo y tiempo, Islay, Arequipa – 2021.

Estefanero, L. (2021). Mejoramiento en la resistencia en la base granular con cal, en el pavimento articulado Arequipa – 2021.

Flores, T. (2021). Mejoramiento de la subrasante agregando estabilizador Z del centro poblado señor de los Milagros, Miraflores, Arequipa – 2021.

Gustavo, I. (2019). Plan de proyecto de rehabilitación, mejoramiento, pavimentación y construcción de la vía El Paujil – La Unión Peneya (Caquetá).

López, M. (2018). Estructuración plan de proyecto para la ejecución de las obras de construcción y mantenimiento del Tramo 2 proyecto IIRSA Centro.

Córdova, G. (2020). Diseño estructural vial con pavimento rígido para mejorar la transitabilidad en las calles las gaviotas y las palmeras del A. H.
Ricardo Francisco Arca Aponte, Los Órganos – Talara – Piura 2020.

Delgado, R. (2018). Inversiones en infraestructura vial: La experiencia argentina.

López, M. (2004). Utilización de aditivos polímeros en pavimentos flexibles (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima, Perú: MTC.
- Menéndez, J. (2009). Ingeniería de Pavimentos Materiales, Diseño y Conservación. Lima, Perú.
- Minaya, S. y Ordoñez, A. (2001). Manual de Laboratorio ensayos para pavimentos. Lima, Perú: Manual.
- Minaya, S. y Ordoñez, A. (2003). Superpave y el Diseño de Mezclas Asfálticas. Lima, Perú.
- Minaya, S. y Ordoñez, A. (2015). Diseño moderno de pavimento asfáltico. Lima, Perú.
- Montejo, A. (2002). Ingeniería de Pavimentos. Bogotá, Colombia.
- Municipalidad Metropolitana de Lima (2006). Aprueban el Plano del Sistema Vial Metropolitano de Lima, Ordenanza N° 341. Perú: MML.
- Pereda, D. y Cubas, N. (2015). Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su comparación técnico-económico con los asfaltos convencionales (tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Perú.
- Petroperú (2016). Asfaltos en el Perú. Recuperado de https://issuu.com/petroperu/docs/manual_asfaltos
- Ramírez, L. (2011). Pavimentos con Polímeros Reciclados (tesis de pregrado). Universidad de Antioquia, Colombia.
- Ramírez, N. (2006). Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco (tesis de pregrado). Universidad de Chile, Chile.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONALES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL (VARIABLE INDEPENDIENTE)	No se trata de acumular obras viales, sino también un conjunto integral de proyectos destinados a mejorar la calidad de vida de las personas, que proporciona tramos de caminos para uso de las personas, senderos peatonales, ciclovías y espacios verdes. (Ensayo sobre el papel de la infraestructura vial en el crecimiento económico del Perú).	Al desarrollar el diseño de la infraestructura vial fueron realizados los estudios de ingeniería básica de las obras viales, a saber: diseño geométrico, diseño de pavimentos, seguridad vial y señalización, así como un cálculo del presupuesto del proyecto. Se utiliza el Manual DG-2018, AASHTO 93.	Estudios de Ingeniería Básica	Estudio de Tráfico (veh. /día)	Razón
				Estudio Topográfico (unid, %, m)	Razón
				Estudio de Mecánica de suelos (unid, %)	Razón
				Estudio Hidrológico (m3, mm, ha)	Razón
			Diseños	Diseño geométrico (km/h, m)	Razón
				Diseño de pavimento flexible (m)	Razón
				Diseño de seguridad vial y señalización (unid)	Razón
			Presupuesto	Diseño de pavimento flexible empleando elastómeros	Razón
				Metrado (ml, m2, m3, pza, kg, glb)	Razón
				Análisis de precios unitarios (sol)	Razón
Aspectos ambientales	Impacto ambiental (+, -)	Intervalo			

Fuente: Elaboración propia.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
TRANSITABILIDAD (VARIABLE DEPENDIENTE)	La Transitabilidad en una carretera se refiere a la suavidad del tránsito de vehículos durante un determinado período de tiempo (Glosario D-G, 2018)	Mediante el nivel de la transitabilidad, se pudo determinar la capacidad y nivel de servicio de la carretera.	NIVEL DE SERVICIO	CAPACIDAD VEHICULAR	Razón

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2: Matriz de consistencia

PROBLEMA CENTRAL	FORMULACION DEL PROBLEMA	TITULO	OBJETIVOS	HIPOTESIS
<p>La realidad problemática en la carretera Callalli – Condorama, ubicado en el departamento de Arequipa, la carretera se encuentra en pésimas condiciones en todo su recorrido que comprende (Km128+000 al Km135+970) que unen ambas localidades de la realidad problemática en la carretera Callalli – Condorama, ubicado en el departamento de Arequipa.</p>	<p>¿Cuál sería el diseño de la infraestructura vial para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera Callalli – Condorama Km128+000 al Km135+970, Arequipa, 2022?</p>	<p>” Diseño infraestructura vial para mejorar la transitabilidad de la carretera Callalli – Condorama Km128+000 al Km135+970, distrito Condorama”</p>	<p>Realizar el diseño de la infraestructura vial para mejorar la transitabilidad carretera Callalli – Condorama Km128+000 al Km135+970, distrito Condorama</p>	<p>Con el diseño de la infraestructura vial, se mejora la transitabilidad vehicular de la carretera Callalli – Condorama Km128+000 al Km135+970, distrito Condorama.</p>
			<p>Elaborar los estudios de Ingeniería Básica: Tráfico, Topografía, Estudio de mecánica de suelos y aspectos ambientales.</p>	<p>Si se elabora los estudios de ingeniería básica, entonces se mejorará la transitabilidad de la carretera Callalli – Condorama Km128+000 al Km135+970, distrito Condorama.</p>
			<p>Diseñar la geometría, pavimento flexible empleando elastómeros, drenaje, seguridad vial y señalización usando el “Manual de carreteras DG-2018.</p>	<p>Si se diseña la infraestructura vial con pavimento flexible empleando elastómeros, entonces se mejorará la transitabilidad de la carretera Callalli – Condorama Km128+000 al Km135+970, distrito Condorama.</p>
			<p>Estimar el presupuesto de la carretera.</p>	<p>Si se estima el presupuesto de la carretera Callalli – Condorama Km128+000 al Km135+970, distrito Condorama.</p>
			<p>Identificar el estado situacional de la infraestructura vial</p>	<p>Si se identifica el estado situacional de la infraestructura vial, se conocerá la real magnitud del estado actual de la infraestructura vial.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3: Parámetros normativos

CÓDIGO	NOMBRE	DOC. DE APROBACION	FECHA	INSTITUCIÓN	CONTENIDO
---	Manual para el diseño geométrico de carreteras	D.S. N°03-2018 MTC/14	30/01/2014	Ministerio de Transportes y comunicaciones	Parámetros para el diseño geométrico de vías
---	Suelos y Pavimentos	R.D. N°10-2014 MTC/14	04/2014	Ministerio de Transportes y comunicaciones	Método de exploración de calicatas y ensayos necesarios
---	guía UCV	R.R. N°459-2015/UCV	20/08/2015	Universidad Cesar Vallejo	guía para el desarrollo del proyecto de investigación
---	Glosario de términos	R.D. N°02-2018 MTC/14	12/01/2018	Ministerio de Transportes y comunicaciones	Términos relacionados a la investigación
RNE-E.060	Diseño de concreto armado	D.S. N°010-2009-VIVIENDA	07/2009	Ministerio de Transportes y comunicaciones	Parámetros para el diseño de obras de arte de C°A°

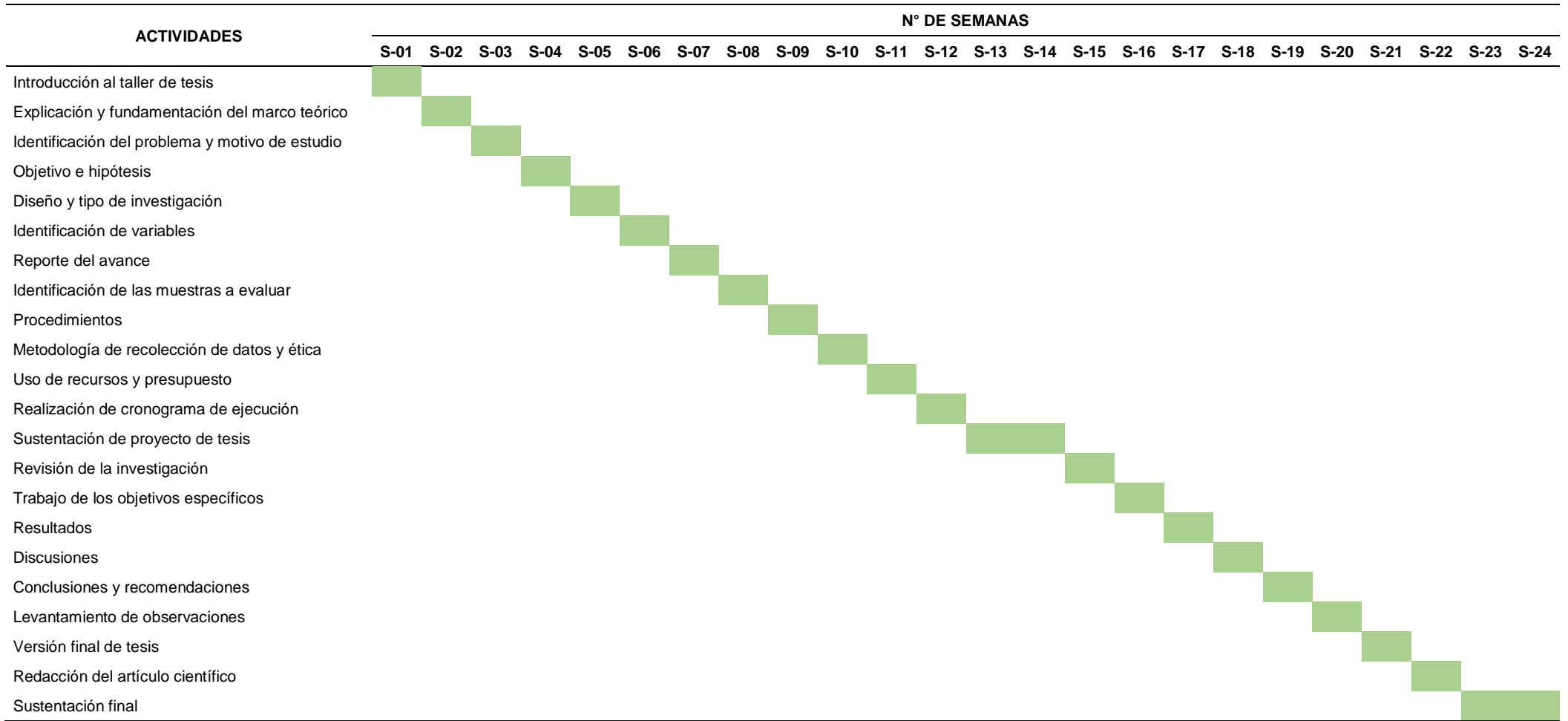
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4: Presupuesto de tesis

RUBROS	APORTE MONETARIO				
	DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
Recursos humanos	Encargado de ensayos	und	1	S/850.00	S/850.00
	Topógrafo	und	1	S/900.00	S/900.00
	Asistente de campo	und	1	S/1,500.00	S/1,500.00
Equipos y bienes duraderos	Equipos de laboratorio	mes	1.5	S/2,500.00	S/3,750.00
	Equipos de oficina	glb	1	S/200.00	S/200.00
	Equipos de topografía	día	3	S/250.00	S/750.00
Materiales e insumos	Papel bond	Pqt	2	S/15.00	S/30.00
	Lapiceros	und	6	S/2.00	S/12.00
	Winchas	und	2	S/25.00	S/50.00
Asesorías especializadas	Técnico de laboratorio	mes	1	S/1,200.00	S/1,200.00
Gastos operativos	Movilidad	mes	6	S/800.00	S/5,600.00
	Internet inalámbrico	mes	3	S/180.00	S/540.00
TOTAL					S/15,382.00

Fuente: Elaboración propia.

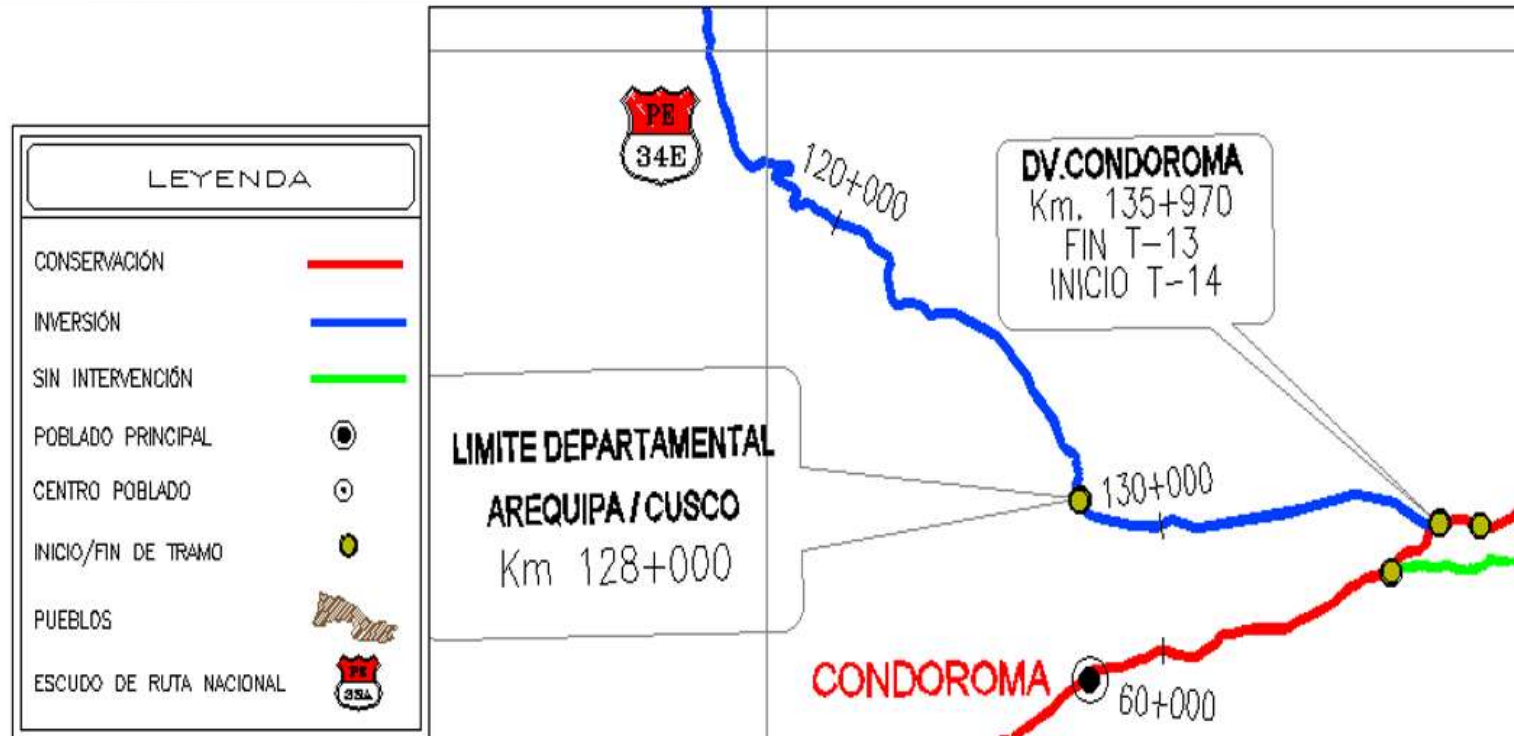
Anexo 5: Cronograma de actividades:



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6: Plano de ubicación

Ruta	DESCRIPCION DEL TRAMO		COORDENADAS				PROG. DEL PROYECTO		LONG. Km	PAVIMENTO EXISTENTE
			Inicio		Fin		INICIO	FIN		
	Inicio	Fin	Este	Norte	Este	Norte				
PE-34E	Limite Departamental Arequipa/Cusco	Dv. Condoroma	267,679.140	8,306,671.356	268,088.106	8,314,274.058	128+000	135+970	7.970	AFIRMADO



Anexo 7: Certificado de calibración



JMR EQUIPOS SAC

Fabricación, Calibración, Servicio Preventivo y Correctivo, Asesoría y Servicio de Laboratorio, Comercialización de Equipos para Suelos, Concreto y Asfalto.

RUC 20566329728

Certificado de Calibración N° 0720023
Pág. 4 de 4

10.-

CALIBRACIÓN

Cliente : PIASA CONSULTORES S.A.

Balanza Electrónica Digital OHAUS, Capacidad 6000 g. x 0,1 g.

Identificación : 0720023

Balanza Electrónica Clase II, Sensibilidad de Verificación 0,1 g.

Nro.	Carga LI = 3000			Nro.	Carga LI = 6000		
	l (g)	AL (g)	E (g)		l (g)	AL (g)	E (g)
1	3000.0	0	0	1	6000	0	0
2	3000.0	0	0	2	6000	0	0
3	3000.0	0	0	3	6000	0	0
4	3000.0	0	0	4	6000	0	0
5	3000.0	0	0	5	6000	0	0
6	3000.0	0	0	6	6000	0	0
7	3000.0	0	0	7	6000	0	0
8	3000.0	0	0	8	6000	0	0
9	3000.0	0	0	9	6000	0	0
10	3000.0	0	0	10	6000	0	0

CARGA (g)	DIFERENCIA MAXIMA ENCONTRADA (g)	ERRORES MAXIMOS PERMISIBLES (g)
3000	0	1
6000	0	2

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posic. de Carga	Determinación de error corregido Eo				Determinación de error corregido Eo					e.m.p. ±(g)
	Carga Min	l (g)	AL (g)	E (g)	Carga L (g)	l (g)	AL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	1	1	0	0	500	500.0	0	0	0	1
2		1	0	0		500.0	0	0	0	1
3		1	0	0		500.0	0	0	0	1
4		1	0	0		500.0	0	0	0	1
5		1	0	0		500.0	0	0	0	1

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p. ±(g)
	l (g)	AL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	AL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	1.0	0	0	0	1.0	0	0	0	1
10	10.0	0	0	0	10.0	0	0	0	1
50	50.0	0	0	0	50.0	0	0	0	1
100	100.0	0	0	0	100.0	0	0	0	1
200	200.0	0	0	0	200.0	0	0	0	1
400	400.0	0	0	0	400.0	0	0	0	1
500	500.0	0	0	0	500.0	0	0	0	1
1000	1000.0	0	0	0	1000.0	0	0	0	1
1500	1500.0	0	0	0	1500.0	0	0	0	1
2000	2000.0	0	0	0	2000.0	0	0	0	1
5000	5000.0	0	0	0	5000.0	0	0	0	2
6000	6000.0	0	0	0	6000.0	0	0	0	2

JMR EQUIPOS S.A.C.
 TEO. PAUL FAVIO SOLZA PIZAN
 JEFE LABORATORIO METROLOG.

JMR EQUIPOS S.A.C.
 Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
 CIP. 84442
 JEFE DE LABORATORIO

DIRECCIÓN FISCAL: CAL. JANGAS N° 628, BREÑA - LIMA
 Telf.: (+51) 01 562 8972 / E-mail: ventas@jmrequipos.com; servicios@jmrequipos.com
 Web: www.jmrequipos.com



JMR EQUIPOS SAC

Fabricación, Calibración, Servicio Preventivo y Correctivo, Asesoría y Servicio de Laboratorio, Comercialización de Equipos para Suelos, Concreto y Asfalto.

RUC 20566329728

Certificado de Calibración N° 0720021
Pág. 2 de 4

CALIBRACIÓN

1.- CERTIFICA QUE:

El instrumento de medición con el modelo y número de serie indicado líneas abajo, ha sido calibrado, probado y verificado utilizando patrones certificados con trazabilidad al Instituto Nacional de Calidad – INACAL.

2.- DEL SISTEMA A CALIBRAR.

BALANZA ELECTRÓNICA

Marca	: OHAUS
Modelo	: SE402F
Serie	: B145924566
Indicación	: Digital
Capacidad	: 400 g.
Sensibilidad	: 0.01 g.
Plataforma	: 0
Procedencia	: USA
Identificación	: 0720021
Ubicación	: Laboratorio de Suelo y Concreto.

3.- PATRONES

Con Certificado de Calibración 0313-MPES-2018, 0312-MPES-2018 - Pesas (1GR A 1 kg, 5kg, 10 kg y 20 kg) con trazabilidad al Laboratorio de Masa del Instituto Nacional de Calibración - INACAL. Laboratorio Acreditado con Registro N° LC - 020.

4.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN.

Fecha	: 2020-1-12
Lugar	: Instalaciones donde se ejecuta la obra.

5.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN.

Calibración efectuada según norma metrológica NMP 003-1996 y procedimiento PC-011 4ta. Ed. 2011, "Procedimiento de Calibración de Balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase II", del Instituto Nacional de Calidad - INACAL.

6.- INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

$U = 0.01 \text{ g.} + 0.0003$

JMR EQUIPOS S.A.C.


T.C. PAUL EMILIO SOUZA PIZANGO
JEFE LABORATORIO METROLÓGICO



JMR EQUIPOS S.A.C.


Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
CIP. 84442
Jefe de Laboratorio

DIRECCIÓN FISCAL: CAL. JANGAS N° 628, BREÑA – LIMA

Telf.: (+51) 01 562 8972 / E-mail: ventas@jmrequipos.com; servicios@jmrequipos.com

Web: www.jmrequipos.com



JMR EQUIPOS SAC

Fabricación, Calibración, Servicio Preventivo y Correctivo, Asesoría y Servicio de Laboratorio, Comercialización de Equipos para Suelos, Concreto y Asfalto.

RUC 20566329728

Pág. 1 de 7

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

N° 0420006

HORNO ELÉCTRICO

CLIENTE : PIASA CONSULTORES S.A.
DIRECCIÓN : JR TUPAC AMARU #154 COLLIQUE COMAS ALTURA DEL COLEGIO PERÚ HOLANDA PRIMERA ZONA
LUGAR : LIMA

DATOS DEL EQUIPO

Marca : SIN MARCA
Modelo : Sin modelo
Serie : 12045
Cámara : 100 Litros
Ventilación : Natural
Indicación : Digital
Marca : Sin Marca, Mod.: Sin Modelo, Serie: Sin Serie
Temperatura : T° Ambiente + 5 °C a 300 °C, Sencibilidad 1 °C
Procedencia : CHINA
Identificación : 0420006

Fecha de emisión:
Lima, 14 de enero del 2020

JMR EQUIPOS S.A.C

Tcn. PAUL FAVIO SOLZA PIZANT
JEFE LABORATORIO METROLOGIA



JMR EQUIPOS S.A.C.

Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
CIP. 64442
Jefe de Laboratorio

DIRECCIÓN FISCAL: CAL. JANGAS N° 628, BREÑA - LIMA

Telf.: (+51) 01 562 8972 / E-mail: ventas@jmrequipos.com, servicios@jmrequipos.com
Web: www.jmrequipos.com



JMR EQUIPOS SAC

Fabricación, Calibración, Servicio Preventivo y Correctivo, Asesoría y Servicio de Laboratorio, Comercialización de Equipos para Suelos, Concreto y Asfalto.

RUC 20566329728

Certificado de Calibración N° 0720021

Pág. 4 de 4

10.-

CALIBRACIÓN

Cliente : PIASA CONSULTORES S.A.

Balanza Electrónica Digital OHAUS, Capacidad 400 g. x 0.01 g.

Identificación : 0720021

Balanza Electrónica Clase II, Sensibilidad de Verificación 0.01 g.

Nro.	Carga LI = 200			Nro.	Carga LI = 400		
	l (g)	AL (g)	E (g)		l (g)	AL (g)	E (g)
1	200.0	0	0	1	400	0	0
2	200.0	0	0	2	400	0	0
3	200.0	0	0	3	400	0	0
4	200.0	0	0	4	400	0	0
5	200.0	0	0	5	400	0	0
6	200.0	0	0	6	400	0	0
7	200.0	0	0	7	400	0	0
8	200.0	0	0	8	400	0	0
9	200.0	0	0	9	400	0	0
10	200.0	0	0	10	400	0	0

CARGA (g)	DIFERENCIA MAXIMA ENCONTRADA (g)	ERRORES MAXIMOS PERMISIBLES (g)
300	0	1
600	0	3

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posic. de Carga	Determinación de error corregido Eo				Determinación de error corregido Eo					e.m.p. +(g)
	Carga Min	l (g)	AL (g)	E (g)	Carga L (g)	l (g)	AL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	1	1	0	0	100	100.0	0	0	0	0.08
2		1	0	0		100.0	0	0	0	0.08
3		1	0	0		100.0	0	0	0	0.08
4		1	0	0		100.0	0	0	0	0.08
5		1	0	0		100.0	0	0	0	0.08

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p. +(g)
	l (g)	AL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	AL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	1.00	0	0	0	1.00	0	0	0	0.08
2	2.00	0	0	0	2.00	0	0	0	0.08
5	5.00	0	0	0	5.00	0	0	0	0.08
10	10.00	0	0	0	10.00	0	0	0	0.08
20	20.00	0	0	0	20.00	0	0	0	0.08
50	50.00	0	0	0	50.00	0	0	0	0.08
100	100.00	0	0	0	100.00	0	0	0	0.08
150	200.00	0	0	0	200.00	0	0	0	0.08
200	250.00	0	0	0	250.00	0	0	0	0.08
300	300.00	0	0	0	300.00	0	0	0	0.08
500	350.00	0	0	0	350.00	0	0	0	0.5
600	400.00	0	0	0	400.00	0	0	0	0.5

JMR EQUIPOS S.A.C.

Tco. PAUL FAVIO SOLTA PIZANO
JEFE LABORATORIO METROLOGIA



JMR EQUIPOS S.A.C.

Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
CIP. 84442
Jefe de Laboratorio

DIRECCIÓN FISCAL: CAL. JANGAS N° 628, BREÑA - LIMA

Telf.: (+51) 01 562 8972 / E-mail: ventas@jmrequipos.com, servicios@jmrequipos.com

Web: www.jmrequipos.com



JMR EQUIPOS SAC

Fabricación, Calibración, Servicio Preventivo y Correctivo, Asesoría y Servicio de Laboratorio, Comercialización de Equipos para Suelos, Concreto y Asfalto.
RUC 20566329728

Pág. 1 de .

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0720021

BALANZA ELECTRÓNICA

CLIENTE : PIASA CONSULTORES S.A.
DIRECCIÓN : JR TUPAC AMARU #154 COLLIQUE COMAS ALTURA DEL COLEGIO PERÚ HOLANDA PRIMERA ZONA
LUGAR : LIMA

DATOS DEL EQUIPO

Marca : OHAUS
Modelo : SE402F
Serie : B145924566
Indicación : Digital
Capacidad : 400 g.
Procedencia : USA
Identificación : 0720021
Ubicación : Laboratorio de Suelo y Concreto.

Fecha de emisión:

Lima, 14 de enero del 2020


JMR EQUIPOS S.A.C
Ing. PAUL FAVIO SOTIZA PIZA
JEFE LABORATORIO METROLOGIA



Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
CIP. 84442
Jefe de Laboratorio