



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL

Diseño de pavimento a nivel de afirmado de la carretera tramo
cementerio Bernal - Coronado, en el distrito de Bernal, provincia de
Sechura, departamento de Piura, año 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Anton Loro, Max Alex (orcid.org/0000-0001-9957-5442)

ASESOR:

Mg. Diaz Rodríguez, Breitner Guillermo (orcid.org/0000-0001-6733-2868)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático.

Piura – Perú

2023

Dedicatoria

Mi tesis la dedico con todo amor y respeto hacia mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad. A mi esposa por su incondicional apoyo en esta etapa de mi vida.

Gracias a todos.

Agradecimiento

Agradezco a DIOS, por darme la vida y ser mi guía en mi día a día.

A mi familia por su comprensión y estímulo constante, su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

Al Ing. Breitner Guillermo Diaz Rodriguez, por sus enseñanzas para el desarrollo de mi tesis y haberme brindado todos sus conocimientos.

A la facultad de ingeniería y arquitectura.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	17
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	17
3.2. Variables y operacionalización.....	18
3.3. Población y muestra.....	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimientos.....	20
3.6. Método de análisis de datos.....	21
3.7. Aspectos éticos.....	21
IV. RESULTADOS.....	22
V. DISCUSIÓN.....	48
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES.....	53
REFERENCIAS.....	54
ANEXOS.....	61

Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de Variables	19
Tabla 2 Cuadro de coordenadas UTM	24
Tabla 3 Cuadro de coordenadas UTM BMS	27
Tabla 4 Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos	31
Tabla 5 Clasificación de los suelos según cada calicata	33
Tabla 6 Ensayos a muestras de cantera	34
Tabla 7 Índice Medio Anual	36
Tabla 8 Trafico proyectado para 10 años	37
Tabla 9 Tasa de crecimiento	38
Tabla 10 Determinación de espesor de afirmado. Método USACE	44
Tabla 11 Determinación de espesor de afirmado. Método NAASRA	46
Tabla 12 Resumen de resultados de espesor de pavimento	46
Tabla 13 Estructura del pavimento	47

Índice de figuras

Figura 1. Estudio del IMDA	14
Figura 2. Factores equivalentes de carga FEC (Metodología ASHTO).....	15
Figura 3 Factor de carga	15
Figura 4 Ubicación del proyecto.....	23
Figura 5 Progresivas en el Distrito de Bernal.....	24
Figura 6 Curvas de diseño para espesores de estructuras con o sin tratamiento bituminoso	43
Figura 7 Ábaco de determinación de espesor de capa de revestimiento granular. NAASRA.....	45

RESUMEN

Este estudio se realizó en el Departamento de Piura para la Universidad de César Vallejo con el objetivo de desarrollar un diseño geométrico de la carretera y definir la estructura vial en base a las normas peruanas vigentes. Para la realización del trabajo se utilizó un método no experimental, transversal y descriptivo; la muestra consistió en el tramo km 00+000.00 – km 2+424.00 de la carretera Bernal-Coronado, distrito de Bernal, provincia de Sechura, Departamento de Piura; la recolección de datos se realizó mediante técnicas de observación y análisis de documentos. Asimismo, se utilizaron como herramientas fichas de observación debidamente validadas. Este estudio incluyó el levantamiento de información, el levantamiento topográfico, el estudio de suelos y el diseño geométrico, donde se encontró que, por el bajo tráfico y la velocidad de 40 km/h, esta carretera pertenece a la tercera categoría de carreteras que cumplen con los requisitos de la Dirección General-2018. Con la información analizada, se diseñó una carretera de 2,424 km. Se creó un pavimento de 30,00 cm de espesor, un espesor de afirmado de 30,00 cm y una capa de mejora de 10,00 cm de espesor.

Palabras clave: Carretera, diseño geométrico, pavimento flexible.

ABSTRACT

This study was carried out in the Department of Piura for the Universidad de César Vallejo with the objective of developing a geometric design of the road and defining the road structure based on current Peruvian standards. The sample consisted of the km 00+000.00 - km 2+424.00 section of the Bernal-Coronado highway, district of Bernal, province of Sechura, Department of Piura; data collection was carried out by means of observation techniques and document analysis. Duly validated observation forms were also used as tools. This study included information gathering, topographic survey, soil study and geometric design, where it was found that, due to the low traffic and speed of 40 km/h, this road belongs to the third category of roads that meet the requirements of the General Directorate-2018. With the information analyzed, a 2,424 km road was designed. A 30.00 cm thick pavement, a 30.00 cm thick pavement layer and a 10.00 cm thick improvement layer were created.

Keywords: Road, geometric design, flexible pavement.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo, las infraestructuras viales se han transformado en un importante factor de crecimiento social y económico en todas las naciones, y uno de los principales factores es la creciente urbanización, que conlleva la construcción de nuevas obras de vialidad y la rehabilitación y mantenimiento de carreteras en mal estado o en condiciones desfavorables para vehículos y peatones. Por ello, el diseño de las carreteras debe garantizar una larga vida útil con la mejor calidad para los usuarios (Vásquez-Varela y García-Orozco, 2020). El rendimiento de las carreteras está relacionado con el flujo de vehículos y peatones, es decir, un pavimento adecuado con estudios, diseño y materiales apropiados para evitar daños colaterales a largo plazo. Una buena red de carreteras se considera actualmente uno de los elementos más significativos para la salud y el desarrollo sostenible de un país, ya que contribuye en gran medida a la cobertura y la calidad de los servicios básicos como la sanidad y la educación. Como tal, es un pilar importante de muchas cadenas de producción y distribución en China, ya que mejora la competitividad de las industrias al reducir los costes de distribución. (Chong et al., 2018).

A nivel de América Latina, particularmente en Brasil, las infraestructuras viales han logrado penetrar en sectores clave de la construcción, creando trabajos, mejorando condiciones y aumentando la calidad de vida, lo que es esencial para cualquier país, ya que los medios de transporte son imprescindibles para que las personas se desplacen de un lugar a otro o para transportar mercancías hacia o desde un país. A lo largo de los años, las nuevas tecnología y tendencias han propiciado el desarrollo de nuevos métodos de construcción, pero una gran parte del gasto se dedica exclusivamente a la reparación de carreteras en mal estado (De Lima et al., 2020).

La propia presencia de nuevos proyectos de obras de vialidad, su rehabilitación y mantenimiento ha creado nuevos entornos para el crecimiento económico del Perú, aportando beneficios y oportunidades a todas las regiones y rincones del país. El problema, sin embargo, es la infraestructura de estas carreteras, muchas de las cuales están sobrecargadas y dañadas debido al envejecimiento de las estructuras y a la falta de mantenimiento regular y periódico, además de tener un número mínimo diario de

vehículos debido a su deficiente diseño, lo que crea condiciones poco óptimas para el tráfico de vehículos y la posibilidad de accidentes de tráfico (Castillo, 2018).

En Piura, la mayoría de las carreteras tienen grandes defectos en el pavimento. Las carreteras están en mal estado, se desmoronan e incluso tienen problemas estructurales. Las autoridades correspondientes deberían reflexionar y reconocer el daño que están causando a los vecinos al operar estas infraestructuras durante cortos períodos de tiempo. Estos problemas provocan una mala circulación de peatones y vehículos. Sin embargo, la falta de pavimento no es el único problema que aqueja a los residentes de Piura; el desastroso estado del pavimento, su dilapidación e incluso el deficiente diseño de la infraestructura vial indican una grave falta por parte de las autoridades competentes y una mala gestión de los planes para el desarrollo de la localidad. Esta situación incrementa los costos de transporte, y no permite lograr una integración local, y, por consiguiente, el unirse a las rutas viales regionales y nacionales, favoreciendo a las pequeñas poblaciones, y que puedan acceder a los principales mercados de consumo de la región (Galvez, 2022).

En la carretera tramo cementerio Bernal – Coronado, el mal estado de la infraestructura vehicular, debido a los fenómenos pluviales presentados y a la falta de mantenimiento, viene causando incomodidad en la población que transita por estas vías. La carretera en mención es una de las vías vecinales que se encuentra en inadecuadas condiciones para ofrecer el servicio, ya que al pasar los vehículos por la calzada que se encuentra con afirmado en mal estado, se generan grandes nubes de polvo que contaminan el aire debido a la suspensión de partículas, que ha dado lugar a la presencia de enfermedades de tipo respiratorio, visuales y de la piel.

Por consiguiente, se prioriza el siguiente **problema de investigación**: ¿Qué características deberá tener el diseño a nivel afirmado utilizando las metodologías USACE y NAASRA en la carretera tramo cementerio Bernal - Coronado, distrito de Bernal? y, los **problemas específicos**: a) ¿Cómo es el estudio topográfico de la zona de la carretera?, b) ¿Cómo serían los estudios de mecánica de suelos para determinar las propiedades físicas, mecánicas, químicas?, c) ¿Cuál será el diseño geométrico de la carretera de acuerdo con las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones?

La actual investigación se centra en el Diseño de pavimento a nivel de afirmado de la carretera tramo cementerio Bernal. A partir del punto de **vista económico**, al incluirse y ejecutarse el proyecto, se facilitará a la población el acceso a un servicio de accesibilidad oportuno y seguro, se desarrollarán satisfactoriamente las actividades productivas, se generará más tráfico comercial y se dinamizará la zona de intervención, lo que conllevará a una recuperación del modo de vida de los ciudadanos al mejorar el confort y así reducir los costos de mantenimiento debido a los vehículos de carga y pasajeros en la economía. Para ello, se propone una solución de pavimento adecuada **técnica y metodológicamente** para la fase de análisis, basada en la revisión de las normas de suelo y pavimento. Desde el punto de **vista social**, se contribuirá a un aumento de la calidad de vida de los habitantes del tramo analizado, donde se propone un plan de pavimentación adecuado para validarlo como un proyecto terminado que contribuye a la sociedad, ya que permitirá un mejor flujo de vehículos sin temor a problemas relacionados con la contaminación por partículas o el estancamiento de aguas pluviales.

Como **objetivo general** se plantea: Realizar el Diseño De Pavimento A Nivel De Afirmado utilizando las metodologías USACE y NAASRA en la carretera del tramo cementerio Bernal - Coronado., **Objetivos específicos:** a) Realizar un estudio topográfico de la zona de la carretera, b) Realizar los estudios de mecánica de suelos para determinar las propiedades físicas, mecánicas, químicas. c) Desarrollar el diseño geométrico de la carretera de acuerdo con las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Como **hipótesis** se plantea que el diseño geométrico de la carretera tramo cementerio Bernal - Coronado, estará en concordancia a las exigencias plasmadas en el Manual de MTC-DG 2018, logrando una vía eficiente con una mejor transitabilidad. Y, como **hipótesis específicas:** a) El estudio topográfico de la zona de la carretera permitirá conocer las características de la ubicación, b) Los de mecánica de suelos permitirán determinar las propiedades físicas, mecánicas, químicas, c) El diseño geométrico de la carretera de acuerdo con las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones arrojará los parámetros necesarios para mejorar las condiciones actuales del tramo de estudio.

II. MARCO TEÓRICO

De acuerdo con los referentes internacionales, Hashim et al. (2022) publicaron un estudio que buscó hacer una comparación entre los distintos tipos de patrones de pavimento de hormigón de carretera. Se trató de una aplicación experimental. Los tres patrones de bloques superficiales se probaron con cuatro pendientes longitudinales (0%, 2,5%, 5% y 7,5%) y tres pendientes transversales (0%, 2,5% y 5%) para tres intensidades de precipitación (25 l/min, 50 l/min y 75 l/min). En base a los resultados, se comprobó que el patrón de unión por estiramiento se comportó mejor que las otras uniones porque reduce la escorrentía superficial y distribuye el agua uniformemente bajo la trayectoria permeable de los bloques de hormigón. En cambio, los patrones de espina de pez de 90° y 45° son los más adecuados para aumentar la durabilidad de la carretera. Finalmente, respecto a los pavimentos permeables, el aumento de la infiltración del agua y la reducción de la escorrentía varían en función de las combinaciones adecuadas de pendientes longitudinales y transversales. El pavimento permeable de hormigón autoblocante PICP es adecuado para pendientes (< 5%) con la mayoría de las pendientes transversales.

Marcillo (2022) llevó a cabo una investigación que se centró en el diseño estructural del pavimento flexible para proyectar el mejoramiento estructural de la vía. Conforme con la metodología fue aplicada. Se llevó a cabo un nuevo levantamiento topográfico de la zona, en lo posible hay señales de precaución o seguridad, debido a las curvas y arbustos la visibilidad es nula, lo que significa que el vehículo no sigue al equipo de trabajo. Asimismo, el método de análisis de capacidad vehicular utilizado en este trabajo de investigación es TPDA, el cual se llevó a cabo durante 7 días consecutivos desde 06:00 a 18:00, lo que da como resultado una proyección de los tipos de carreteras C1 que caracteriza a las carreteras de dos carriles durante 18 años de estudio. Finalmente, con la intención del diseño de la estructura de pavimento de la calle, se realizó un pavimento flexible (asfalto) de acuerdo a la norma vigente AASTHO 93, obteniendo el valor de CBR y la capacidad vehicular, se determina el espesor de cada capa; sustrato, base y capa asfáltica.

El-Ashwah et al. (2021) publicaron un estudio que se enfocó en el diseño de estructura de pavimento centrado en proyectos de carretera. Se trató de un estudio aplicado. Asimismo, este enfoque simplificado es aplicado en un código de computadora y un software fácil de usar llamado "ME-PAVE". Usando este método, según NCHRP 9-22, se estima que solo dos temperaturas equivalentes corresponden al módulo dinámico de una capa de asfalto para predecir la formación de surcos y el agrietamiento por fatiga en el concreto. Asfalto (AC) en lugar de usar el índice de tiempo por hora. Con base en el análisis estadístico, los resultados FEM anidados mostraron tendencias muy similares a las producidas por MLEA, con un coeficiente de determinación R^2 de 1.0. A todos los efectos prácticos, a pesar de todas las simplificaciones, el método propuesto proporciona una precisión de predicción de profundidad de zanja aceptable en comparación con la práctica actual NCHRP 1-37A y 1-40D ($R = 0,399$ y $0,577$). R^2 de $0,317$; y la precisión de predicción de grietas por fatiga de $R^2 0.382$ es comparable a NCHRP 1-40D con $R^2 0.275$. Sin embargo, según los datos probados y el método desarrollado, los errores estándar de los dos errores son muy consistentes. Finalmente, se realizó un análisis de sensibilidad para evidenciar que el método propuesto proporciona un rendimiento de cobertura razonable.

Kamal y Bas (2021) publicaron una investigación que se enfocó en analizar los materiales y tecnologías en pavimentos de carreteras. El Departamento de Carreteras trabaja para reducir los riesgos causados por las malas condiciones de las carreteras y otras razones relacionadas con el comportamiento del conductor y el mantenimiento del vehículo. Dado que una comprensión y una evaluación precisas del impacto de los materiales de construcción de carreteras en la seguridad vial son fundamentales para la implementación exitosa de un buen programa de gestión vial, el trabajo actual es evaluar y destacar tecnologías, especialmente tecnologías innovadoras, para poder optimizar el rendimiento vial de seguridad. Asimismo, materiales estructurales que hacen que las carreteras sean más resistentes y duraderas, aumentan la seguridad vial y reducen el número de accidentes de tráfico. Estos incluyen innovaciones en el uso de compuestos de geopolímeros y concreto polimérico, paneles solares,

materiales cementicios complementarios, materiales autorregenerables, aleaciones con memoria de forma y cementos luminiscentes. Finalmente, El uso de nuevos polímeros reforzados con fibra, geopolímeros, nanopartículas, materiales autorregenerables, aleaciones con memoria de forma y materiales sensibles a la luz, así como las mejoras en la tecnología del hormigón, han permitido la construcción de carreteras de calidad y han contribuido a su mejora. la seguridad.

Paneso (2019) publicó una investigación que tuvo como intención de diseñar el pavimento flexible de un tramo de carretera ubicado en Caráquez. De acuerdo con el referente metodológico, este fue aplicado y no hubo experimentación. La topografía se realiza desde las 0.000 a las 1.000 abscisas y se encuentra sobre suelo natural con una pendiente del 2%, mientras que desde las 1.000 a las 1.700 abscisas crea curvas y taludes con alta erosión, con un peligroso desnivel del 7% en el tramo final. Nuevamente, los resultados del laboratorio de suelos muestran que estos suelos permisivos no son aptos para estructuras de pavimento según la norma ecuatoriana NEVI 2012, clasificación arena fina y limo con mica limo flexible, con un CBR de 1.85 a 3.00%. Por último, un nuevo levantamiento topográfico de la zona, en lo posible hay señales de precaución o seguridad, debido a las curvas y arbustos la visibilidad es nula, lo que significa que el vehículo no sigue al equipo de trabajo.

Ahora bien, en los referentes nacionales, Bernuy y Domínguez (2021) publicaron un estudio que se enfocó en elaborar un diseño de una carretera de pavimento. Se trató de un estudio aplicado y no experimental. De acuerdo con los datos del análisis, se diseñó una carretera de tres niveles con una longitud de 10 kilómetros, un ancho de 6,0 metros y una velocidad de diseño de 40K/h en un terreno montañoso. Por necesidades de planificación del tráfico, también se logró una estructura de pavimento contemplado por una base de 15 cm, una base de 20 cm y protegida por un pavimento asfáltico de 1,2 cm de espesor. Anticiparse a las señales necesarias para el camino. Finalmente, se perforaron 10 (diez) pozos de 1,0 m de diámetro, 1,50 m de profundidad y un intervalo promedio de 1000 m, de los cuales se tomaron las muestras necesarias de cada formación para estudios de laboratorio. En

este caso, con base en el sistema de clasificación SUCS, predominan dos tipos de suelo; Los valores de resistencia CBR de CL, arcilla subplástica y GC, arcilla-grava oscilan entre 10,99 % y 22,51 %, lo que significa que la capacidad de carga de la calzada es buena a muy buena, por lo que no se requiere ninguna mejora.

Mendoza y Tenazoa (2021) desarrollaron un estudio que buscó identificar el diseño de un pavimento a nivel de afirmado. De acuerdo con el elemento metodológico se trató de uno aplicado y no hubo experimentación. Para ello, se trazó un hilo abierto con un teodolito de precisión de 20 pulgadas, se estableció la intersección de la carretera horizontal y la vertical (PI) y, a continuación, se trazó la curva horizontal del eje de la carretera original y la curva vertical de la cresta con inclusiones; para cumplir con las medidas indicadas en la norma. Para obtener una configuración de campo de al menos una franja de 50 m de longitud, los ejes se dibujaron en el campo cada 20 m en los planos tangentes y cada 10 m en las curvas horizontales de más de 100 m de radio. También se colocan en el campo todas las estructuras presentes con sus respectivas regresivas. Después de dibujar el perfil del suelo, se propuso el perfil de diseño o superficie de la carretera, cuidando de compensar la cantidad de corte con la cantidad de relleno y ajustando el suelo en la medida de lo posible para lograr la óptima ejecución del movimiento de tierras. Por último, se consideró que el proyecto era viable partiendo desde lo medioambiental, siempre que se aplicaran las medidas previstas en un plan de gestión medioambiental.

Moyano (2020) publicó un artículo que buscó identificar el espesor del afirmado de mayor adecuación para optimizar la transitabilidad vehicular y fijar las secciones homogéneas y perfeccionar el diseño de pavimento y el diseño de pavimentación de USACE optimiza la permeabilidad de la zona T de Huaycán, que ahora cuenta con una superficie vehicular efectiva para la falta de pavimentación y el tráfico vehicular pesado de la zona. De igual forma, el espesor positivo de 5,87 cm se puede obtener mediante la fórmula empírica del método USACE, y el espesor de 5,8 cm se puede obtener mediante el *scorecard* de diseño. Sin embargo, dado que el método USACE especifica un espesor de capa mínimo de 4 pulgadas, el diseño de este papel eligió un espesor

de 12 cm, que es la capa segura más gruesa y adecuada para mejorar la permeabilidad del vehículo. Finalmente, de acuerdo con los datos de SUCS, se determinó que todos los suelos incluidos en el estudio tenían un solo tipo de suelo (GM), que era una mezcla de grava limosa y arena.

Del Castillo (2019) desarrolló una investigación centrada en llevar a cabo un diseño de pavimento a nivel de afirmado de una carretera ubicada en San Martín. Se realizaron cortes en campo con excéntricas sobre pilotes de 25 m a 30 m a cada lado del eje. Utilizó dos equipos equipados con excéntricos, cabrestantes y estacas para segmentar las estacas cada 20 m en la tangente y cada 10 m en la curva. El material base subyacente también le permite mantener un estándar uniforme y determinar el CBR promedio, así que tomó el promedio ya que la mayoría son similares. El sistema consiste en zanjas de cimentación que drenan el agua a puentes de sobrepresión, que a su vez drenan a canales permanentes que forman el sistema de drenaje superficial propuesto para mejorar la carretera. Las disposiciones de la Norma Técnica 060 para el hormigón armado, expresadas en la actual norma E-030 de Diseño Sísmico, son aplicables al diseño de la estructura de drenaje. Por último, el diseño de la carretera ha mejorado el transporte de los productos cosechados al mercado de venta, ha reducido los costes de transporte, ha mejorado el estado de los productos y ha promovido el desarrollo socioeconómico de los trabajadores.

Ramírez (2018) publicó un estudio que tuvo como propósito llevar a cabo el diseño de pavimento a nivel afirmado de un camino vecinal. De acuerdo con el referente metodológico, se trató de un estudio aplicado y no se presentó manipulación de variables. Para determinar el CBR del proyecto, se utilizó la norma del Instituto del Asfalto, que recomienda un valor de CBR en el que el 60, el 75 o el 87,5% de los valores individuales son mayores o iguales al valor que se va a determinar. Los percentiles son necesarios para tener en cuenta la tabla que se aplica a los ejes de 8,2 toneladas. Por lo tanto, el sistema consiste en excavaciones que dirigen el agua a desagües que, a su vez, desembocan en canales permanentes que forman el sistema de drenaje superficial propuesto para el desarrollo de la carretera. La construcción del

sistema de drenaje está sujeta a las condiciones de la Norma Técnica 060. de hormigón armado y a lo descrito en la E-030 Construcción Sísmica, si procede. El número actual de vehículos IMD al día es de 16 vehículos/día (camiones, de un eje y de dos ejes), lo que justifica la construcción de una carretera de 4,00 m de ancho con un carril en ambos sentidos y arcenes de 0,5 m a cada lado. En la sección de investigación, el estudio de campo reveló que la razón del bajo valor de la IMD era el mal estado de las carreteras y las dificultades de los habitantes para transportar los productos. Por último, la construcción de carreteras a nivel local mejorará el transporte de los productos cultivados en la zona hasta los mercados de consumo.

Por su parte, de acuerdo con los referentes teóricos, una ruta o carretera es una vía de propiedad y empleo de la ciudadanía destinado y construido principalmente para el movimiento de vehículos (Sedivy et al., 2021). Existen diferentes tipos de vías, aunque coloquialmente se utiliza el término vía para definir las vías ordinarias que se pueden conectar a un canal con propiedades adyacentes, a diferencia de otro tipo de vías, autopistas y arterias, que no se pueden conectar. Los caminos complejos se diferencian de los caminos simples porque están especialmente diseñados para el movimiento de vehículos. (Jaroslav et al., 2018)

El desarrollo de la red viaria tuvo su origen en la civilización romana, que ha dejado una extensa red de carreteras (aún en buen estado) hasta la actualidad (Jamshidi y White, 2019). Las carreteras que atraviesan la ciudad en las zonas urbanas se denominan calles y desempeñan una doble función de vía de acceso y calle. La economía y la sociedad dependen en gran medida de la eficacia de las carreteras. (Pospelov et al., 2021). El revestimiento del pavimento constituye una capa que se extiende sobre la calzada para soportar y distribuir las cargas de los vehículos y mejorar la seguridad y el confort del tráfico. (Goenaga et al., 2019)

Además, para que un pavimento de carretera cumpla sus funciones, también debe soportar las cargas causadas por el tráfico; debe ser resistente a la intemperie; debe tener una estructura superficial adecuada a las velocidades de tráfico previstas (Bueno et al., 2022). El pavimento debe tener una estructura superficial uniforme en la

dirección transversal y longitudinal; debe ser duradero; debe ser económico; debe tener el color correcto para poder prevenir el deslumbramiento y los reflejos; y debe proporcionar suficiente seguridad vial. (Plati y Cliatt, 2018)

Del mismo modo, las carreteras se presentan de distintas modalidades en diversas partes del mundo, bien por su finalidad o por su adaptación al tráfico. En la práctica vial peruana, se puede diferenciar diferentes clasificaciones en comparación con las utilizadas en otros países. (Heinimann, 2021).

Los estudios topográficos se llevan a cabo a fin de conseguir información de las medidas, pendientes, alturas, entre otros aspectos del terreno a intervenir, posteriormente se emplean programas para fijar el estudio. Asimismo, el estudio de suelos, se encuentran contemplado por todos los análisis para tener conocimiento sobre las particularidades físico-mecánicas del terreno, teniendo en consideración el perfil estratigráfico en escalas correctas, cuyas respuestas se obtendrán posteriormente de realizar las exploraciones de campo y a su vez, los ensayos de capo. Se evidenciarán de manera gráfica las clases de suelos y particularidades físico mecánicas, nivel freático, espesor de los estratos, entre otros. (Bernuy y Domínguez, 2021).

La distancia de visibilidad corresponde a la longitud constante de la carretera, la cual puede ser observada por el conductor del vehículo. Son tomadas en cuenta tres distancias en el diseño; la distancia de visión suficiente para detener un vehículo, la distancia requerida a fin de que un vehículo puede adelantar a otro que transite en una velocidad baja en la misma dirección, y la distancia necesaria para cruzar o girar hacia una carretera principal (Assogba et al., 2022). Por analogía, la distancia de visión de frenado es la distancia mínima necesaria para que un vehículo, a su velocidad de diseño, se detenga frente a un elemento en su trayectoria. (Cicek, 2019)

Partiendo de esa premisa, la elaboración de carreteras exige la elaboración de una superficie ininterrumpida que permita superar los obstáculos geográficos y tenga una pendiente suficiente para permitir la circulación de vehículos o peatones. Si la ley

lo exige, es necesario respetar un conjunto de normas, leyes oficiales o directrices que no son vinculantes (Chompoorat et al., 2018). El proceso inicia en ocasiones con la eliminación de la vegetación (desbroce) y la retirada del suelo y la roca mediante excavación o voladura, la construcción de muros de tierra, puentes y túneles, y luego la pavimentación. (Salvador, 2021)

Ahora bien, el afirmado está formado por una superficie comprimida de material granular natural o tratado de una granulometría determinada que puede soportar directamente las cargas y los esfuerzos del tráfico. Debe contener una cantidad suficiente de material cohesivo fino para mantener las partículas unidas (Haro, 2018). Se utiliza como capa de rodadura en carreteras y aceras. Un buen material de pavimentación debe estar compuesto principalmente por grava triturada y arena gruesa, con partículas más finas para rellenar los huecos, y una pequeña cantidad de arcilla como aglutinante. El material debe tener gran resistencia, soportar el desgaste y el polvo, causar un desgaste mínimo de los neumáticos, ser económico y fácil de mantener. (Castillo y Vera, 2018)

Existen diferentes tipos de materiales adecuados para el pavimento de la superficie de la carretera, como los áridos triturados que, mezclados con otros materiales locales, caracterizan una distribución y un tamaño necesarios para la construcción adecuada del pavimento de la superficie de la carretera. El CBR del firme debe ser superior al 40%, siendo deseable el 60% para el tráfico pesado y excesivo (autobuses y camiones). (Díaz y Cardozo, 2018)

A su vez, la estabilización granulométrica implica la mezcla de dos o más suelos para conseguir un material con propiedades aceptables que pueda utilizarse como subrasante o pavimento (Liu et al., 2018). Por regla general, se utilizan elementos locales para minimizar los costes de preparación y transporte. El suelo natural y el de grano fino son diseñados para mejorar las propiedades del suelo. Por ejemplo, un suelo de grano fino con cierta plasticidad puede añadirse a un suelo de grano fino sin elementos finos para hacer una mezcla más cohesiva, más compacta, más permeable al agua y, en definitiva, más estable. (Tefa et al., 2022)

Siendo así, dado que se presenta una diversidad de suelos en la naturaleza, la edafología ha generado una serie de alternativas para clasificarlos. Cada uno de estos métodos, desde un punto de vista práctico, tiene su propio alcance, en función de la necesidad y el uso que lo fundamenta. (Horton et al., 2019)

Asimismo, el estudio granulométrico constituye una clase de análisis físico que fija la textura del suelo que resulta de la representación asociada entre los diversos grupos de partículas principales, tales como la arcilla, limo y arena presentes en una masa de suelo, de acuerdo a sus diámetros. La intención del análisis es fijar la proporción de elementos menores de 2mm en diversos tamaños. Entre los principios del análisis granulométrico son rotura de aditivos del suelo por desagregación, separación de dichas partículas por volumen por medio tamizado, por dispersión química para individualizar elementos minerales y su fijación por medio de pesaje. (Riveros y Gaitán, 2019)

El contenido volumétrico de agua en el suelo (Avol) es posible determinarlo en el terreno tomando muestras y pesando cilindros de un volumen de suelo no perturbado conocido y comparando sus pesos con cilindros de referencia. volumen de suelo no perturbado conocido y Avol se conoce o es una condición de campo de interés e identificable. Requiere la determinación del peso de cilindros de referencia que deben obtenerse a los contenidos de agua de interés en el mismo suelo, y a la misma profundidad que la muestra. (Castillo y Vera, 2018)

Es posible establecer límites de humedad que representen los cuatro estados de consistencia de un suelo de grano fino, que pueden ser plástico, semisólido, sólido o viscoso. (Pantuso et al., 2019)

Comprobación de la compresión en taller para determinar la función del grado de humedad y del peso de los áridos (curva de compactación) de un suelo compactado en un molde de 101,6 o 152,4 mm (4 o 6 pulgadas) con un pisón de 44,5 N (10 lb), bajado desde una altura de 457 mm (18 pulgadas) y con una energía de compactación de 2.700 kN-m/m³ (56.000 ft-lb/ft³). (Peng et al., 2022)

Por su parte, el ensayo CBR es utilizado para calcular la capacidad portante de los suelos compactados, como los terraplenes, las capas de pavimentación y los

suelos clasificados, y también para la identificación de los suelos. El ensayo de suelo CBR consta fundamentalmente de la compactación del suelo en moldes normalizados, la inmersión en agua y la perforación de la superficie del suelo con un émbolo normalizado (Huaraca, 2021).

Entre las características físico mecánicas se destacan; la resistencia, puesto que cualquier deformación de la SR impacta las capas superiores, asimismo, este debe tener una uniformidad, para evitar cambios fuertes, poca susceptibilidad al agua, limitando el hinchamiento ($h < 3\%$) para poder prevenir los cambios fuertes de volumen al entrar en contacto con el agua, lo cual implica deformaciones en las capas superiores, a su vez, control de calidad en el proceso de compactación (Huaraca, 2021).

Por otra parte, el diseño geométrico de carreteras es una técnica de ingeniería civil que determina la ubicación de una carretera o autopista en el terreno. Son muchos los aspectos que determinan la ubicación de la superficie de la carretera, como la topografía del terreno, la geología, el entorno, la hidrología y los aspectos sociológicos y urbanos (Oreto et al., 2021). Principalmente, para la construcción de una carretera se requiere un análisis que permita determinar el corredor en el que podría ubicarse la carretera. (Turkane y Chouksey, 2022)

Normalmente, Se estudian los distintos corredores y se estiman los costes medioambientales, económicos y sociales de la creación de carreteras. Luego de elegir un corredor, se fija el recorrido preciso, reduciendo al mínimo los costes y estimando el coste total del proyecto de construcción, incluida la masa de tierra que hay que mover y el pavimento necesario. A la hora de diseñar un firme moderno, es de suma importancia estimar el volumen, así como el peso de la carga por eje que actuará sobre el firme durante un lapso de tiempo fijado. (Blaauw et al., 2022)

El Índice medio anual (IMD) es la estimación del valor numérico del tráfico de vehículos en una sección determinada de la red de carreteras durante un año. El IMDA

se obtiene por medio de recuentos de volúmenes y clasificaciones de vehículos en el campo durante una semana, y un indicador de corrección que calcula el comportamiento anualizado del tráfico de pasajeros y de mercancías (Ministerio de transporte y comunicaciones, 2022).

De ese modo, se presenta el referente para la obtención del Índice Medio Diario Anual (IMDA) en la figura 1:

Figura 1.

Estudio del IMDA

IMDA (total ambos sentidos)	Veh. Pesados (carril de diseño)	5 años (carril de diseño)		10 años (carril de diseño)	
		Nº	Nº	Nº	Nº
		Repeticiones EE 8.2 tn	Repeticiones EE 8.2 tn	Repeticiones EE 8.2 tn	Repeticiones EE 8.2 tn
10	3	13,565	1.36E+04	15,725	1.57E+04
20	6	27,130	2.71E+04	31,451	3.15E+04
30	9	40,695	4.07E+04	47,176	4.72E+04
40	12	56,197	5.62E+04	65,148	6.51E+04
50	15	67,824	6.78E+04	78,627	7.86E+04
60	17	75,576	7.56E+04	87,613	8.76E+04
70	20	96,892	9.69E+04	112,324	1.12E+05
80	23	104,643	1.05E+05	121,310	1.21E+05
90	26	122,084	1.22E+05	141,528	1.42E+05
100	28	131,773	1.32E+05	152,761	1.53E+05
110	31	147,275	1.47E+05	170,733	1.71E+05
120	34	160,840	1.61E+05	186,458	1.86E+05
130	37	172,467	1.72E+05	199,937	2.00E+05
140	40	187,970	1.88E+05	217,909	2.18E+05
150	43	203,473	2.03E+05	235,881	2.36E+05
160	45	209,286	2.09E+05	242,620	2.43E+05
170	48	226,727	2.27E+05	262,838	2.63E+05
180	51	236,416	2.36E+05	274,071	2.74E+05
190	54	253,856	2.54E+05	294,289	2.94E+05
200	56	265,483	2.65E+05	307,768	3.08E+05
250	71	335,245	3.35E+05	388,641	3.89E+05
300	84	399,194	3.99E+05	462,775	4.63E+05
350	99	468,956	4.69E+05	543,648	5.44E+05
400	112	529,029	5.29E+05	613,289	6.13E+05

Nota. Tomado de Ramírez. (2018)

Por su parte, los factores equivalentes son aquellos responsables de homogeneizar los distintos vehículos en trabajos que incorporen cantidad de

automóviles (Sánchez, 2018)

Figura 2.

Factores equivalentes de carga FEC (Metodología ASHTO)

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log(\Delta PSI)}{0.4 + \frac{4.2 - 1.5}{1094}} + 2.32 \log M_R - 8.07 \quad (1)$$

Donde:

SN: Número Estructural (pulg).

W_{18} : Número de cargas de 18 Kips (80KN) previstas.

Z_R : Abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada.

S_0 : Desvío estándar de todas las variables.

ΔPSI : Pérdida de Serviciabilidad.

M_R : Módulo Resiliente de la subrasante (en psi)

Nota Tomado de Kenney et al. (2021)

La novedad de este método es que el índice de estructura ya no es un valor adimensional, sino un valor con una cierta unidad de longitud que toma un grosor ficticio del revestimiento. En unidades inglesas, se expresa en pulgadas y mantiene el valor numérico representado por la expresión 1. (Kenney et al., 2021)

Figura 3

Factor de carga

Eje Simple (4 neumáticos):



Eje Doble:



Eje Triple:



Nota. Donde “P” es masa real del eje en toneladas, tomado de Bernuy y Domínguez (2021).

De acuerdo con el CBR de trazado Geométrico, Después de la clasificación de los terrenos según AASHTO para carreteras con un volumen de tráfico superior a 100 vehículos al día, se prepara un perfil estratigráfico para cada zona homogénea a partir del cual se determinan los suelos de diseño y se establece un plan de pruebas y/o correlación para determinar el valor CBR, que es el valor de soporte o resistencia del suelo con respecto al 95% de la MDS (densidad seca máxima) y el momento de carga de 2,54 mm.. (Lima y Lupaca, 2021)

Ahora bien, con el método USACE se consigue un procedimiento correcto para el diseño de pavimentos flexibles, puesto que su aplicación es simple para el empleo de la ingeniería, y el procedimiento es de menos costo. En 1985, los norteamericanos desarrollaron la versión moderna del método USACE para las carreteras de áridos. En él, la carga por rueda no sólo se utiliza en la estructura. Según el manual técnico TM-5-822-5, dicha alternativa se centra en índices medidos de acuerdo con la clasificación de la carretera, la clase de vehículo, así como la composición de la transitabilidad. (Moyano, 2020)

Finalmente, el método NAASRA (***National Association of Australian State Road Authorities***) establece una asociación entre el valor de la carga del suelo (CBR), resultante de los estudios de mecánica del suelo, y las cargas que actúan sobre el pavimento, expresadas en repeticiones equivalentes por eje (EE), resultantes de los estudios de tráfico. (Chirinos et al., 2021)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Se presenta en el marco de un **enfoque cuantitativo**, ya que se trata de una investigación que requiere el tratamiento de información numérica mediante procedimientos estadísticos. En este tipo de estudios se miden y analizan las variables a través de una serie de procedimientos secuenciales y regulares, utilizando métodos estadísticos para obtener conclusiones sobre el tema (Sánchez, 2019)

Se enmarcó en un **diseño experimental - transversal** porque se caracteriza por asumir que los fenómenos existentes se observan en su contexto natural para ser analizados sin manipular los elementos investigados, y los datos se recogen simultáneamente en un único periodo de tiempo (Hernández y Mendoza, 2018)

En este sentido, corresponde al **nivel descriptivo**, ya que su objetivo principal es recoger datos sobre la realidad vivida por los interlocutores para analizar las variables del estudio. Según Ñaupas et al. (2018), se trata recoger datos sobre características, aspectos, clasificaciones, dimensiones, personas, instituciones o procesos de carácter físico o social relacionados con la situación del objeto de estudio, con el fin de describirlo. La cual se detalla a continuación:

$$A \rightarrow B$$

Dónde:

A: Áreas en las cuales se llevarán a cabo los estudios y análisis del proyecto y para la población del ámbito de influencia del proyecto.

B: Es la información y data básica recogidas sobre el proyecto.

Se ejecuta en base al: Diseño geométrico, mecánica de suelos y estudio topográfico.

3.2. Variables y operacionalización

Variable de Estudio

Diseño de pavimento a nivel de afirmado

Definición Conceptual

Un diseño geométrico es un método técnico de ingeniería para colocar las carreteras de acceso en el suelo. Las circunstancias de colocación de las vías de acceso sobre la subrasante son diferentes, teniendo en cuenta los estudios topográficos, hidrológicos, geológicos y medioambientales.

Definición operacional

Se refiere al diseño técnico a realizar, teniendo en cuenta los estudios básicos necesarios para ello. La topografía se utilizará con la ayuda de programas informáticos de análisis topográfico y metodología de estudio del suelo.

Dimensiones de la variable

Estudio topográfico. El estudio, que consiste en identificar la superficie en los tres planos básicos, se realiza en una parcela o zona utilizando herramientas adecuadas para elaborar las gráficas requeridas.

Estudio de mecánica de suelos. Esto permite determinar las condiciones originales del suelo, y mediante la evaluación y el procedimiento permite determinar los datos obtenidos en el laboratorio.

Diseño geométrico de la vía. Una metodología que ayuda a determinar el diseño óptimo para estructurar el sitio en cuestión de acuerdo con la normativa actual de la DG - 2018.

Operacionalización de la Variable

Tabla 1
Operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicaciones	Escala de medición
Diseño de pavimento a nivel de afirmado	Un diseño geométrico es un método técnico de ingeniería para colocar las carreteras de acceso en el suelo. Las condiciones de colocación de las vías de acceso sobre la subrasante son diferentes, teniendo en cuenta los estudios topográficos, hidrológicos, geológicos y medioambientales.	Se refiere al diseño técnico a realizar, teniendo en cuenta los estudios básicos necesarios para ello. La topografía se utilizará con la ayuda de programas informáticos de análisis topográfico y métodos de estudio del suelo.	Estudio topográfico	Levantamiento de Altimetrías Equidistancias Perfiles longitudinales Ángulo de inclinación del terreno Vista en secciones y plantas	Intervalo
			Estudio de suelos	Granulometría Límites de consistencia Contenido de humedad C.B.R Densidad máxima Trazado de la vía.	Razón
			Diseño geométrico de la vía.	IDM metrados Parámetros de diseño	Intervalo Razón

3.3. Población y muestra

Población: Una población se define como un conjunto de personas de interés formado por objetos, personas, situaciones u operaciones que el investigador quiere analizar (Carrasco, 2019). En este escenario, se encontró comprendida por todas las carreteras en el distrito de Bernal, Provincia de Sechura, Departamento de Piura.

Muestra: Una muestra es una parte significativamente representante de una población tomada para estudiar sus rasgos y generalizar la población en su conjunto (Escudero y Cortez, 2018). La muestra considerada en el estudio fue la carretera en el tramo km 00+000.00 – km 2+424.00 cementerio Bernal – Coronado en su totalidad.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas: El principal método de recogida de datos es la observación directa. Los investigadores utilizan la percepción para caracterizar los fenómenos (Herbas y Rocha, 2018). Tomando de referencia lo anterior, se consideró la revisión de antecedentes mediante observación directa, visita de campo con la finalidad de recoger datos, los cuales resultaron ser vitales en el estudio desarrollado, y los estudios básicos necesarios para el diseño.

Instrumentos: Para llevar a cabo esta labor de observación, el investigador debe desplazarse al lugar donde se produce el acontecimiento o fenómeno objeto de estudio. Para ello se utilizan fichas de observación, esto es esencialmente el comienzo del proceso de observación (Arias y Covinos, 2021). Se hizo uso de fichas de observación para el registro de los datos obtenidos mediante equipos de topografía, mecánica del terreno y otros equipos.

Validez y confiabilidad: La información recopilada sobre el terreno requirió ajustarse al manual de seguimiento; el equipo debe ser de buena calidad y tener certificados válidos; la información recopilada por diversos medios, incluidos los escritos y electrónicos, provinieron de observaciones de campo, fuentes bibliográficas y análisis de muestras.

3.5. Procedimientos

Estudio Topográfico. Estudio fue realizado utilizando un GPS de alta precisión y estación total correctamente calibrada con su certificado válido.

Estudio mecánico del suelo. Se realizó mediante la excavación y extrayendo calicatas del suelo a estudiar cada kilómetro, lo que permitió conocer el tipo de suelo en el lugar, la humedad del suelo y otras propiedades.

Diseño geométrico de la carretera. Se realizó en concordancia con la

normativa vigente en Perú, que establecieron, entre otras cosas, las velocidades, las pendientes, los radios, para determinar el perfil geométrico, el plano y la sección transversal; el diseño también consideró el número y el tipo de vehículos los cuales transitan por la zona, lo que determinó el tipo y el espesor de la superficie de la carretera.

3.6. Método de análisis de datos

Toda la información recogida en campo se registró por medio de gráficos y tablas. En el análisis de la información recopilada en campo, para reducir el tiempo y simplificar el procesamiento, se hizo utilización de los programas comerciales de ingeniería con mayor popularidad, como AutoCAD Civil 3D para el diseño topográfico y diseño geométrico, y también hojas de cálculo para coadyuvar en la preparación de gráficos y tablas.

3.7. Aspectos éticos

Este estudio fue elaborado cumpliendo con los criterios de diseño del Manual DG 2018, Normas RNE y el MTC, garantizando su desarrollo con pleno compromiso, honestidad e integridad en beneficio de los pobladores del Distrito de Bernal. En ese sentido, este estudio respeta la autenticidad de los datos obtenidos y la correcta interpretación del trabajo de laboratorio y de oficina. El cumplimiento de las normas universitarias, los reglamentos y los principios axiomáticos que subyacen al método científico para mejorar la calidad ética de la investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Estudios de Topografía.

4.1.1. Objetivo

Como objetivo, el estudio topográfico, busca representar gráficamente la zona de estudio, tanto en su planimetría como también en su altimetría, con una representación detallada de la morfología del terreno (modelado) y otras características de interés como viviendas, fuentes de agua, entre otros; que contribuyen a definir el trazado y diseño de la carretera.

4.1.2. Ubicación

La ubicación del estudio topográfico del proyecto “Diseño de pavimento a nivel de afirmado de la carretera tramo cementerio Bernal - Coronado, en el distrito de Bernal, Provincia de Sechura, Departamento de Piura, año 2022” es en su geografía en el Departamento de Piura, Provincia de Sechura, Distrito de Bernal, se inicia en el caserío de Coronado y finaliza en el Distrito de Bernal.

Departamento: Piura

Provincia: Sechura

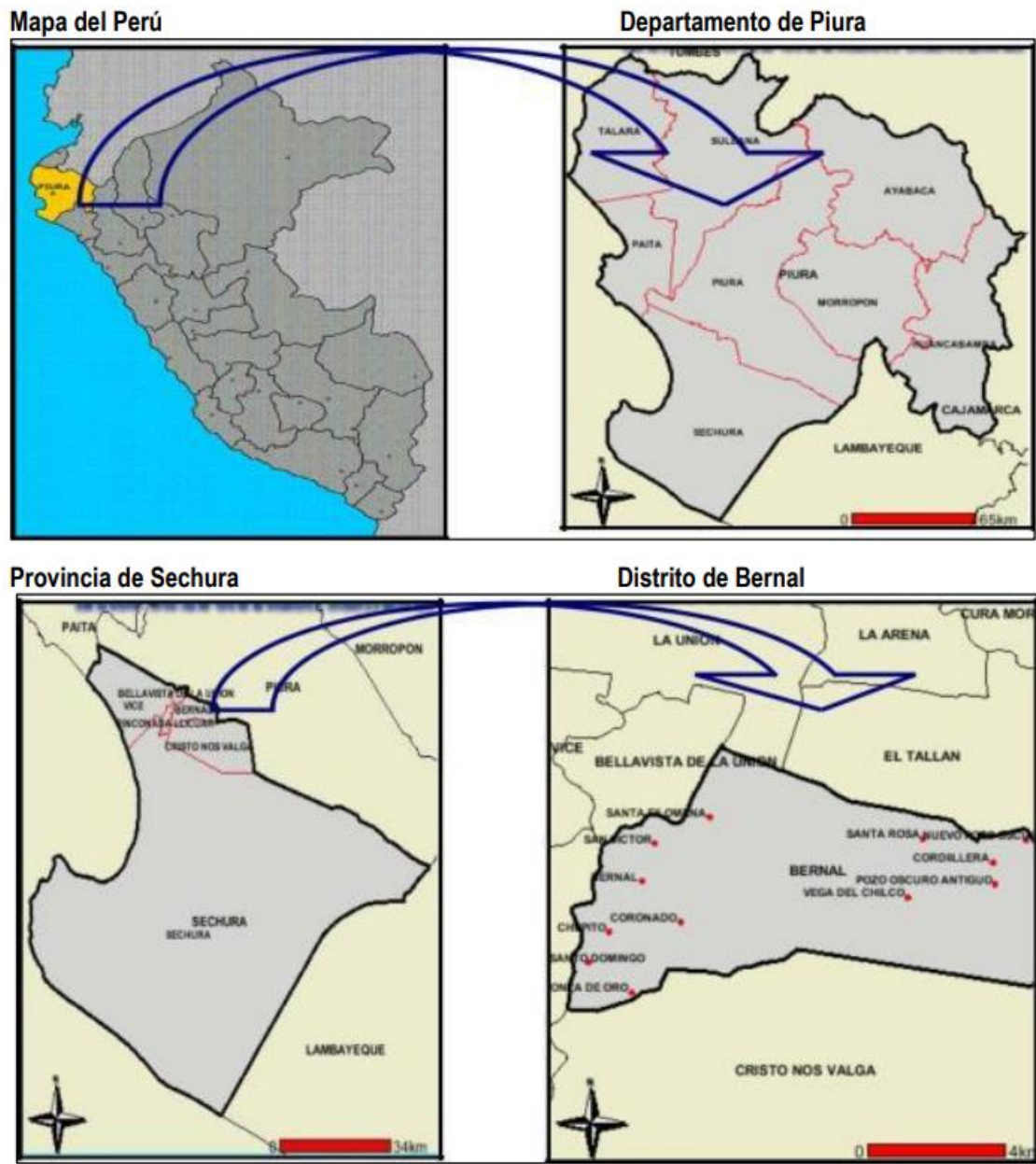
Distrito: Bernal

Región Natural: Costa

Zona: Rural

Figura 4

Ubicación del proyecto



Ubicación Del Camino

El proyecto que comprende el “Diseño de pavimento a nivel de afirmado de la carretera tramo cementerio Bernal - Coronado, en el distrito de Bernal, Provincia de

Sechura, Departamento de Piura, año 2022” cuenta con un camino que está ubicado entre las coordenadas UTM Datum WGS 84 zona 17 s, según como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 2

Cuadro de coordenadas UTM

CUADRO COORDENADAS UTM CAMINO				
PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCIÓN
1	9395475.018	5539684.291	9.977	INICIO
2	9396756.750	528662.515	13.254	FINAL

Nota. Elaboración propia.

Figura 5

Progresivas en el Distrito de Bernal



Fuente. Elaboración propia

4.1.3. Descripción

El área de estudio corresponde al tramo Caserío de Coronado- Distrito de Bernal dentro del km 00+000.00 – km 2+424.00 que se encuentra en el Distrito de Bernal, Provincia de Sechura, Departamento Piura.

Antes del reconocimiento topográfico de la zona a estudiar, se realizó un

reconocimiento visual previo de la zona para determinar la planificación de las sucesivas subactividades, como el número y la ubicación de los equipos, el determinar los procedimientos logísticos, la metodología del trabajo de campo, etc.

4.1.4. Progreso De Las Actividades

Las actividades realizadas consistieron en la definición del marco de referenciación del proyecto, seguida de actividades topográficas para definir la base del plan geométrico.

Para ello, se desarrollaron los siguientes pasos:

Planeamiento, monumentación y medición con GPS diferencial en modo estático de 01 punto de control enlazados a la Red de monitoreo continuo de Piura.

Ubicar los BMs cada 500 m a lo largo de la carretera Coronado-Bernal.

Levantar la topografía detallada a escala 1:1000 en una franja de 20,00 m de ancho en ambas direcciones de la línea central a lo largo de los 2+424,00 km.

4.1.5. Equipos Utilizados

Para realizar el trabajo de campo se utilizaron los siguientes equipos:

Estación total Marca Leica TS 06

GPS Marca TRIMBLE R8s

Computadora Portátil Laptop

4.1.6. Sistema De Referencia

Se utilizó el sistema referencial WGS-84 y la obra está situada en la zona 17 Sur.

4.1.7. Georreferenciación.

Se utilizó un GNSS geodésico Trimble R8s para georreferenciar los puntos de control topográfico horizontal.

Planimetría: La referenciación de planimetría se ha dado mediante el uso de GPS diferencial de doble frecuencia el cual ha tomado como base el punto IGN- Piura

Altimetría: La cota de referencia se ha tomado con GPS diferencial para iniciar los trabajos de campo.

4.1.8. Puntos De Control- Bms

Este método define puntos de control métricos (de referencia) y submétricos (BM). Cada uno de estos puntos está estratégicamente situado y marcado con un monumento.

Tabla 3
Cuadro de coordenadas UTM BMS

CUADRO DE COORDENADAS UTM BMS				
PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	9395511.597	529750.438	10.234	BM1
2	9395926.011	529791.664	10.327	BM2
3	9396314.447	529747.713	10.441	BM3
4	939671.663	529545.052	11.587	BM4
5	9396716.395	529061.312	10.688	BM5
6	9396763.934	528713.135	12.729	BM6

Nota. Elaboración propia

Red de nivelación: La nivelación se realizó a intervalos de 500 m en círculos cerrados con una exactitud de 0,012 m/K, K se expresa en kilómetros.

4.1.9. Levantamiento Topográfico

Una vez se establecidos los números de puntos de control, se realizaron los levantamientos topográficos en un polígono correspondiente a la zona de estudio, el cual se basó en el método de identificación de puntos de control.

Para el levantamiento topográfico a escala 1:1000, las curvas de nivel se trazaron a intervalos de 1 m y la distancia de igualdad entre los puntos del terreno se limitó a un máximo de 20 para las líneas tangentes y 10 para las curvas horizontales en toda la sección.

Áreas Levantadas

Franja de terreno de 40.00 metros, a cada lado del eje 20 metros, del tramo

Coronado - Bernal 0+000 km al 2+424.00 km.

Zona de terreno definido para depósitos de material excedente.

4.1.10. Relleno topográfico

Para complementar esta información, se han realizado levantamientos topográficos en lugares concretos, como canteras, excedencia de materiales, etc., cuyos datos resultantes se han incorporado a los planos que correspondan.

4.1.11. Proceso De La Toma De Datos De Campo Y Procesamiento

Procesamiento de los datos de campo

Tras registrar los datos de campo, se inició el análisis de los datos obtenidos de la estación total; transfiriéndolos de la memoria de la herramienta de topografía a una memoria USB y exportándolos en formato csv a Excel. A continuación, los mismos datos a Autocad Civil 3D, donde se hizo el modelamiento del terreno y se crearon las curvas de nivel para elaborar el plano topográfico.

Fase de diseño

Los parámetros geométricos del proyecto se determinaron con base en los resultados del trabajo de campo y teniendo en cuenta el tipo de datos. El diseño de la carretera se realizó tomando como referente la normativa DG-2018 sobre Diseño Geométrico de Carreteras.

Una vez completado el diseño de la carretera, se dibujó un perfil longitudinal de la carretera y se determinó la pendiente y la curva vertical de la carretera basándose en los parámetros de diseño del DG-2018 (**Ver anexo 3**).

A continuación, se diseñó la sección transversal de la carretera teniendo en cuenta la anchura, la altura y la elevación de la carretera, la anchura de las costillas, las dimensiones de la cuneta y el terraplén, y se determinó el volumen del terraplén utilizando un software de diseño en 3D.

Dibujo de planos

Una vez procesados los datos, se prepararon todos los planos necesarios para identificar el proyecto.

Finalmente, se prepararon los siguientes planos: topografía, localización, planta, perfil y sección transversal (**Ver anexo 4**).

4.2. Estudio de suelos

4.2.1. Alcance

Este estudio es basado en la información de los ensayos de mecánica de suelos realizados en muestras de suelo a lo largo de la carretera investigada, por lo que los resultados son exclusivos de este proyecto.

4.2.2. Objetivos

Este estudio se realizó con el objetivo de investigar mecánicamente el suelo para la mejora de las carreteras locales. Para ello, se llevaron a cabo las pruebas en laboratorio adecuadas para determinar las propiedades físicas y mecánicas del material y los posibles contaminantes. Además, se obtuvo información sobre la capacidad portante (CBR) del material.

4.2.3. Condiciones Climáticas

La ciudad de Sechura está situada en una zona subtropical, seca y desértica, con temperaturas templadas durante la mayoría del año y 200 mm de precipitaciones anuales (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2022).

4.2.4. Metodología De Trabajo

Para llevar a cabo este trabajo, se realizó una investigación del suelo para planificar la excavación, un estudio geológico de las zonas vecinas, la cartografía de la zona del proyecto para identificar las diferentes unidades estratigráficas, la excavación, la caracterización de las excavaciones y el muestreo del suelo perturbado,

los ensayos de laboratorio y la determinación de las características físicas y mecánicas del suelo, el análisis de la capacidad portante CBR y, finalmente, la elaboración de un informe.

4.2.5. Geología

La localidad de Sechura se ubica al costado izquierdo del río Piura, en una planicie parcialmente cubierta por dunas maduras, en la región Para Andina conocida como Desierto de Sechura.

Según su geología, la zona forma parte del altiplano de Sechura y se caracteriza por sedimentos arenosos del Cuaternario tardío intercalados con arenas medias y finas, granito y evaporíticos.

4.2.6. Extracción de calicatas

Se realizó un estudio de campo para identificar los lugares de excavación en las zonas en las que está prevista la ampliación de las carreteras locales.

De acuerdo con las condiciones de la encuesta y la excavación de 05 pozos de hasta 1,5 m se planificó. Con una profundidad y un diámetro de 1,00 m x 0,80 m.

4.2.7. Descripción de la estratigrafía.

Las excavaciones fueron seguidas de una representación litológica de los distintos horizontes y de la elaboración de perfiles estratigráficos que, en coordinación con los estudios de laboratorio, permitieron evaluar posteriormente las condiciones geotécnicas del trazado.

4.2.8. Muestreo de suelos

Se tomaron muestras disturbadas de cada horizonte, en algunos casos en los que las capas eran muy finas, las muestras se colocaron en cajas para las pruebas de humedad natural y en bolsas de plástico para las pruebas de granulometría y para la determinación del límite de Atterberg, Proctor modificado y CBR.

4.2.9. Descripción del tipo de suelo

Basándose en el análisis de granulometría, límites de Atterberg y las observaciones de campo, se determinaron los perfiles estratigráficos y se identificaron los siguientes tipos de suelo:

Calicatas prof: 0-1. Smts

En todo su recorrido, el camino presenta una capa de afirmado de espesor 0.15m, luego da paso a un material compuesto por (Arena arcillosa limosa), clasificada en SUCS, como SM, SC, SC-SM, de color gris claro, contenido de humedad regular y compacidad medianamente denso, clasificado por AASHTO (Ver cuadro resumen de ensayos), no se encontró napa freática, además de ello, la calicata se hizo al costado del camino.

4.2.10. Ensayos de laboratorio

Los ensayos realizados fueron de Contenido de Humedad (C.H), granulométrico, Límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR.

Tabla 4

Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos

NOMBRE DEL ENSAYO	USO	AASHTO	ASTM	TAMAÑO DE MUESTRA	FINALIDAD
Análisis Granulométrico	Clasificación	T88	D422	3.0 kg	Esto determina la distribución granulométrica del suelo a lo largo del tramo de carretera.
C. H.	Clasificación		D2216	3.0 kg	Se encuentra el contenido de agua del suelo analizado

LL y LP	Clasificación T89 / T90	D4318	3.0 kg	Esto se hace para determinar el contenido de agua en diferentes condiciones: plástico y líquido
Índice Plástico	Clasificación T90	D1557	3.0 kg	Determinar el rango de contenido de agua
Compactación Proctor Modificado	Diseño de espesor T180	D1557	16.0 kg	Se utiliza para determinar la resistencia específica del suelo.
CBR	Diseño de espesor T193	D1883	25.0 kg	Para determinar la capacidad portante. A partir de ella se puede obtener el módulo de elasticidad y el espesor de capa.

Nota. Elaboración propia

La anterior tabla, enumera las diferentes pruebas aplicadas a las muestras tomadas de suelo en el campo a intervalos de aproximadamente 500 m, indicando el tipo de prueba, la aplicación, la clasificación, las dimensiones de la muestra utilizada y la finalidad de cada una.

A partir de toda la información y de los resultados de laboratorio, se identificaron y clasificaron los suelos de la carretera según el sistema AASHTO y se elaboró un perfil estratigráfico.

4.2.11. Análisis de resultados

La zona del estudio consta de una topografía plana a ondulada con pendientes casi planas, y su suelo en la parte superior está compuesto por una capa de afirmado, luego presenta terreno natural, la plasticidad varía en los tramos, contiene material limoso, arcilloso, no presenta nivel de agua que perjudique al suelo, aun así es mejor

tratar de elevar la rasante, colocar sistemas de drenaje (alcantarillas) para la subida de agua en casos de inundación, ya que si esto ocurre el material que es arcilloso al tener contacto con agua de la lluvia o napa freática se expanden y cuando se secan se contraen sufriendo cambios volumétricos en el suelo y puede afectar la subrasante.

Los suelos estudiados como subrasante se le clasifican desde el punto de vista de pavimento, como de regular calidad, de acuerdo a sus valores de CBR. No se localizó nivel freático en las calicatas exploradas.

4.2.12. Características físicas y mecánicas

Los terrenos de fundación a nivel de sub rasante por sus propiedades físicas Mecánicas son consideradas de buena a regular calidad y contienen regular contenido de humedad.

Según los ensayos de laboratorio, estos suelos que van a servir como fondo de apoyo para la capa del afirmado proyectado, la subrasante es de propiedad colapsable, es decir, son susceptibles al cambio de humedad.

Tabla 5

Clasificación de los suelos según cada calicata

Calicata	SUCS	AASHTO	LL	LP	IP	Contenido		Sub Rasante
						Humedad (%)	CBR	
0+000	SM	A-3 (O)	NP	NP	NP	5.77	12.09	Regular
0+500	SM	A-3 (O)	NP	NP	NP	11.33		
1+000	SM	A-4 (O)	26.05	23.68	2.37	19.05		
1+500	SM	A-4 (O)	26.84	23.08	3.76	9.79		
2+000	SM	A-3 (O)	NP	NP	NP	1.67	12.80	Regular

Nota. Elaboración propia.

4.2.13. Análisis de cantera

Identificación de cantera

Nombre: Cantera Zapata

Ubicación: Ubicación: 9,0 km del sitio.

Operación: Se utilizará equipo pesado durante todo el año.

Caracterización de la cantera

Determinar las propiedades del material para proporcionar mejores características adecuadas para las aplicaciones de construcción.

Los tipos de pruebas de laboratorio y de campo realizadas en la cantera y las normas técnicas utilizadas se enumeran en el cuadro siguiente (se muestran las normas nacionales MTC y las normas internacionales ASTM correspondientes).

Tabla 6

Ensayos a muestras de cantera.

ENSAYO	NORMA MTC	NORMA ASTM
Análisis granulométrico por tamizado	MTC E 107	ASTM D-422
Humedad natural	MTC E 108	ASTM D-2216
Límites de Atterberg	MTC E 110	-
LL	-	ASTM D-4318
LP	MTC E 111	ASTM D-4318
IP	MTC E 111	
Clasificación SUCS	-	ASTM D-2487
Clasificación AASHTO	M-145	-
Proctor modificado	MTC E 115	ASTM D-1557
CBR	MTC E 132	ASTM D-1883

Nota. Elaboración propia.

Resultado de los ensayos a cantera

Análisis granulométrico: partícula granular graduación “B”, porcentaje retenido en malla #4, es igual a 57%, porcentaje de arena igual a 31% y porcentaje que pasa por

malla #200 es igual a 11%

Límites de consistencia: LL igual a 26.45%, LP igual a 20.60%, e índice plástico de 5.86%

Proctor modificado: densidad máxima igual a 2.150 gr/cm³, con humedad optima de 7.45%

CBR: al 100% de la MDS se obtuvo un valor de 87% y al 95% de la MDS le corresponde un valor de 60%

Clasificación de suelos: SUCS=GP-GC y AASHTO A-1-a

4.3. Diseño Geométrico de Pavimento

4.3.1. Generalidades.

Los elementos de mayor trascendencia en el diseño de las carreteras son la densidad del tráfico de vehículos y la estabilidad del suelo. Para ello, hay que identificar el volumen de vehículos que circulan por la carretera de estudio a partir de la densidad media anual de tráfico (IMDa).

Normativa

Para el D.G. de la carretera se empleó el Manual de Carreteras - Diseño Geométrico; DG - 2018, desarrollado y distribuido por el MTC. También se han tenido en cuenta las normas internacionales, como las publicadas por la AASHTO, el Instituto del Asfalto y otras organizaciones de diseño de carreteras.

Antecedentes del diseño del CBR

Para la determinación el CBR de diseño se utilizó el promedio de los valores encontrados en los tramos sucesivos desde el km 0+000,00 hasta el km 2+424,00,

que es de 12,09%.

4.3.2. Análisis del Tráfico

El análisis del tráfico permitió establecer la cantidad acumulada de cargas equivalentes (EAL8.2) aplicadas sobre un solo eje de 8,2 tn (80 kN), que se utiliza para determinar el espesor del pavimento.

A partir del volumen de tráfico y de la clasificación del tráfico de vehicular y del estudio origen-destino, se determinaron los volúmenes de tráfico normalmente generados y previstos a partir de los valores del estudio de tráfico equivalente presentados.

Para la determinación del número de ejes equivalentes para este periodo de planificación se dispone de la siguiente información.

Tabla 7
Índice Medio Anual

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Automóvil	12	20.00
Camioneta	13	21.67
C.R.	10	16.67
Micro	14	23.33
Bus Grande	0	0
Camión 2E	11	18.33
Camión 3E	0	0
IMD	60	100.00

Nota. Elaboración propia

El IMD total es la sumatoria de los valores del tráfico existente más tráfico generado, y se contabilizaron los vehículos pesados para el diseño, mostrando los resultados en la tabla siguiente:

Tabla 8

Trafico proyectado para 10 años

Tipo de Vehículo	IMDa		Tráfico proyectado (Veh/día)								
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Automóvil	12	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15
Camioneta	13	15	15	15	15	15	15	16	17	17	17
Camioneta Rural	10	12	12	12	13	13	13	13	13	14	14
Microbús	14	16	16	17	15	15	15	16	16	16	16
Camión 2 E	11	13	13	13	14	14	14	14	14	15	15
TOTAL	60	70	70	71	75	75	75	77	78	80	80

Nota. Elaboración propia

Se tomaron las estaciones de conteo E-1 en KM :0+000 Coronada debido a que los conteos son los mayores donde se contabilizaron por vehículo y tipo.

Se tuvo en cuenta que se toma el IMD de vehículos pesados los cuales ocasionan más daño en el pavimento, por lo que esto fue considerado para el diseño del mismo.

Continuando con el cálculo del IMDA se considera la tabla 9 de tasas de crecimiento según regiones del Perú, y el valor (N) de año de proyección obteniendo en el IMDA para la vía del proyecto. Los parámetros de diseño para el análisis de tráfico son los siguientes después de evaluación de análisis de tráfico y según regiones del Perú.

Tabla 9
Tasa de crecimiento

Tasa de crecimiento	
Tasa de crecimiento de vehículos de carga	2.1%
Tasa de crecimiento de vehículos de pasajeros	1.9%
Periodo de diseño	10 años

Nota. Elaboración propia

A efectos del cálculo del IMDA, este se define como la demanda media al final del periodo de planificación, que es el número medio de vehículos por día que utilizan actualmente la carretera, más la tasa de crecimiento anual establecida habitualmente en la ficha técnica.

El volumen de tráfico (IMDA) se expresa en equivalentes por eje, acumulados a lo largo del periodo de planificación. Un eje equivalente (EE) es el daño causado a la carretera por un eje de dos ruedas con una masa de 8,2 toneladas y una presión de neumáticos de 80 lb/pulg².

Para los volúmenes de tráfico existentes en el lugar, el IMDA toma la media anual del número total vehicular (ligeros y pesados) en ambas direcciones. Esta demanda se compone de diferentes tipos de vehículos en función del segmento de la carretera.

La información recabada se emplea para determinar el número equivalente de rotaciones por eje (ER) para el periodo de diseño de la carretera.

El método de la fórmula simplificada de la AASHTO se utilizó para determinar el factor de carga FEC. Para calcular el eje equivalente (EE) se puede utilizar una norma simplificada de la AASHTO con las siguientes proporciones para camiones, autobuses y furgonetas (según **figura 3**).

Se añadió un elemento de adecuación para la presión de los neumáticos a fin de tener en cuenta el efecto de la alta presión de los neumáticos en el desgaste de la

superficie de la carretera.

La EE de los vehículos pesados, es decir, camiones y autobuses, se determina como la suma de las EE de cada eje, es decir, la EE de cada vehículo.

Para calcular el volumen de repeticiones para el eje de 8,2 toneladas, se utilizó la siguiente ecuación para cada tipo de vehículo. Como resultado final se considera la sumatoria de los tipos de vehículos estimados.

$$N_{\text{rep de EE 8.2t}} = YZ_{\text{día-carril}} \times 365 \times (1+t)^n - 1 / t$$

$$Z_{\text{día-carril}} = EE \times \text{Factor Direccional} \times \text{Factor carril}$$

$$Y = N^{\circ} \text{ de vehículos según tipo} \times \text{Factor de carga} \times \text{factor de Presión de Llantas.}$$

Dónde:

$$N_{\text{rep de EE 8.2t}} = \text{Cantidad de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2t.}$$

$$EE_{\text{día-carril}} = \text{Ejes Equivalentes} / \text{día a considerar en el carril de diseño.}$$

$$365 = \text{Días en un año}$$

$$t = \text{tasa de estimación del tráfico}$$

$$EE = \text{Ejes Equivalentes}$$

$$\text{Factor Direccional} = 1.0, \text{ número de carril multidireccional}$$

$$\text{Factor Carril} = 1.0, \text{ corresponde a un carril por sentido.}$$

$$\text{Factor de Presión de llantas} = 1.0, \text{ valor estimado para los CBVT y con capa granular de revestimiento.}$$

La proyección del tráfico se utiliza para obtener el IMDA, que debe convertirse en el número de repeticiones de 8,2t ejes (EAL).

$$N_{rep} = 365x \sum IMD_t x FD_t x \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$$

Dónde:

IMD: Índice Medio anual

FDt: Factor destructivo de tipo vehicular

n: Periodo de diseño

i: Tasa de crecimiento

$$N_{rep} = 365x(9x4.504 + 20x4.504 + 2x3.339) \left[\frac{(1+0.0397)^{10} - 1}{0.0397} \right]$$

Proyección a 10 AÑOS: Nrep = 2.305 x 10⁵ (ejes equivalentes de 8.2 ton.)

Se concluye que el tipo de tráfico “Manual de carreteras Diseño geométrico DG-2018” de IMD < 400 Veh/día vehículos pesados carretera de tercera clase y con Nrep (8.2t) entre 2.6E5 – 5.7 E5, (Número calculado para tráfico proyectado. Los parámetros de diseño para el análisis de tráfico son los siguientes después de evaluación de análisis de tráfico y según regiones del Perú.

4.3.3. C.B.R de Diseño

El perfil estratigráfico a lo largo de toda la vía muestra valores de CBR al 100% y al 95% de la máxima densidad seca (MDS), definiendo los valores al 95% de la MDS como guía para sectorizar tramos a lo largo de la vía según el tipo de subrasante

encontrada durante las exploraciones.

La metodología de acuerdo al “Manual de carreteras Diseño geométrico DG-2018”, para sectorizar fue la siguiente:

Sector Homogéneo, toma el valor de percentil 75% de todos los valores de CBR al 95% de la MDS del tramo donde se nota características homogéneas del material de subrasante.

Sector heterogéneo, toma el valor mínimo de todos los valores de CBR al 95% de la MDS del tramo donde se nota muy variable el suelo de sub rasante.

En el tramo del Km 0+000.00– Km 2+424.00 los valores de CBR (al 100% MDS) son heterogéneos donde se obtiene el mínimo valor de CBR como el CBR de diseño.

Se muestran los valores de CBR de las calicatas ejecutadas a lo largo de tramo con la metodología empleada para CBR de diseño, así como el espesor de pavimento según el método NAASRA.

CBR Diseño (%) (100%mds) = 12.00

Una vez establecidos estos parámetros, es necesario elegir la solución que, de entre las alternativas presentadas en el catálogo "Manual para carreteras no pavimentadas con baja densidad de tráfico" que aparece a continuación, proporcione los menores costes de construcción debido a los materiales y tecnologías disponibles.

4.3.4. Método USACE

El grosor del pavimento se determinó utilizando un procedimiento desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. Este método parte de la base de que el firme proporciona un nivel de rendimiento apropiado durante un periodo de planificación de 10 años. Los pavimentos granulares pueden estar hechos de materiales que pueden alcanzar la calidad de la capa de rodadura en función de la capacidad portante del CBR. En este método, se consideran los siguientes factores

para determinar el espesor de la capa de rodadura.

Valor CBR de la subrasante.

Volumen de tráfico en número de ejes individuales correspondiente a una carga por eje típica de 18.000 libras durante el período del diseño (N18).

Otro elemento que se tiene en cuenta en el método formulado es la calidad de los materiales a utilizar. Respecto a ello, se tomó en cuenta el valor CBR requerido por el pavimento respecto a la carga de tráfico, el valor CBR de la capa base y el espesor solicitado.

Suelo Subrasante

El diseño de un pavimento de carretera debe tener en cuenta la subrasante, es decir, el suelo sobre el que se construirá el pavimento. El espesor del pavimento debe calcularse en función de la resistencia mecánica de este suelo.

El CBR utilizado para calcular la resistencia se seleccionará en función del tipo de subrasante a lo largo de la carretera, en este caso suelos heterogéneos que no permiten identificar los suelos predominantes, por lo que el diseño se basará en los suelos más débiles representados por el CBR más bajo.

Cálculo de los ejes equivalentes

Para convertir los resultados de la estructura del vehículo en parámetros de diseño, el eje estándar o de referencia utilizado en este estudio es el eje de 8,2 toneladas (18 000 libras).

$N_{rep\ TON} = 3.305 \times 1000000$

Diseño Estructural del Pavimento

En general, el espesor del pavimento se calcula según las características de la subrasante y del volumen de tráfico previsto.

En el método USACE, el diseño tiene en cuenta el volumen de tráfico y los valores de capacidad portante del subsuelo; en función de estos parámetros, se determina el espesor del asfalto.

El método del USACE para el diseño del pavimento incluye un control de la calidad del material utilizado para la construcción, debido a que este factor es esencial para la deformación permanente (tracking) del material durante la construcción.

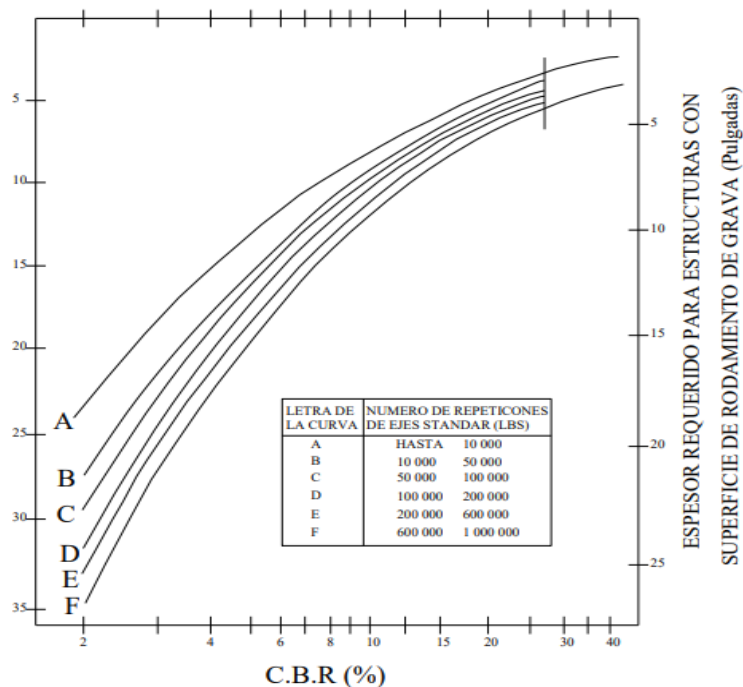
La solución recomendada es una capa de cimentación granular sin recubrimiento de asfalto. Así pues, los materiales a utilizar para su elaboración deben cumplir ciertos requisitos para garantizar la mayor vida útil posible, es decir, la vida útil debe corresponder al periodo de diseño.

Determinación de Espesor de la Estructura del Pavimento

De acuerdo al gráfico de curvas de diseño de espesores para estructuras según análisis método USACE se tiene:

Figura 6

Curvas de diseño para espesores de estructuras con o sin tratamiento bituminoso



Análisis con el gráfico USACE para el camino

Ingresando valores a la tabla:

CBR (95%MDS) = 12.00%

El gráfico resulta la intersección con la línea E de ejes equivalentes entre 200000 y 600000 resultando:

Espesor de Afirmado es de 7.50 pulgadas igual a 19.30 cm para fines constructivos se adopta 30 cm.

Tabla 10

Determinación de espesor de afirmado. Método USACE

Tramo	CBR	EAL8.2 TON	Espesor Afirmado	De
KM0+00 – KM 2+424	12.00%	2.305X10 ⁵	19.30cm	

Nota. Elaboración propia

4.3.5. Método NAASRA

Este método está tomado del Manual de Suelos y Recubrimientos del MTC aprobado por el Decreto Supremo N° 034-2008 del MTC.

Este método establece la relación entre el valor CBR del pavimento y la carga aplicada al firme, expresada como el número de iteraciones del eje equivalente.

$$e = \left[219 - 211 \times \log CBR + 58 \times (\log CBR)^2 \right] \times \log \left(\frac{N_{rep}}{120} \right) \dots \dots \dots (1)$$

Dónde:

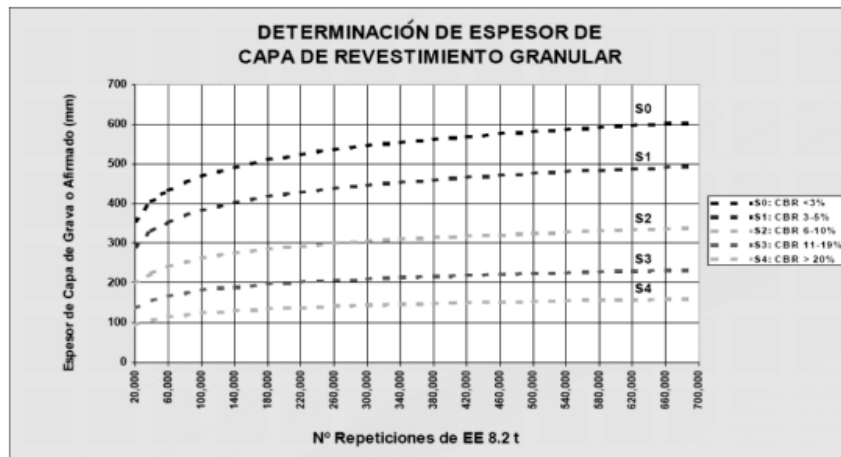
e = espesor de la capa de afirmado

CBR = CBR de la subrasante.

Nrep = número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

Figura 7

Ábaco de determinación de espesor de capa de revestimiento granular. NAASRA



Determinación de espesor de pavimento.

Tramo Coronado- Bernal: KM 0+000.00 – KM 2+424.00

CBR de la sub-rasante de Diseño: 12.00 %

Número de cargas por Eje Simple equivalente (E.S.A.L.) 2.305×10^5

Período de Diseño 10 años

Aplicando el criterio con el ábaco de cálculo de espesor para la capa granular de revestimiento se obtiene un espesor de pavimento afirmado de 205.0 mm igual a 20.50 cm.

Aplicando la fórmula del método NAASRA.

$$e = \left[219 - 211 \times (\log_{10} CBR) + 58 \times (\log_{10} CBR)^2 \right] \times (N_{rep} / 120)$$

Tabla 11*Determinación de espesor de afirmado. Método NAASRA*

Tramo	CBR	EAL8.2 TON	Espesor De Afirmado
KM0+00 – KM 2+424	12.00%	2.305X10 ⁵	20.50cm

Nota. Elaboración propia**4.3.6. Resumen del diseño del pavimento de afirmado.**

Se concluye que según el tipo de tráfico y valor de capacidad soporte de suelo de subrasante evaluados con las metodologías más usadas de diseño, USACE y NAASRA, se adoptan los siguientes espesores del pavimento

Tabla 12*Resumen de resultados de espesor de pavimento*

Tramo	USACE	NAASRA	Espesor Seleccionado
KM0+00 – KM 2+424	19.30cm	20.50cm	30.00cm

Nota. Elaboración propia**Consideraciones para la estructuración de la capa de pavimento**

Según las pruebas de laboratorio, el pavimento granular existente tiene buenas propiedades mecánicas y se utilizará como estructura de pavimento en el tramo analizado de la carretera investigada. En este sentido, debido a sus buenas propiedades físicas y mecánicas, el material existente se utilizará como insumo para la nueva estructura. Por tanto, la estructuración del pavimento a colocar sería la siguiente:

Tabla 13*Estructura del pavimento*

Tramo	Espesor de pavimento	Espesor de afirmado	Capa de mejoramiento
KM0+00 – KM 2+424	30.00cm	30.00cm	10.00cm

Nota. Elaboración propia

Estructura del pavimento

En el tramo comprendido, KM 0+000.00 al KM 2+424.00, se considera un espesor de 30.00 cm de pavimento afirmado. En este sector se tiene una capa de material granular de rodadura la cual no presenta buenas características, por lo que se considera realizar un mejoramiento de esta capa para obtener una capa de 0.10 m., de material granular- Over de buenas características que servirá de mejoramiento y levantar el nivel de rasante actual, para lo cual se tendrá que adicionar sobre (total 10.0 cm), la cual deberá mezclarse, conformarse y compactarse. La compactación deberá alcanzar el 100% de la MDS del proctor modificado. Asimismo, sobre la capa mejorada se situará una capa de material de afirmado de cantera de 0.30 m de espesor.

V. DISCUSIÓN

A partir del análisis de las condiciones específicas existentes en la localidad, se elaboró el diseño de una carretera que cumple con la normativa peruana vigente y resuelve los problemas viales existentes, teniendo en cuenta que el número máximo de vehículos que transitan por día es de 60, que la geometría corresponde a una carretera de tercera clase según la norma DG-2018 y que, al estar construida en terreno plano, se puede asumir una velocidad de 40 km/h, con un espesor de 30 cm, lo que permite definir otros parámetros geométricos.

En concordancia, Bernuy y Domínguez (2021), en cuanto a la geometría de la carretera, desarrollaron un diseño geométrico y estructural de la misma y básicamente se encontró que la carretera está en una superficie plana y soporta 92 vehículos por día (IMDa), por lo que se diseña como una carretera de categoría 3 con una velocidad de diseño de 40 km/h, por lo que podrían establecerse otros parámetros como: ancho 6.60 m, bordillo 1,20 m, curvatura máxima 8%, amortiguación 2,5% y curvatura mínima 2%; radio mínimo 50 m, distancia de visión para parar 43 - 53 m; pendiente máxima 8% y mínima 0,5%, teniendo en cuenta, entre otros, los aparcamientos de 3,0 m x 30,0 m en zona urbana y las intersecciones con otras carreteras.

Por otra parte, se obtuvo una distribución basada en el diseño del suelo: subbase granular de 20 cm (8"), subbase granular de 15 cm (6") y un espesor medio del pavimento asfáltico de 1,20 cm (slurry seal). En el mismo orden de ideas, Moyano (2020), en función de las observaciones de campo y del perfil estratigráfico, la SUCS las cuales identificaron el mismo tipo de suelo (GM) en todas las zonas estudiadas, concluye que no son necesarias parcelas homogéneas para el diseño de las carreteras en las zonas de estudio, ya que se utiliza el mismo tipo de suelo y características geotécnicas similares en toda la zona de estudio.

Las limitaciones identificadas en el área de levantamiento topográfico para el proyecto se refieren principalmente a la dificultad de acceso al área de levantamiento, así como a problemas de seguridad relacionados con el transporte y uso de equipos

de levantamiento, herramientas de topografía, etc. y otras dificultades logísticas con intervenciones menores, se realizó el mapeo de monumentos y la georreferenciación de 02 puntos de control conectados a la red de levantamiento geodésico permanente del IGN Piura (PI 01), se llevó a cabo la localización de los monumentos y la recopilación de datos de BMs, el levantamiento topográfico se llevó a cabo con una estación total utilizando el método de radiación en una franja de 20 m en los lados izquierdo y derecho y se prepararon planos topográficos con curvas de nivel a 1 metro.

A diferencia de Panesco (2019), que, como intención de diseño de una vía flexible en un tramo de carretera ubicado en Ecuador, la topografía se realizó de 0.000 a 1000 de abscisas y se encuentra en terreno natural con una pendiente del 2%, mientras que de 1000 a 1700 de abscisas se crean curvas y pendientes con erosión severa, con una peligrosa pendiente del 7% en el tramo final.

En el mismo orden de ideas, Mendoza y Tenazoa (2021), trazaron una línea abierta con un teodolito de precisión de 20 pulgadas para determinar la intersección de las trayectorias horizontales y verticales (PI), y a continuación trazaron una curva horizontal de la línea central de la trayectoria original y una curva vertical de cresta con corchetes para cumplir con las medidas exigidas por la norma. Para obtener una configuración de campo con franjas de al menos 50 m de longitud, colocaron los ejes en el campo a intervalos de 20 m en los planos tangentes y a intervalos de 10 m en las curvas horizontales de radio superior a 100 m.

Al estudiar las propiedades físicas y mecánicas del material proveniente de la cantera “Zapata” por medio de prospecciones del material acumulado en la cantera, con la finalidad de conocer el perfil estratigráfico del terreno de fundación y sus características físico mecánicas, se obtuvo en concordancia con el estudio de Ramírez (2018), el cual se basó en el sistema de clasificación SUCS para calcular el valor CBR de diseño, el cual se basa en la norma del Instituto del Asfalto, el cual recomienda un valor CBR tal que el 60, 75 u 87,5% de los valores individuales sean superiores o equivalentes al valor a determinar, los valores CBR del suelo indicaron que la capacidad portante del suelo es aceptable debido a que presentan buenas

características físico mecánicas, por lo que no es necesario realizar ninguna mejora.

En contraste Panesco (2019), al realizar el estudio de suelos basándose en la norma ecuatoriana NEVI 2012, obtiene una clasificación arena fina y limo con mica limo flexible, con un CBR de 1.85 a 3.00%, evidenciando así la necesidad de mejorar la capacidad portante del suelo debido a que según los resultados del laboratorio de suelos muestran que estos suelos permisivos no son aptos para estructuras de pavimento, los estudios de mecánica de suelos revelaron la presencia de suelos CL y CH en la zona del proyecto, lo que indica la presencia de arcillas minerales de plasticidad media a alta. y arcillas inorgánicas de plasticidad alta, y el cálculo del CBR permitió trazar el espesor de la capa.

Moyano (2020), aplicando el Método USACE obtiene como resultado un espesor de revestimiento de 5,87 cm utilizando la fórmula empírica del USACE y un espesor de revestimiento de 5,8 cm utilizando el gráfico del índice de cálculo. Sin embargo, el método USACE especifica un espesor mínimo de 10 cm, por lo que eligió un espesor de 12 cm para el diseño de este proyecto porque es el método más apropiado para mejorar el flujo de tráfico en la zona de Huaycan T.

Sin embargo, a pesar de obtener resultados similares dentro de los estándares de la norma, estos resultados contrastan con los obtenidos en este estudio los cuales sugieren que utilizando tanto la metodología USACE, como la metodología NAASRA estos son acordes para poder fijar el espesor de afirmado mejorando la transitabilidad vehicular.

En cuanto al estudio de tráfico, este realizó el conteo vehicular, teniendo en cuenta que el número máximo de vehículos que transitan por día es de 60 vehículos/día, la proyección del tráfico se realizó en un periodo de 10 años considerando una tasa correspondiente al aumento poblacional de 1.83%, a diferencia de Ramírez (2018), quien trabajó con un número de vehículos IMD por día de 16 vehículos/día considerando camiones de carga, camiones simples de doble eje, entre otros, posteriormente, constató que la razón del valor IMD bajo era principalmente el

estado de la vía, no obstante, la proyección de tránsito para la elaboración del diseño geométrico fue de 10 años, obteniendo así un factor EE de 3.477.

VI. CONCLUSIONES

El levantamiento topográfico se realizó con técnicas adecuadas al tipo de proyecto y se encontró que la carretera se construyó en una zona rural del condado de Bernal en un terreno plano con pendientes transversales, con una longitud de 3.424 km. Las coordenadas geográficas de los puntos de inicio y final son E 5539684.291, N 9395475.018 y E 528662.515, N 9396756.750 respectivamente. La nivelación se realizó en círculos cerrados, de partida y vuelta, a intervalos de 500 m, con una exactitud de 0,012 m/K, donde K se expresa en kilómetros. La cartografía topográfica se realizó mediante un levantamiento de polígono abierto, que se complementó con mediciones de radios en cada punto de cambio que cubría la zona de alineación geométrica del proyecto.

Se perforaron cinco (5) calicatas de prueba con un diámetro de 1,0 m y una profundidad de 1,50 m, con un espaciamiento promedio de 500 m, y se tomaron muestras para pruebas de laboratorio de cada capa. Seguidamente, se comprobó que, según el sistema de clasificación SUCS, prevalecen dos tipos de suelos SM, con valores de Contenido de humedad que oscilan entre el 5,77% y el 19,05%, con un valor promedio CBR de 12.09 lo que supone una capacidad portante de buena a muy buena como sustrato y, por tanto, no se requiere ninguna mejora. Además, no se detectaron aguas subterráneas en ninguna de las fosas de ensayo. Además, fue identificada la cantera "Zapata", ubicada a 9 km del proyecto, su material posee un CBR de 87,00% a una cohesión seca alta de 100%.

Finalmente, para la determinación de la geometría de la vía, se desarrolló el D.G. y estructural de la misma, básicamente, se recibió la información de que la carretera se encuentra ubicada en una zona plana y tolera un volumen vehicular (IMDa) de 60 vehículos/día, por lo que fue diseñada una carretera de tercera categoría, prevista para un periodo de 10 años, considerando una velocidad de diseño: 40 km/h, para determinar los siguientes parámetros, se obtuvo un espesor de pavimento de 30,00 cm, un espesor de afirmado de 30,00 cm y una capa de mejora de 10,00 cm.

VII. RECOMENDACIONES

Las diferentes condiciones topográficas del territorio nacional y las especificidades de cada proyecto obligan a tratar cada objetivo con especial cuidado para conseguir los mejores resultados y cumplir los objetivos principales del proyecto.

En caso de que se originen situaciones imprevistas, deberán tomarse las medidas adecuadas para evitar trastornos y molestias a la población local.

La construcción de la carretera prevista es una importante vía de comunicación en la zona. La empresa responsable debe asegurarse de que se siguen las medidas que se recomiendan durante las diferentes fases del proyecto.

REFERENCIAS

- Arias, J., & Covinos, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación* (E. C. EIRL (ed.); Primera Ed). Enfoques Consulting EIRL.
- Assogba, O. C., Tan, Y., Dong, W., Lv, H., & Anato, N. J. (2022). Field evaluation and statistical analysis of the dynamic response of semi-rigid pavement under full-scale moving truck load. *Road Materials and Pavement Design*, 23(11), 2622–2650. <https://doi.org/10.1080/14680629.2021.1987304>
- Bernuy, F., & Domínguez, R. (2021). *Diseño de carretera a nivel de afirmado en el tramo Quirihuac – Santo Domingo Distrito Laredo, Trujillo, La Libertad 2019 [Tesis de pregrado]* [Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/66982/Bernuy_GF-DE-Dominguez_JRE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Blaauw, S. A., Maina, J. W., Mturi, G. A. J., & Visser, A. T. (2022). Flexible pavement performance and life cycle assessment incorporating climate change impacts. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 104, 103203. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103203>
- Bueno, L. D., Schuster, S. L., Specht, L. P., Pereira, D. da S., Nascimento, L. A. H. do, Kim, Y. R., & Brenner, M. G. B. (2022). Asphalt pavement design optimisation: a case study using viscoelastic continuum damage theory. *International Journal of Pavement Engineering*, 23(4), 1070–1082. <https://doi.org/10.1080/10298436.2020.1788030>
- Carrasco, S. (2019). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA. Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación* (E. S. M. E. I. R. LTDA (ed.)). EDITORIAL SAN MARCOS E I R LTDA.
- Castillo, J., & Vera, E. (2018). *Diseño de la carretera a nivel de afirmado del tramo Huapsha-Ñamin-Puyan, distrito de Bambamarca, provincia de Bolívar, región la Libertad [Tesis de pregrado]* [Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/20607/Castillo_ZJL-Vera_LEA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Castillo Ynga, J. N. (2018). *Diseño del pavimento para el mejoramiento de la*

- transitabilidad vial entre los jirones Helmes y Ortiz- Los Olivos, 2018.* Universidad César Vallejo.
- Chirinos, E., Rodríguez, E., & Muñoz, S. (2021). Métodos de estabilización de suelos arcillosos para mejorar el CBR con fines de pavimentación: una revisión literaria. *Suelos Ecuatoriales*, 51. [https://doi.org/10.47864/SE\(51\)2021p77-92_129](https://doi.org/10.47864/SE(51)2021p77-92_129)
- Chompoorat, T., Likitlersuang, S., & Jongvivatsakul, P. (2018). The Performance of Controlled Low-strength Material Base Supporting a High-volume Asphalt Pavement. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(6), 2055–2063. <https://doi.org/10.1007/s12205-018-1527-z>
- Chong, D., Wang, Y., Dai, Z., Chen, X., Wang, D., & Oeser, M. (2018). Multiobjective optimization of asphalt pavement design and maintenance decisions based on sustainability principles and mechanistic-empirical pavement analysis. *International Journal of Sustainable Transportation*, 12(6), 461–472. <https://doi.org/10.1080/15568318.2017.1392657>
- Cicek, E. (2019). The effects of different types of fibres and geotextiles for pavement design. *Road Materials and Pavement Design*, 20(4), 793–814. <https://doi.org/10.1080/14680629.2017.1417890>
- de Lima, C. D. A., da Motta, L. M. G., Aragão, F. T. S., & Guimarães, A. C. R. (2020). Mechanical Characterization of Fine-Grained Lateritic Soils for Mechanistic-Empirical Flexible Pavement Design. *Journal of Testing and Evaluation*, 48(1), 20180890. <https://doi.org/10.1520/JTE20180890>
- Del Castillo, R. (2019). *Diseño del pavimento a nivel de afirmado del mejoramiento del camino vecinal San pablo – sector Peña Negra, km 0+000 – km 4+620, L= 4.62 km, distrito san Pablo, provincia de Bellavista-San Martín [Tesis de pregrado]* [Universidad Nacional de San Martín]. <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3246/CIVIL - Ronald Del Castillo Franco .pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz, R., & Cardozo, M. (2018). *Diseño de pavimento a nivel de afirmado del camino vecinal SM-533 EMP.PE5N (Puente Tonchima)-EMP-SM-504 (Sector Shica) L=9+530 km, en los distritos de Habana y Calzada provincia de Moyobamba, región San Martín [Tesis de pregrado]* [Universidad Nacional de San Martín-

- Tarapoto]. [https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2952/CIVIL - Ricardo Ramiro Díaz Córdova %26 Maymiguen Cardozo Huanci.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2952/CIVIL_Ricardo_Ramiro_D%C3%ADaz_C%C3%B3rdova_%26_Maymiguen_Cardoza_Huanci.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- El-Ashwah, A. S., El-Badawy, S. M., & Gabr, A. R. (2021). A Simplified Mechanistic-Empirical Flexible Pavement Design Method for Moderate to Hot Climate Regions. *Sustainability*, 13(19), 10760. <https://doi.org/10.3390/su131910760>
- Escudero, C., & Cortez, L. (2018). *técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica* (UTMACH (ed.)). UTMACH.
- Galvez Vargas, J. M. (2022). *Propuesta de diseño de pavimento con metodo aastho 93 en av. Las casuarinas*. Universidad Nacional de Piura.
- Goenaga, B., Fuentes, L., & Mora, O. (2019). A Practical Approach to Incorporate Roughness-Induced Dynamic Loads in Pavement Design and Performance Prediction. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44(5), 4339–4348. <https://doi.org/10.1007/s13369-018-3414-9>
- Haro, M. (2018). *Diseño del mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado, tramo intersección carretera Calorco-Ingacorral-Sector el Capuli, distrito de Cachicadan, provincia de Santiago de Chuco, La Libertad [Tesis de pregrado]* [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22969>
- Hashim, T. M., Al-Mulali, M. Z., Al-Khafaji, F. F., Alwash, A. A. A., & Ali, Y. A. (2022). An experimental comparison between different types of surface patterns of permeable interlocking concrete pavement for roadway subsurface drainage. *Case Studies in Construction Materials*, 17, e01227. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01227>
- Heinimann, H. R. (2021). Pavement Engineering for Forest Roads. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 42(1), 91–106. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2021.860>
- Herbas, B., & Rocha, E. (2018). Metodología científica para la realización de investigaciones de mercado e investigaciones sociales cuantitativas. *Perspectivas*, 1(45), 123–160.
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (Editorial & M. G. H. Education (eds.)). Editorial Education, Mc Graw Hill.

- Horton, M., Mazurowski, P., & Oliver, T. (2019). *Incorporation of the Influence of Hexagonal Stabilisation Geogrids into Mechanistic-Empirical Pavement Design Method* (pp. 165–179). https://doi.org/10.1007/978-981-13-6713-7_14
- Huaraca, G. (2021). *Efecto del sistema Consolid en el CBR y la ascención capilar del material para base de pavimento de la cantera de totora, Cusco, 2020*. Universidad César Vallejo.
- Jamshidi, A., & White, G. (2019). Evaluation of Performance and Challenges of Use of Waste Materials in Pavement Construction: A Critical Review. *Applied Sciences*, 10(1), 226. <https://doi.org/10.3390/app10010226>
- Jaroslav, H., Lenka, Š., Radek, M., & Petr, Z. (2018). Optimization of low volume road pavement design and construction. *Journal of Forest Science*, 64(No. 2), 74–85. <https://doi.org/10.17221/109/2017-JFS>
- Kamal, I., & Bas, Y. (2021). Materials and technologies in road pavements - an overview. *Materials Today: Proceedings*, 42.
- Kenney, M., Orozco, E., & Campos, S. (2021). *Determinación de los factores equivalentes de carga y cálculo de los ejes equivalentes de carga (Esal's) de la carretera León-Poneloya*. Universidad Nacional de ingeniería.
- Lima, M., & Lupaca, F. (2021). *Establecer el CBR en la subrasante de la carretera afirmada Mullupujio-Surpaylla usando pavimento rígido reciclado y graduado – Puno 2021*. Universidad César Vallejo.
- Liu, X., Cui, Q., & Schwartz, C. W. (2018). Introduction of mechanistic-empirical pavement design into pavement carbon footprint analysis. *International Journal of Pavement Engineering*, 19(9), 763–771. <https://doi.org/10.1080/10298436.2016.1205748>
- Marcillo, W. (2022). *Diseño estructural del pavimento flexible de la calle teniente Hugo Ortiz del Cantón de Portoviejo [Tesis de pregrado]* [Universidad Estatal Del Sur de Manabí]. http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/4310/1/MARCILLO_SORNOZA_WENDY_ELIZABETH.pdf
- Mendoza, E., & Tenazoa, R. (2021). *Diseño de pavimento a nivel de afirmado del camino vecinal tramo: Shamboyacu-Chovaico-Nuevo Amazonas-Lejía; Picota-San Martín [Tesis de pregrado]* [Universidad Científica del Perú].

- [http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1948/MENDOZA CHUQUE EVA IRIS Y TENAZOA PEZO RODIL - TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1948/MENDOZA_CHUQUE_EVA_IRIS_Y_TENAZOA_PEZO_RODIL_-_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
Ministerio de transporte y comunicaciones. (2022). *Índice medio diario anual*.
- Moyano, K. (2020). *Diseño de pavimento afirmado por el método USACE para optimizar la transitabilidad vehicular en la Zona T A.H. Huaycán-Ate-Lima 2020*. Universidad César Vallejo.
- Moyano, Kiara. (2020). *Diseño de pavimento afirmado por el método USACE para optimizar la transitabilidad vehicular en la Zona T A.H. Huaycán-Ate-Lima 2020 [Tesis de pregrado]* [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58110>
- Oreto, C., Veropalumbo, R., Viscione, N., Biancardo, S. A., & Russo, F. (2021). Investigating the environmental impacts and engineering performance of road asphalt pavement mixtures made up of jet grouting waste and reclaimed asphalt pavement. *Environmental Research*, 198, 111277. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111277>
- Paneso, G. (2019). *Diseño estructural de pavimento flexible de la vía Virgilio Ratti, Atahualpa de la ciudad de Bahía de Caraquez [Tesis de pregrado]* [Universidad Estatal del Sur de Manabí]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1696>
- Pantuso, A., Loprencipe, G., Bonin, G., & Teltayev, B. B. (2019). Analysis of Pavement Condition Survey Data for Effective Implementation of a Network Level Pavement Management Program for Kazakhstan. *Sustainability*, 11(3), 901. <https://doi.org/10.3390/su11030901>
- Peng, B., Han, S., Han, X., & Zhang, H. (2022). Laboratory and field evaluation of noise characteristics of porous asphalt pavement. *International Journal of Pavement Engineering*, 23(10), 3357–3370. <https://doi.org/10.1080/10298436.2021.1893319>
- Plati, C., & Cliatt, B. (2018). A Sustainability Perspective for Unbound Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) as a Pavement Base Material. *Sustainability*, 11(1), 78. <https://doi.org/10.3390/su11010078>
- Pospelov, P., Korochkin, A., & Evtyukov, S. (2021). Pavement design and construction in the Arctic climate. *Transportation Research Procedia*, 57, 489–494.

<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.076>

- Ramírez, D. (2018a). *Diseño del pavimento a nivel de afirmado del mejoramiento del camino vecinal San Pablo – José Pardo Km 0+000 – Km 15+213, L=15.213 km, Distrito San Pablo, Provincia Bellavista - San Martín [Tesis de pregrado]* [Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto]. [https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3214/CIVIL - Diego Ramirez Arévalo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3214/CIVIL_Diego_Ramirez_Arvalo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ramírez, D. (2018b). *Diseño del pavimento a nivel de afirmado del mejoramiento del camino vecinal San Pablo – José Pardo Km 0+000 – Km 15+213, L=15.213 km, Distrito San Pablo, Provincia Bellavista - San Martín [Tesis de pregrado]*. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.
- Riveros, L., & Gaitán, J. (2019). *Determinar el deterioro del pavimento flexible mediante metodología de auscultación vizir y PCI con relación al cbr y la estructura de pavimento*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Salvador, N. (2021). *Propuesta de diseño de pavimento a nivel de afirmado para la vía vecinal LO 549: Shucushyacu-Lago Cuipari-Libertad de Cuiparillo-Gloria, distrito teniente César López Rojas, provincia de alto. Amazonas-Perú, 2021 [Tesis de pregrado]* [Universidad Científica del Perú]. [http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1489/NERVIN NANCY SALVADOR HUAMAN - TSP.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1489/NERVIN_NANCY_SALVADOR_HUAMAN_TSP.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sánchez Flores, F. A. (2019). Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos. *Revista Digital de Investigación En Docencia Universitaria*, 101–122. <https://doi.org/10.19083/ridu.2019.644>
- Sánchez, L. (2018). *Determinación de los factores de equivalencia vehicular en las principales carreteras rurales de dos carriles que acceden a la ciudad de Santa Clara*. Universidad Central Marta Abreu de las Villas.
- Sedivy, S., Mikulova, L., Danisovic, P., Sramek, J., Remek, L., & Kozel, M. (2021). Long-Term Monitored Road Degradation Functions as a Tool to Increase Quality of Pavement Design. *Applied Sciences*, 11(21), 9839. <https://doi.org/10.3390/app11219839>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2022).

Condiciones meteorológicas de Sechura, Piura.
<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=piura&p=estaciones>

- Tefa, L., Bianco, I., Blengini, G. A., & Bassani, M. (2022). Integrated and comparative Structural-LCA analysis of unbound and cement-stabilized construction and demolition waste aggregate for subbase road pavement layers formation. *Journal of Cleaner Production*, 352, 131599. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131599>
- Turkane, S. D., & Chouksey, S. K. (2022). Design of low volume road pavement of stabilized low plastic soil using fly ash geopolymer. *Materials Today: Proceedings*, 65, 1154–1160. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.167>
- Vásquez-Varela, L. R., & García-Orozco, F. J. (2020). An overview of asphalt pavement design for streets and roads. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20200367>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

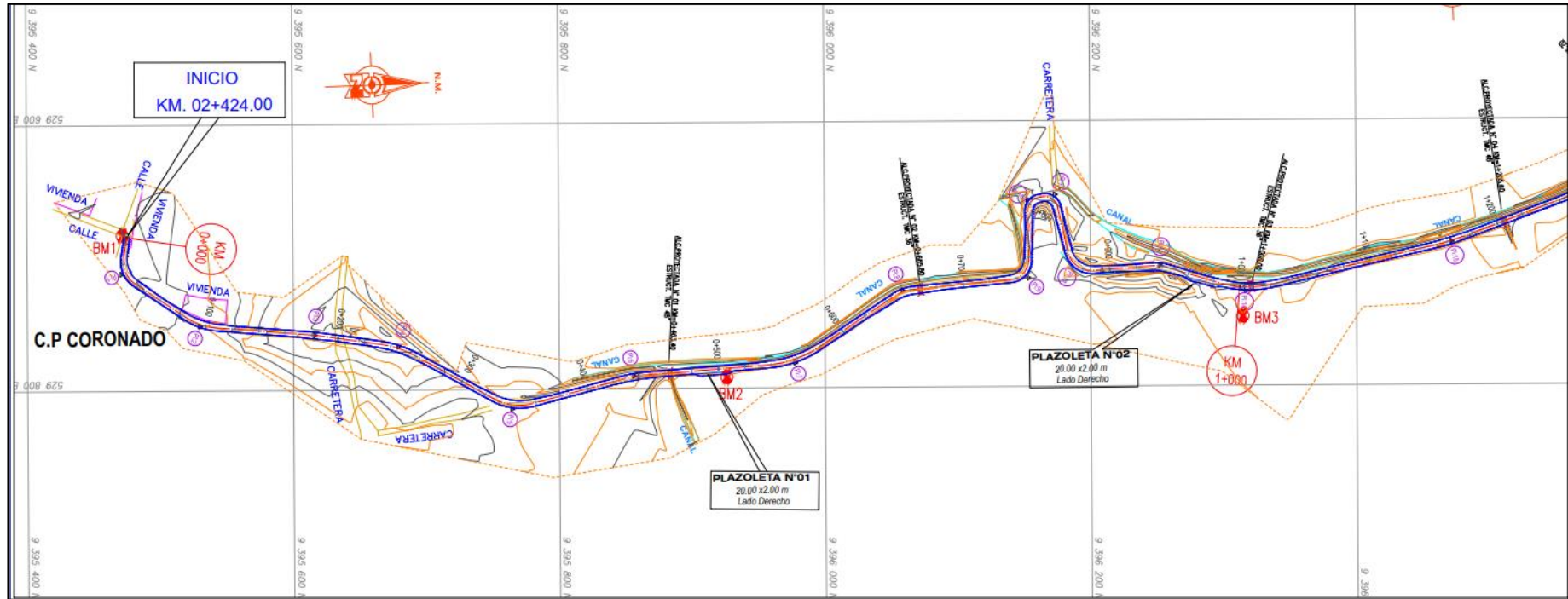
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Metodología	
¿Qué características deberá tener el diseño a nivel afirmado utilizando las metodologías USACE y NAASRA en la carretera tramo cementerio Bernal - Coronado, distrito de Bernal?	Realizar el Diseño De Pavimento A Nivel De Afirmado utilizando las metodologías USACE y NAASRA en la carretera del tramo cementerio Bernal – Coronado.	El diseño geométrico de la carretera tramo cementerio Bernal - Coronado, estará en concordancia a las exigencias plasmadas en el Manual de MTC-DG 2018, logrando una vía eficiente con una mejor transitabilidad	V: Diseño de pavimento a nivel de afirmado	Enfoque:	Cuantitativa
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		Nivel	descriptivo
a) ¿Cómo es el estudio topográfico de la zona de la carretera?	a) Realizar un estudio topográfico de la zona de la carretera.	a) El estudio topográfico de la zona de la carretera permitirá conocer las características de la ubicación.		Diseño	No experimental
b) ¿Cómo serían los estudios de mecánica de suelos para determinar las propiedades físicas, mecánicas, químicas?	b) Realizar los estudios de mecánica de suelos para determinar las propiedades físicas, mecánicas, químicas.	b) Los de mecánica de suelos permitirán determinar las propiedades físicas, mecánicas, químicas.		De acuerdo a la temporalidad	Transversal
c) ¿Cuál será el diseño geométrico de la carretera de acuerdo con las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones?	c) Desarrollar el diseño geométrico de la carretera de acuerdo con las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.	c) El diseño geométrico de la carretera de acuerdo con las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones arrojará los parámetros necesarios para mejorar las condiciones actuales del tramo de estudio.		Población:	Todas las carreteras en el distrito de Bernal, Provincia de Sechura, Departamento de Piura
				Muestra:	Carretera en el tramo km 00+000.00 – km 2+424.00 cementerio Bernal – Coronado en su totalidad
				Instrumentos:	Ficha de observación

Anexo 2. Ficha de Observación

	Ficha de recolección de datos		fecha:	
			nro. doc.	
			Elaborado por	
Lugar	Campo	Laboratorio	Otro	
Técnica/ Ensayo empleado				
Fuente empleada				
Tipo de dato	teórico	técnico	complementario	otro
DATOS OBTENIDOS				
OBSERVACIONES:				

Anexo 3. Planta y Perfil longitudinal

PL-01



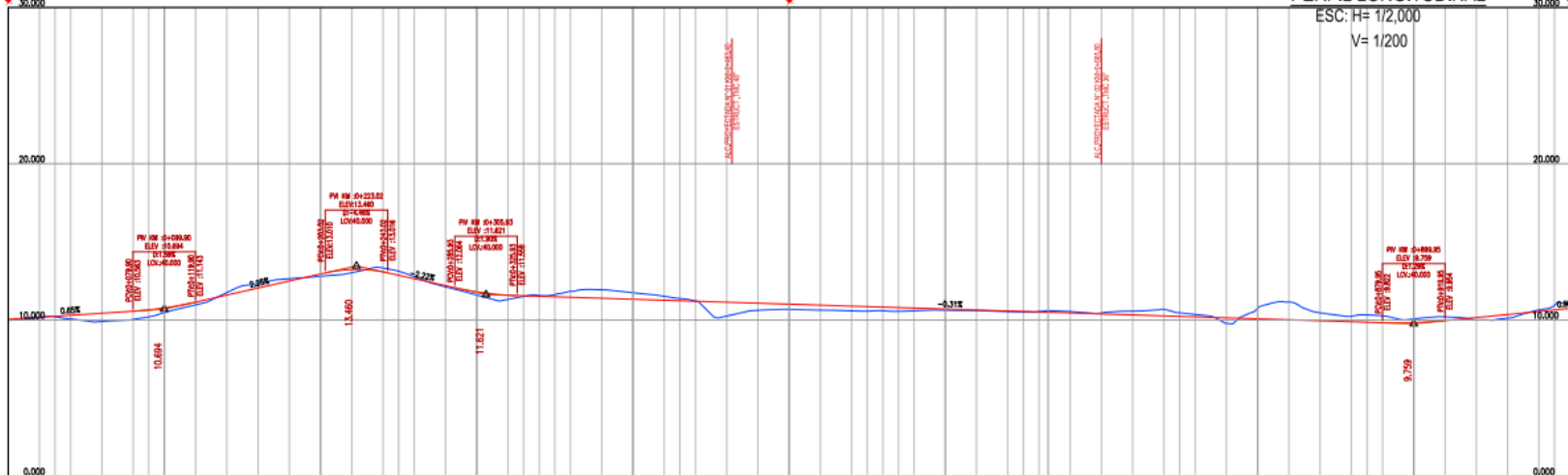
KM+004-Lado Derecho
Hilo concreto y Fierro Pintura Roja
BM1
Elevación
97.34

KM+054-Lado Derecho
Hilo concreto y Fierro Pintura Roja
BM2
Elevación
97.33

KM+104-Lado Derecho
Hilo concreto y Fierro Pintura Roja
BM3
Elevación
97.34

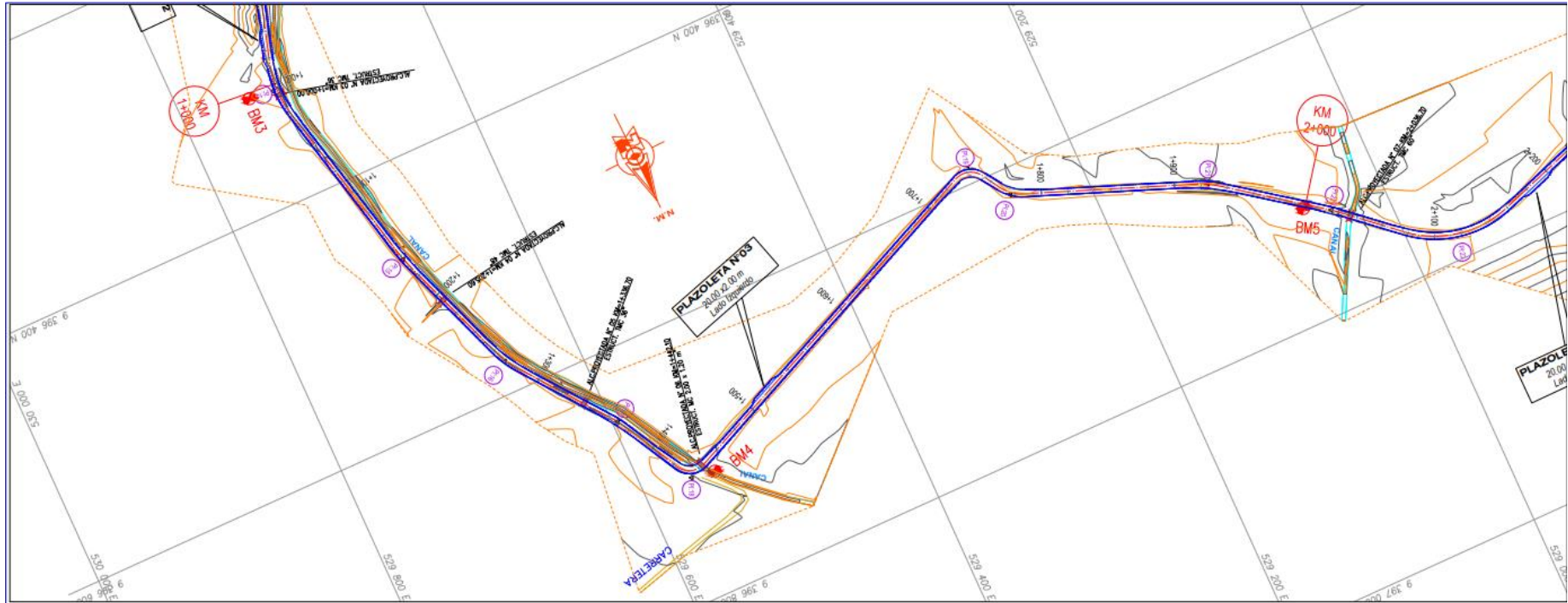
PERFIL LONGITUDINAL

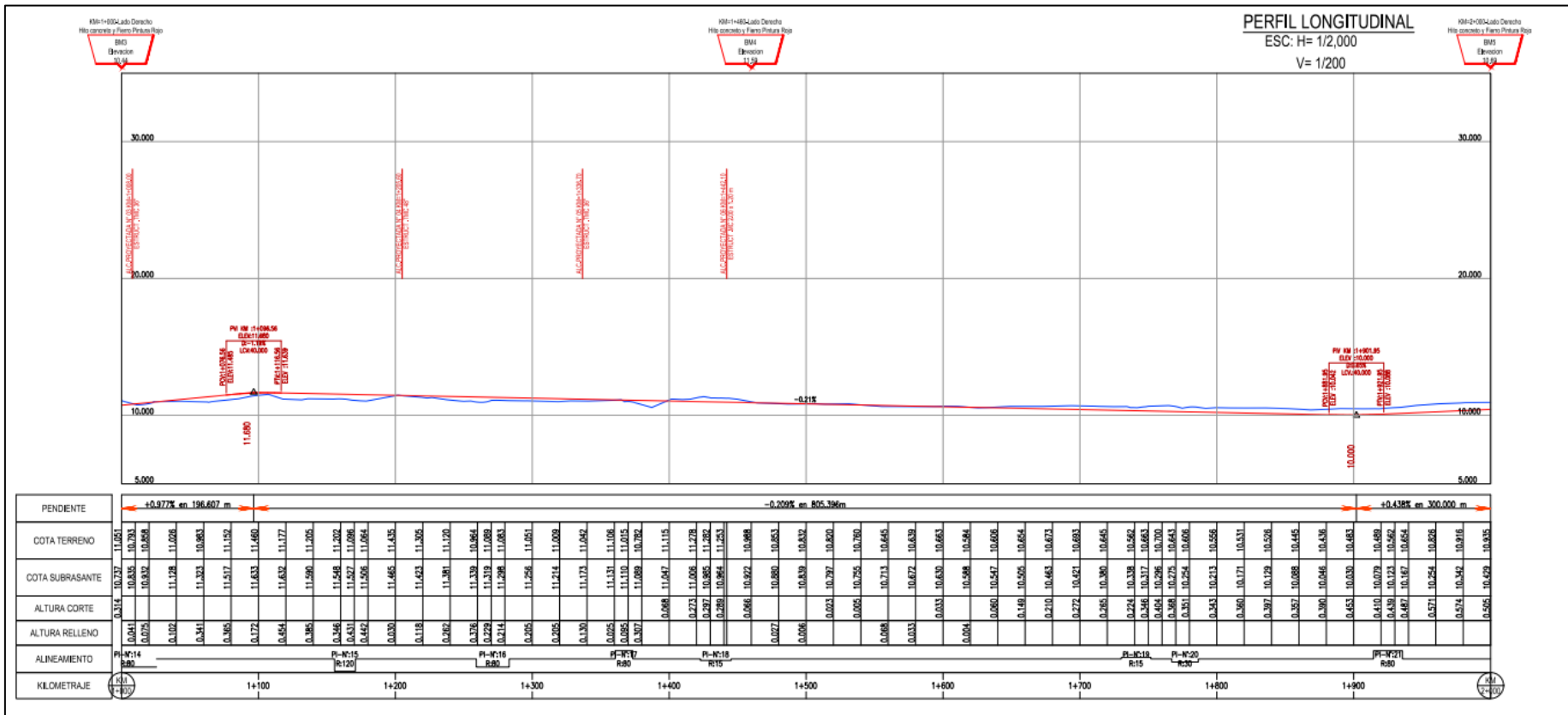
ESC: H= 1/2,000
V= 1/200



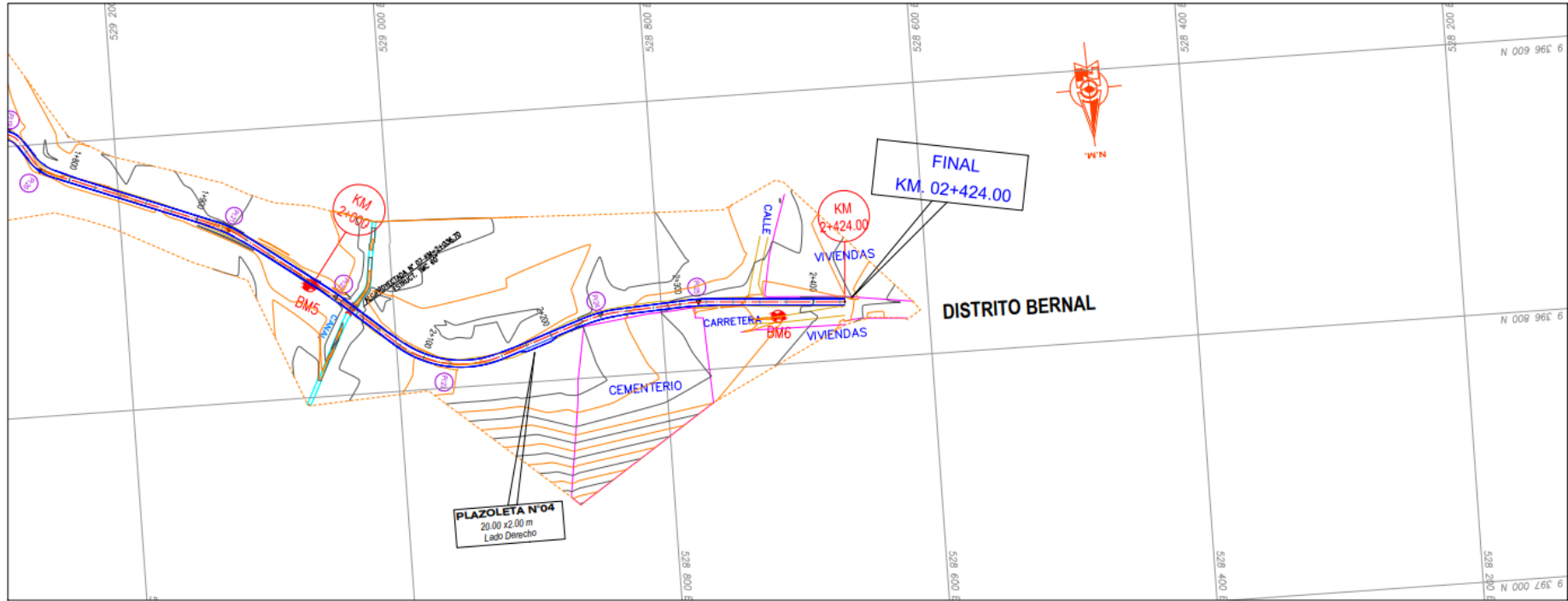
PENDIENTE	+0.65% en 99.902 m		+2.24% en 123.117 m		-2.21% en 82.913 m		-0.31% en 594.018 m		+0.97% en 196.607 m	
COTA TERRENO	9.977	10.039	10.170	10.143	10.236	10.201	10.301	10.062	9.800	10.000
COTA SUBRASANTE	10.035	10.236	10.301	10.062	10.532	10.632	10.563	10.030	10.193	10.649
ALTURA CORTE	0.062	0.027	0.035	0.039	0.332	0.432	0.499	0.270	0.193	0.649
ALTURA RELLENO										
ALINEAMIENTO	PI-N-1 R=0	PI-N-2 R=50	PI-N-3 R=100	PI-N-4 R=0	PI-N-5 R=40	PI-N-6 R=80	PI-N-7 R=80	PI-N-8 R=30	PI-N-9 R=15	PI-N-10 R=10
KILOMETRAJE	0+000	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700	0+800	0+900

PL- 02



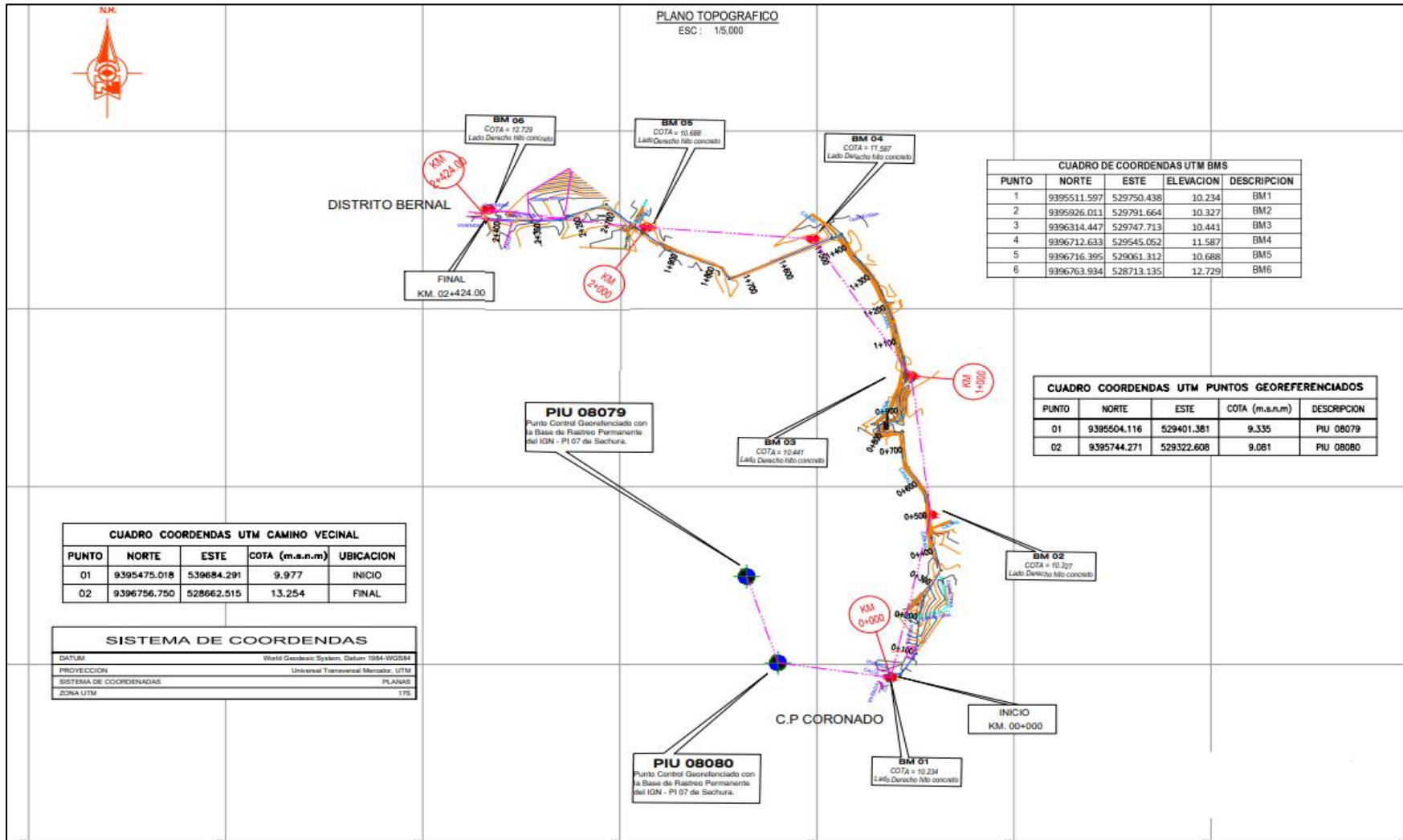


PL-03

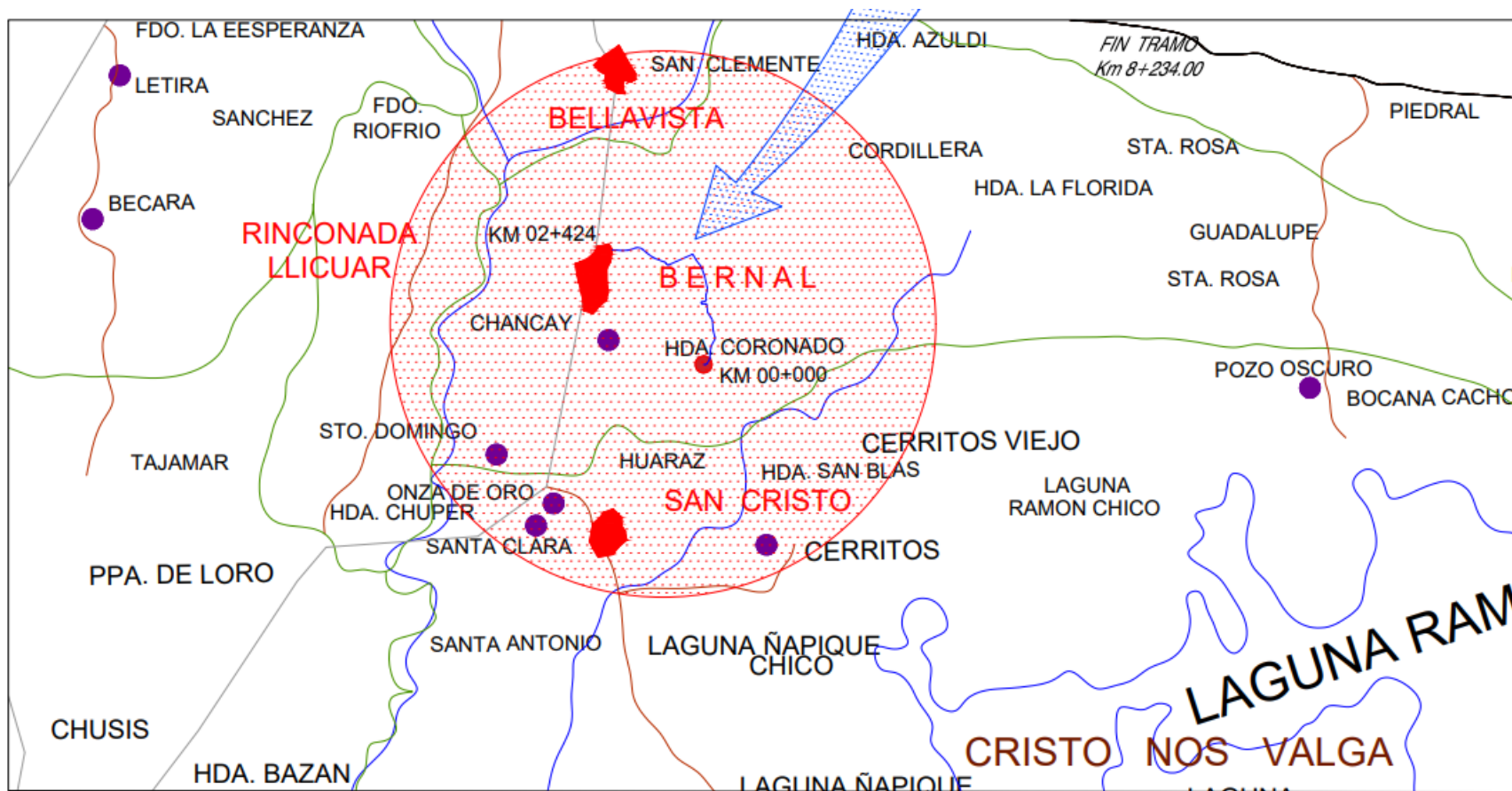


Anexo 4. Planos Varios

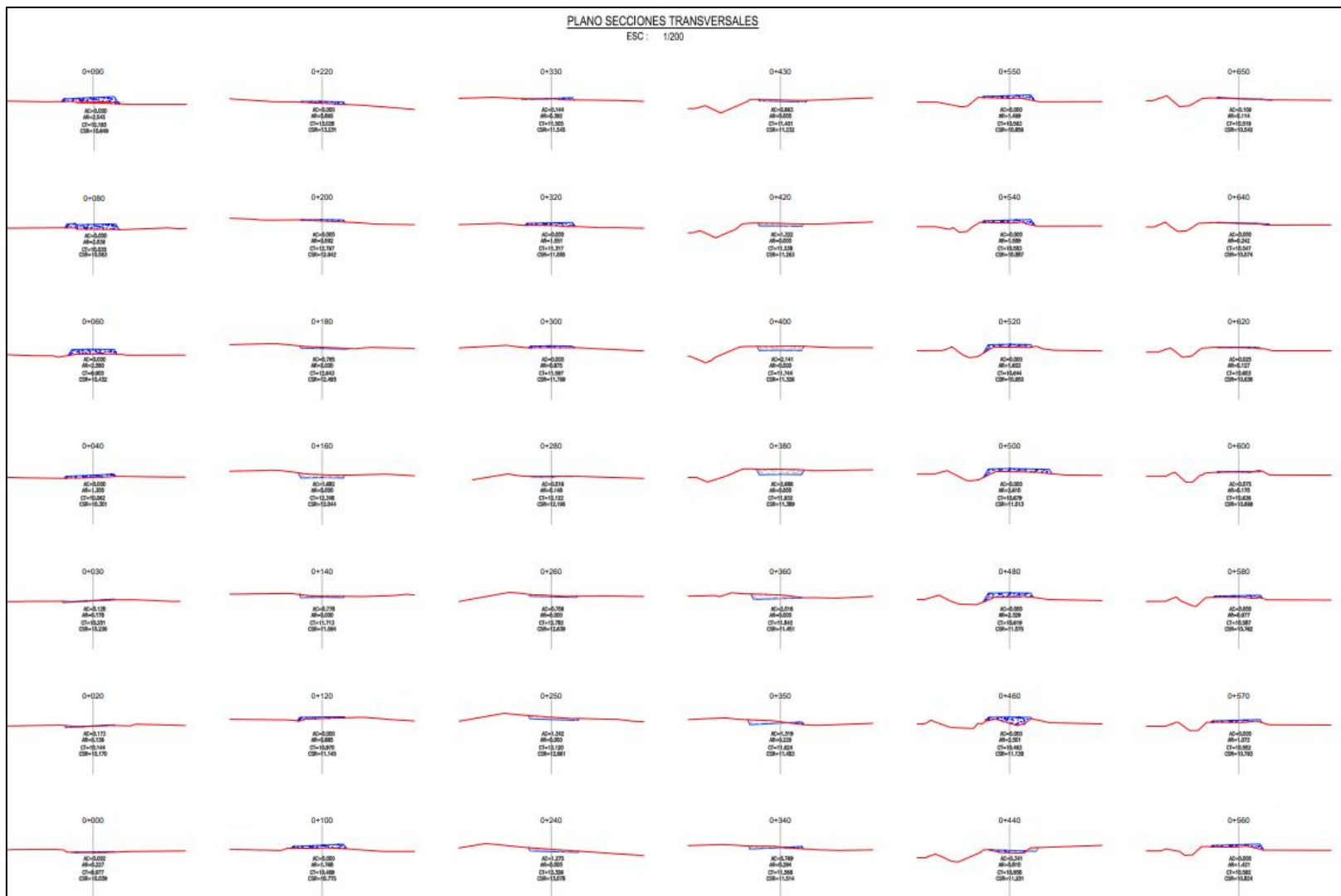
Plano Topográfico



Plano de Localización

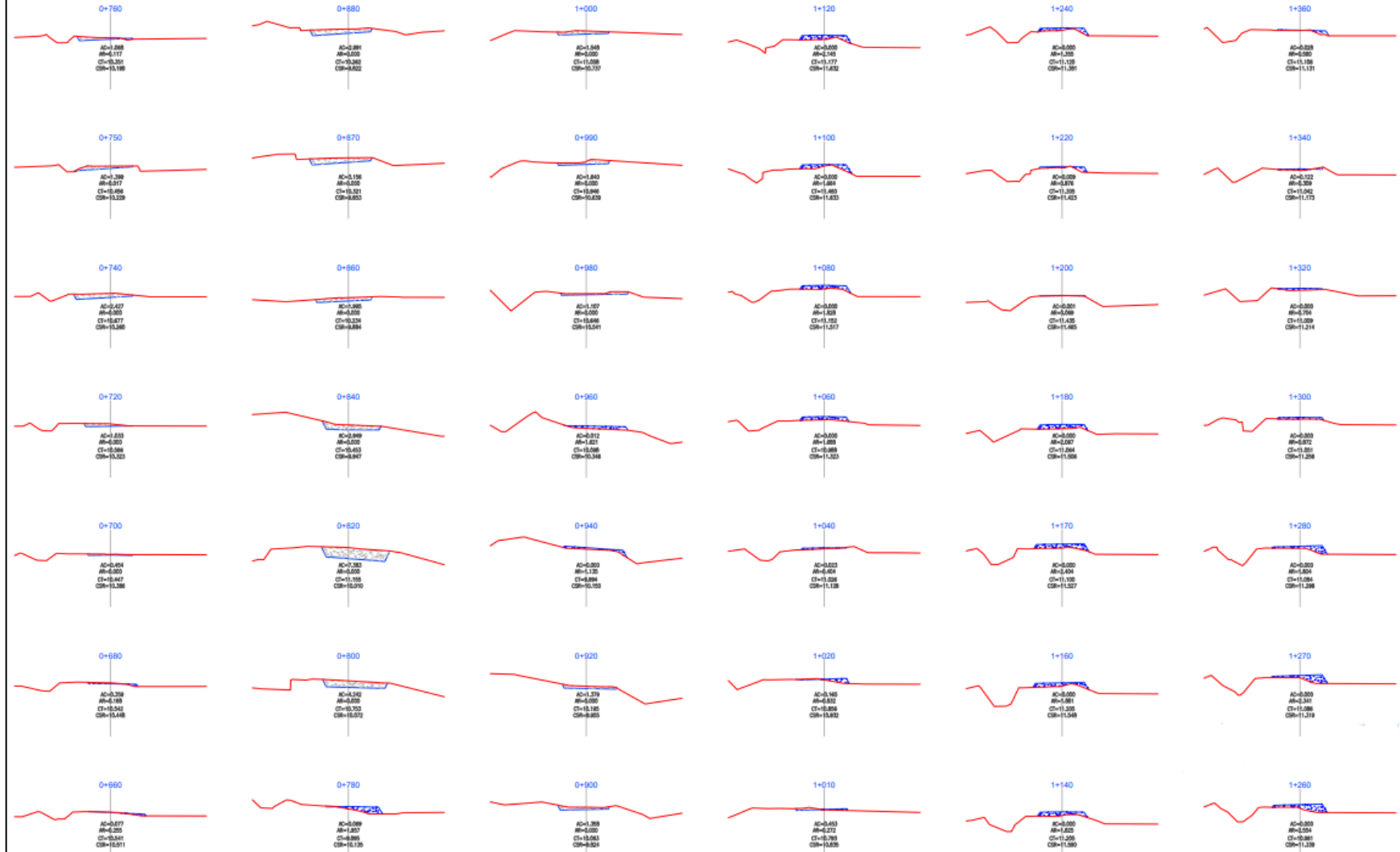


Plano de secciones transversales



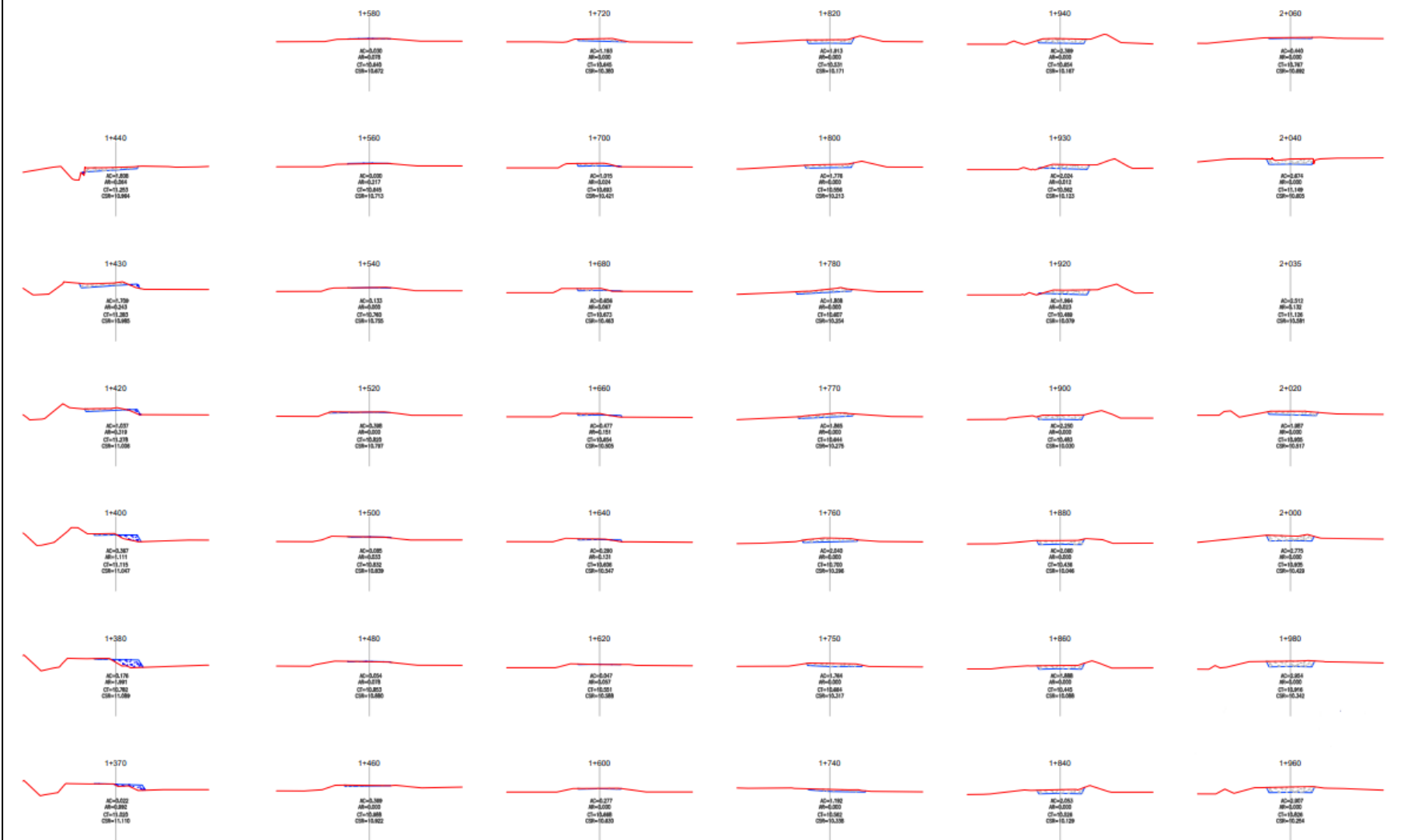
PLANO SECCIONES TRANSVERSALES

ESC: 1/200

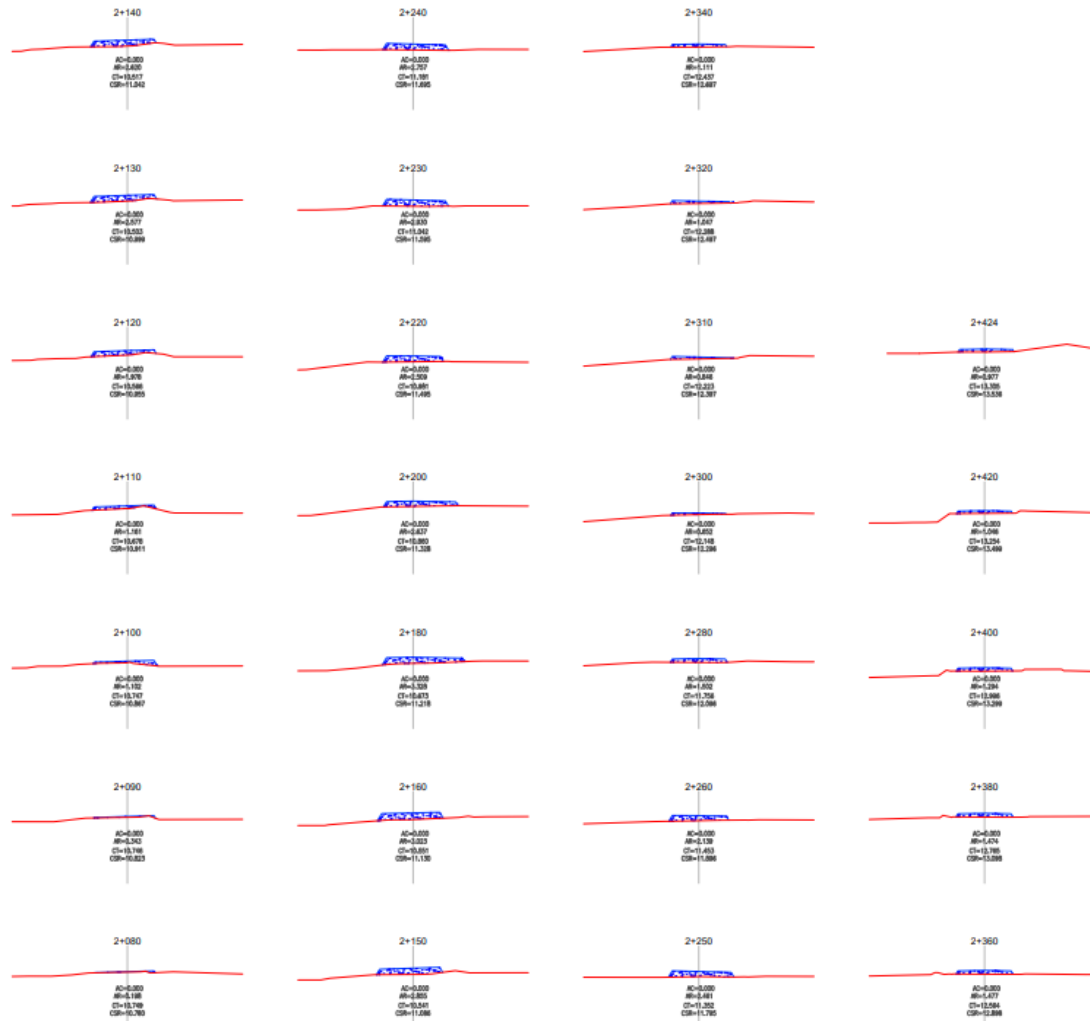


PLANO SECCIONES TRANSVERSALES

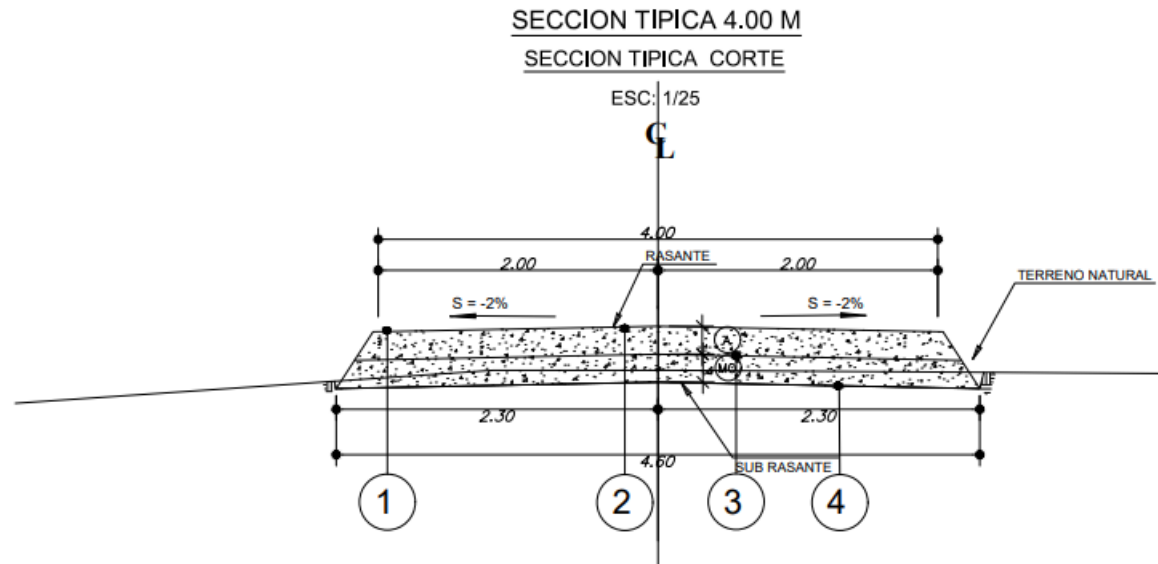
ESC: 1/200



PLANO SECCIONES TRANSVERSALES
 ESC: 1/200



Plano de sección típica



Anexo 5. Evidencia Fotográfica

Extracción Calicata 1



Extracción Calicata 2



Extracción Calicata 3



Extracción Calicata 4



Estudio: Diseño de Equipamiento a
nivel de arriero de la Concreta
en forma de concreto Espiral -
Comercial, en el Distrito de
Serral, Provincia de Cochabamba,
Departamento de Potosí, 2022
Calicata: C-04 Prof: 1.5 m.
Fecha: Octubre, 2022

Extracción Calicata 5



Estudio: Diseño de Equipamiento a
nivel de arriero de la Concreta
en forma de concreto Espiral -
Comercial, en el Distrito de
Serral, Provincia de Cochabamba,
Departamento de Potosí, 2022
Calicata: C-05 Prof: 1.5 m.
Fecha: Octubre, 2022

Anexo 6. Resultados de Laboratorio

Resultados - Ensayo granulométrico y Limites de Consistencia - Calicata 1

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D 6913

SOLICITANTE							
PROYECTO						"MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL DEL TRAMO CORONADO - BERNAL, DISTRITO DE BERNAL, PROVINCIA DE SECHURA - DEPARTAMENTO DE PIURA"	
CALICATA N°				KM: 0+000		FECHA	
MUESTRA		M-1		CLASE DE SUELO		ARENA POBREMENTE GRADUADA	
Tamiz #	Abertura mm	Peso reten. (gr)	% Parcial retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa	Peso de la muestra	500.00 gr
3"	76.200					Peso seco lavado	494.34 gr
2 1/2"	63.500				100.0	Pedida por lavado	5.66 gr
2"	50.300	0.0	0.0	0.0	100.0	Limites de Consistencia	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	Limite liquido	NP %
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	Limite plastico	NP %
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0	Indice de plasticidad	NP %
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0	% de material	
# 4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0	Grava	0.0 %
# 10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena	98.8 %
# 20	0.840	0.6	0.1	0.1	99.9	Fino	1.2 %
# 40	0.426	1.4	0.3	0.4	99.6	Humedad	5.27 %
# 60	0.250	39.1	7.8	8.2	91.8	Clasif. SUCS	SP
# 100	0.149	410.2	82.0	90.3	9.8	Clasif. AASTHO	A-3 (0)
# 200	0.075	42.7	8.5	98.8	1.2	Coefficientes	
Plato		6.1	1.2	100.0	0.0	D10 mm	0.15
Sumatoria		500.00				D30 mm	0.17
						D60 mm	0.21
						Cu	1.40
						Cc	0.92

LIMITES DE CONSISTENCIA

SOLICITANTE	Elaboracion de Estudio de Inversion a Nivel de Expediente Tecnico " MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL DEL TRAMO CORONADO - BERNAL, DISTRITO DE BERNAL, PROVINCIA DE SECHURA - DEPARTAMENTO DE PIURA"	
PROYECTO		
CANTERA N°	KM: 0+000	FECHA
MUESTRA	M-1	
PROF (m):	1.50	

PRUEBA N°	LIMITE PLASTICO		LIMITE LIQUIDO		
	1	2	1	2	3
FRASCO N°	---	---	---	---	---
N° DE GOLPES			16	24	34
PESO DEL FRASCO (gr)	NP		NP		
1 PESO FRASCO + SUELO HUMEDO (gr)					
2 PESO FRASCO + SUELO SECO (gr)					
4 PESO AGUA (1-2) (gr)					
5 PESO SUELO SECO (2-3) (gr)					
6 CONTENIDO DE HUMEDAD(4/5*100) (%)					
	L.P. =	NP		L.L. =	NP

I.P. = NP

Resultados - Ensayo granulométrico y Limites de Consistencia - Calicata 2

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D 6913

SOLICITANTE					
PROYECTO: Elaboracion de Estudio de Inversion a Nivel de Expediente Tecnico "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL DEL TRAMO CORONADO - BERNAL, DISTRITO DE BERNAL, PROVINCIA DE SECHURA - DEPARTAMENTO DE PIURA"					
CALICATA N°: KM. 0+500			FECHA:		
MUESTRA: M-1		CLASE DE SUELO: ARENA POBREMENTE GRADUADA			
Tamiz #	Abertura mm	Peso reten. (gr)	% Parcial retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				100.0
2"	50.300	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0
# 4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0
# 10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0
# 20	0.840	1.8	0.4	0.4	99.6
# 40	0.426	2.6	0.5	0.9	99.1
# 60	0.250	55.4	11.1	12.0	88.0
# 100	0.149	389.2	77.8	89.8	10.2
# 200	0.075	36.4	7.3	97.1	2.9
Plato		14.6	2.9	100.0	0.0
Sumatoria		500.00			

Peso de la muestra	500.00 gr
Peso seco lavado	486.12 gr
Pedida por lavado	13.88 gr
Limites de Consistencia	
Limite liquido	NP %
Limite plastico	NP %
Indice de plasticidad	NP %
% de material	
Grava	0.0 %
Arena	97.1 %
Fino	2.9 %
Humedad	11.33 %
Clasif. SUCS	SP
Clasif. AASTHO	A-3 (0)
Coefficientes	
D10 mm	0.15
D30 mm	0.17
D60 mm	0.21
Cu	1.40
Cc	0.92

LIMITES DE CONSISTENCIA

SOLICITANTE	Elaboracion de Estudio de Inversion a Nivel de Expediente Tecnico "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL DEL TRAMO CORONADO - BERNAL, DISTRITO DE BERNAL, PROVINCIA DE SECHURA - DEPARTAMENTO DE PIURA"	
PROYECTO		
CALICATA N°	KM. 0+500	FECHA
MUESTRA	M-1	
PROF (m):	1.50	

PRUEBA N°	LIMITE PLASTICO		LIMITE LIQUIDO		
	1	2	1	2	3
FRASCO N°	---	---	---	---	---
N° DE GOLPES			18	23	35
PESO DEL FRASCO (gr)	NP		NP		
1 PESO FRASCO + SUELO HUMEDO (gr)					
2 PESO FRASCO + SUELO SECO (gr)					
4 PESO AGUA (1-2) (gr)					
5 PESO SUELO SECO (2-3) (gr)					
6 CONTENIDO DE HUMEDAD(4/5*100) (%)					
	L.P. =	NP	L.L. =	NP	

I.P. = NP

Resultados - Ensayo granulométrico y Limites de Consistencia - Calicata 3

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D 6913

SOLICITANTE					
PROYECTO	Elaboracion de Estudio de Inversion a Nivel de Expediente Tecnico "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL DEL TRAMO CORONADO - BERNAL, DISTRITO DE BERNAL, PROVINCIA DE SECHURA - DEPARTAMENTO DE PIURA"				
CALICATA N°	KM. 1+000		FECHA		
MUESTRA	M-1	CLASE DE SUELO	ARENA LIMOSA		

Tamiz #	Abertura mm	Peso reten. (gr)	% Parcial retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				100.0
2"	50.300	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0
# 4	4.760	4.4	0.9	0.9	99.1
# 10	2.000	7.4	1.5	2.4	97.6
# 20	0.840	7.1	1.4	3.8	96.2
# 40	0.426	5.2	1.0	4.8	95.2
# 60	0.250	6.6	1.3	6.1	93.9
# 100	0.149	64.4	12.9	19.0	81.0
# 200	0.075	194.5	38.9	57.9	42.09
Plato		2.4	0.5	58.4	41.6
Sumatoria		291.92			

Peso de la muestra	500.00 gr
Peso seco lavado	316.27 gr
Pedida por lavado	183.73 gr
Limites de Consistencia	
Limite liquido	NP %
Limite plastico	NP %
Indice de plasticidad	NP %
% de material	
Grava	0.9 %
Arena	57.0 %
Fino	42.1 %
Humedad	19.05 %
Clasif. SUCS	SM
Clasif. AASTHO	A-3 (0)
Coefficientes	
D10 mm	---
D30 mm	---
D60 mm	---
Cu	---
Cc	---

LIMITES DE CONSISTENCIA

SOLICITANTE

PROYECTO Elaboracion de Estudio de Inversion a Nivel de Expediente Tecnico "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL DEL TRAMO CORONADO - BERNAL, DISTRITO DE BERNAL, PROVINCIA DE SECHURA - DEPARTAMENTO DE PIURA"

CALICATA N° KM. 1+000

FECHA

MUESTRA M-1

PROF (m): 1.50

PRUEBA N°	LIMITE PLASTICO		LIMITE LIQUIDO		
	1	2	1	2	3
FRASCO N°	---	---	---	---	---
N° DE GOLPES			16	23	30
PESO DEL FRASCO (gr)	NP		NP		
1 PESO FRASCO + SUELO HUMEDO (gr)					
2 PESO FRASCO + SUELO SECO (gr)					
4 PESO AGUA (1-2) (gr)					
5 PESO SUELO SECO (2-3) (gr)					
6 CONTENIDO DE HUMEDAD(4/5*100) (%)					
	L.P. =	NP	L.L. =	NP	

I.P. = NP

Resultados - Ensayo granulométrico y Limites de Consistencia - Calicata 4

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D 6913

SOLICITANTE					
PROYECTO		Elaboracion de Estudio de Inversion a Nivel de Expediente Tecnico "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL DEL TRAMO CORONADO - BERNAL, DISTRITO DE BERNAL, PROVINCIA DE SECHURA - DEPARTAMENTO DE PIURA"			
CALICATA N°		KM. 1+500		FECHA	
MUESTRA		M-1		CLASE DE SUELO ARENA POBREMENTE GRADUADA	

Tamiz #	Abertura mm	Peso reten. (gr)	% Parcial retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
3"	76.200				
2 1/2"	63.500	0.0	0.0		100.0
2"	50.300	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0
# 4	4.760	7.4	1.5	1.5	98.5
# 10	2.000	13.6	2.7	4.2	95.8
# 20	0.840	15.1	3.0	7.2	92.8
# 40	0.426	18.3	3.7	10.9	89.1
# 60	0.250	20.3	4.1	14.9	85.1
# 100	0.149	86.1	17.2	32.2	67.8
# 200	0.075	246.7	49.3	81.5	18.5
Plato		92.5	18.5	100.0	0.0
Sumatoria		500.00			

Peso de la muestra	500.00 gr
Peso seco lavado	408.92 gr
Pedida por lavado	91.08 gr
Limites de Consistencia	
Limite liquido	NP %
Limite plastico	NP %
Indice de plasticidad	NP %
% de material	
Grava	1.5 %
Arena	80.0 %
Fino	18.5 %
Humedad	9.79 %
Clasif. SUCS	SM
Clasif. AASTHO	A-3 (0)
Cofeficientes	
D10 mm	---
D30 mm	---
D60 mm	---
Cu	---
Cc	---

LIMITES DE CONSISTENCIA

SOLICITANTE

PROYECTO Elaboracion de Estudio de Inversion a Nivel de Expediente Tecnico "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL DEL TRAMO CORONADO - BERNAL, DISTRITO DE BERNAL, PROVINCIA DE SECHURA - DEPARTAMENTO DE PIURA"

CALICATA N° KM. 1+500

FECHA

MUESTRA M-1

PROF (m): 1.50

PRUEBA N°	LIMITE PLASTICO		LIMITE LIQUIDO		
	1	2	1	2	3
FRASCO N°	---	---	---	---	---
N° DE GOLPES			15	26	33
PESO DEL FRASCO (gr)	NP		NP		
1 PESO FRASCO + SUELO HUMEDO (gr)					
2 PESO FRASCO + SUELO SECO (gr)					
4 PESO AGUA (1-2) (gr)					
5 PESO SUELO SECO (2-3) (gr)					
6 CONTENIDO DE HUMEDAD(4/5*100) (%)					
	L.P. =	NP	L.L. =	NP	

I.P. = NP

Resultados – Contenido de Humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)

SOLICITANTE

PROYECTO

Elaboracion de Estudio de Inversion a Nivel de Expediente Tecnico "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL DEL TRAMO CORONADO - BERNAL, DISTRITO DE BERNAL, PROVINCIA DE SECHURA – DEPARTAMENTO DE PIURA"

CALICATAS

FECHA

MUESTRAS

CALICATA	0+000	0+500	1+000	1+500	2+000
MUESTRA N°	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1
PROFUNDIDAD	1-1.5	1-1.5	1-1.5	1-1.5	1-1.5
1. FRASCO No	---	---	---	---	---
2. PESO FRASCO + SUELO HUMEDO (gr)	97.92	82.16	75.54	88.49	94.41
3. PESO FRASCO + SUELO SECO (gr)	93.27	75.45	66.27	81.71	93.06
4. PESO DEL FRASCO (gr)	12.75	16.22	17.60	12.44	12.31
5. PESO AGUA (gr)	4.65	6.71	9.27	6.78	1.35
6. PESO SUELO SECO (gr)	80.52	59.23	48.67	69.27	80.75
7. CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.77	11.33	19.05	9.79	1.67
7. CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO(%)					

Resultados – Proctor Modificado – Calicata 1

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557 MTC E 115

SOLICITANTE					
PROYECTO	Elaboracion de Estudio de Inversion a Nivel de Expediente Tecnico "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL DEL TRAMO CORONADO - BERNAL, DISTRITO DE BERNAL, PROVINCIA DE SECHURA – DEPARTAMENTO DE PIURA".				
CANTERA KM.	0+000		METODO		A
Volumen de Molde	948	cm3			FECHA
Peso molde	4180	gr.			CAPA
NUMERO DE ENSAYOS			1	2	3
Recipiente Numero	gr.				4
Peso Suelo + Molde	gr.	6167.0	6288.0	6302.0	6240.0
Peso Suelos Humedo Compactado	gr.	1987.0	2108.0	2122.0	2060.0
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.10	2.22	2.24	2.17
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	95.37	94.01	92.15	84.80
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	89.41	87.20	84.05	76.44
Peso de la Tara	gr.	13.39	16.54	12.45	13.24
Peso Agua	gr.	5.96	6.81	8.10	8.36
Peso del Suelo Seco	gr.	76.02	70.66	71.60	63.20
Contenido del Agua	%	7.84	9.64	11.31	13.23
Densidad Seca	gr./cc	1.944	2.028	2.011	1.919

Resultados – Relación Soporte de California – Calicata 1

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R)

SOLICITANTE						
PROYECTO						
Elaboracion de Estudio de Inversion a Nivel de Expediente Tecnico " MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL DEL TRAMO CORONADO - BERNAL, DISTRITO DE BERNAL, PROVINCIA DE SECHURA – DEPARTAMENTO DE PIURA"						
CALICATA			0+000		PROFUNDIDA (m) 1.5	
FECHA						
Molde N°						
Numero de Capas						
Numero de Golpes						
Condicion de la Muestra						
NO SATURADA SATURADA NO SATURADA SATURADA NO SATURADA SATURADA						
Peso Suelo + Molde						
Peso Molde						
Peso suelo compactado						
Volumen del molde						
Densidad Humeda						
Humedad						
Densidad Seca						
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Tara + suelo humedo						
Tara + suelo seco						
Peso del agua						
Peso de tara						
Peso del suelos seco						
Humedad						

EXPANSION

NO EXPANSIVO

Resultados – Proctor Modificado – Calicata 5

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557 MTC E 115

SOLICITANTE						
PROYECTO						
Elaboracion de Estudio de Inversion a Nivel de Expediente Tecnico "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL DEL TRAMO CORONADO - BERNAL, DISTRITO DE BERNAL, PROVINCIA DE SECHURA – DEPARTAMENTO DE PIURA"						
CALICATA			2+000		METODO A	
Volumen de Molde		948	cm3	FECHA		
Peso molde		4180	gr.	CAPA		
NUMERO DE ENSAYOS				1	2	3
Recipiente Numero		gr.				
Peso Suelo + Molde		gr.		6170.0	6283.0	6270.0
Peso Suelos Humedo Compactado		gr.		1990.0	2103.0	2090.0
Peso Volumetrico Humedo		gr.		2.1	2.2	2.2
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.		79.3	90.0	82.3
Peso Suelo Seco + Tara		gr.		75.8	84.3	75.8
Peso de la Tara		gr.		17.6	17.7	12.2
Peso Agua		gr.		3.6	5.7	6.5
Peso del Suelo Seco		gr.		58.2	66.6	63.6
Contenido del Agua		%		6.1	8.6	10.2
Densidad Seca		gr./cc		1.978	2.043	2.000

Resultados – Relación Soporte de California – Calicata 5

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R)

SOLICITANTE						
PROYECTO	Elaboracion de Estudio de Inversion a Nivel de Expediente Tecnico "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL DEL TRAMO CORONADO - BERNAL, DISTRITO DE BERNAL, PROVINCIA DE SECHURA - DEPARTAMENTO DE PIURA"					
CALICATA	2+000			PROFUNDIDA (m)	1.5	
FECHA						
Molde N°						
Numero de Capas	5		5		5	
Numero de Golpes	56		25		12	
Condicion de la Muestra	NO SATURADA	SATURADA	NO SATURADA	SATURADA	NO SATURADA	SATURADA
Peso Suelo + Molde	gr.	13408	13023.0		12782.0	
Peso Molde	gr.	8470	8342		8312.0	
Peso suelo compactado	gr.	4938	4681		4470.0	
Volumen del molde	cm3	2130	2136		2138.0	
Densidad Humada	gr./cm3	2.318	2.193		2.1	
Humedad	%	8.973	9.3		10.8	
Densidad Seca	gr./cm3	2.043	2.006		1.887	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara + suelo humedo	gr.	96.45	103.21		97.12	
Tara + suelo seco	gr.	89.85	95.83		89.17	
Peso del agua	gr.	6.6	7.38		7.95	
Peso de tara	gr.	16.3	16.4		15.42	
Peso del suelo seco	gr.	73.55	79.43		73.75	
Humedad	%	9.0	9.3		10.8	

EXPANSION

NO EXPANSIVO

Resultados – Limites de consistencia – Cantera Zapata

LIMITES DE CONSISTENCIA

SOLICITANTE

PROYECTO Elaboracion de Estudio de Inversion a Nivel de Expediente Tecnico "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL DEL TRAMO CORONADO - BERNAL, DISTRITO DE BERNAL, PROVINCIA DE SECHURA - DEPARTAMENTO DE PIURA"

CALICATA N° ZAPATA

FECHA

MUESTRA M-1

PROF (m): 1.50

PRUEBA N°	FRASCO N°	N° DE GOLPES	LIMITE PLASTICO		LIMITE LIQUIDO		
			1	2	1	2	3
					15	25	33
	PESO DEL FRASCO (gr)		11.350	12.680	12.680	13.240	12.120
1	PESO FRASCO + SUELO HUMEDO (gr)		16.060	16.420	44.940	38.680	40.160
2	PESO FRASCO + SUELO SECO (gr)		15.410	15.900	38.970	34.300	35.860
4	PESO AGUA (1-2) (gr)		0.650	0.520	5.970	4.380	4.300
5	PESO SUELO SECO (2-3) (gr)		4.060	3.220	26.290	21.060	23.740
6	CONTENIDO DE HUMEDAD(4/5*100) (%)		16.010	16.149	22.708	20.798	18.113
			L.P. =	16.08		L.L. =	20.37

I.P. = 4.29

Resultados – Proctor modificado – Cantera Zapata

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557 MTC E 115

SOLICITANTE					
PROYECTO		Elaboracion de Estudio de Inversion a Nivel de Expediente Tecnico "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL DEL TRAMO CORONADO - BERNAL, DISTRITO DE BERNAL, PROVINCIA DE SECHURA – DEPARTAMENTO DE PIURA"			
CANTERA		ZAPATA		METODO	A
Volumen de Molde	948	cm3			FECHA
Peso molde	4177	gr.			CAPA
NUMERO DE ENSAYOS			1	2	3
Recipiente Numero	gr.				
Peso Suelo + Moldé	gr.	6218.0	6327.0	6284.0	6239.0
Peso Suelos Humedo Compactado	gr.	2041.0	2150.0	2107.0	2062.0
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.15	2.27	2.22	2.18
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	88.69	85.66	84.33	98.81
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	83.19	79.40	77.12	88.68
Peso de la Tara	gr.	16.74	16.80	17.68	17.25
Peso Agua	gr.	5.50	6.26	7.21	10.13
Peso del Suelo Seco	gr.	66.45	62.60	59.44	71.43
Contenido del Agua	%	8.28	10.00	12.13	14.18
Densidad Seca	gr./cc	1.988	2.062	1.982	1.905

Resultados – Relación Soporte de California – Cantera Zapata

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R)

SOLICITANTE					
PROYECTO		Elaboracion de Estudio de Inversion a Nivel de Expediente Tecnico "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL DEL TRAMO CORONADO - BERNAL, DISTRITO DE BERNAL, PROVINCIA DE SECHURA – DEPARTAMENTO DE PIURA"			
CALICATA		ZAPATA		PROFUNDIDA (m)	1.5
FECHA					
Molde N°		D	E	F	
Numero de Capas		5	5	5	
Numero de Golpes		56	25	12	
Condicion de la Muestra		NO SATURADA	SATURADA	NO SATURADA	SATURADA
Peso Suelo + Molde	gr.	13254	12903.0	12722.0	
Peso Molde	gr.	8470	8340	8340.0	
Peso suelo compactado	gr.	4784	4563	4382.0	
Volumen del molde	cm3	2131	2123	2119.0	
Densidad Humeda	gr./cm3	2.245	2.149	2.1	
Humedad	%	9.3	9.1	9.6	
Densidad Seca	gr./cm3	2.062	1.970	1.887	
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tara + suelo humedo	gr.	89.16	94.57	96.64	
Tara + suelo seco	gr.	82.97	88.04	89.65	
Peso del agua	gr.	6.19	6.53	6.99	
Peso de tara	gr.	16.36	16.47	16.68	
Peso del suelos seco	gr.	66.61	71.57	72.97	
Humedad	%	9.3	9.1	9.6	

EXPANSION

NO EXPANSIVO

Anexo 6. Informe del Levantamiento Topográfico

Datos del archivo del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:	E:\PUNTOS GEODESICOS_2022\PUNTOS GEODESICOS BERNAL CARRETERA \POST\POST PROCESO.vce	Nombre:	World wide/UTM
Tamaño:	53 KB	Datum:	WGS 1984
Modificado/a:	26/01/2022 10:54:40 (UTC:-5)	Zona:	17 South
Zona horaria:	Hora est. Pacífico, Sudamérica	Geoide:	EGM08-PERU
Número de referencia:		Datum vertical:	
Descripción:			
Comentario 1:			
Comentario 2:			
Comentario 3:			

Informe de procesamiento de líneas base

Procesando resumen

Observación	De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	Δ Altura (Metro)
PI07 --- PIU08079 (B2)	PI07	PIU08079	Fija	0.004	0.014	44°55'25"	13797.376	-15.584
PI07 --- PIU08080 (B1)	PI07	PIU08080	Fija	0.009	0.030	43°59'42"	13913.605	-15.815

Resumen de aceptación

Procesado	Pasado	Indicador	Fallida
2	2	0	0

PI07 - PIU08079 (10:16:37-13:56:32) (S2)

0001

Observación de línea base:	PI07 --- PIU08079 (B2)
Procesados:	26/01/2022 10:52:05
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.004 m
Precisión vertical:	0.014 m
RMS:	0.026 m
PDOP máximo:	1.893
Efemérides utilizadas:	Preciso/a
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	09/01/2022 10:16:37 (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	09/01/2022 13:56:32 (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	03:39:55
Intervalo de procesamiento:	5 segundos

Componentes de vector (Marca a marca)

De:		PI07	
	Cuadrícula	Local	Global
Este	519659.112 m	Latitud S5°33'25.87329"	Latitud S5°33'25.87329"
Norte	9385741.607 m	Longitud W80°49'21.00038"	Longitud W80°49'21.00038"
Elevación	25.616 m	Altura 35.783 m	Altura 35.783 m

A:		PIU08079	
	Cuadrícula	Local	Global
Este	529401.375 m	Latitud S5°28'07.81941"	Latitud S5°28'07.81941"
Norte	9395504.113 m	Longitud W80°44'04.48108"	Longitud W80°44'04.48108"
Elevación	9.336 m	Altura 20.199 m	Altura 20.199 m

Vector			
ΔEste	9742.263 m	Acimut Adelante NS 44°55'25"	ΔX 9764.523 m
ΔNorte	9762.505 m	Dist. elip 13797.376 m	ΔY 650.066 m
ΔElevación	-16.280 m	ΔAltura	ΔZ -15.584 m 9726.302 m

Matriz de covarianzas a posteriori (Metro²)

	X	Y	Z
X	0.0000052072		
Y	-0.0000105234	0.0000484557	
Z	-0.0000014647	0.0000057903	0.0000021158

Ocupaciones

	De	A
ID de punto:	PI07	PIU08079
Archivo de datos:	E:\PUNTOS GEODESICOS_2022\PUNTOS GEODESICOS BERNAL CARRETERA \POST\POST PROCESO\PI07009aA.T01	E:\PUNTOS GEODESICOS_2022\PUNTOS GEODESICOS BERNAL CARRETERA \POST\POST PROCESO\13470090.T02
Tipo de receptor:	NetR5	R8s
Número de serie del receptor:	4806K53384	5834R91347
Tipo de antena:	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	R8s Internal
Número de serie de la antena:	30607327	34R91347
Altura de la antena (medida):	0.095 m	1.185 m
Método de antena:	Base del soporte de la antena	Centro del tope protector



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, DIAZ RODRIGUEZ BREITNER GUILLERMO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis titulada: "Diseño de pavimento a nivel de afirmado de la carretera tramo cementerio Bernal - Coronado, en el distrito de Bernal, Provincia de Sechura, Departamento de Piura, año 2022", cuyo autor es ANTON LORO MAX ALEX, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

PIURA, 20 de Junio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
DIAZ RODRIGUEZ BREITNER GUILLERMO DNI: 43153608 ORCID: 0000-0001-6733-2868	Firmado electrónicamente por: BGDIAZRO el 10-07- 2023 09:01:50

Código documento Trilce: TRI - 0546198