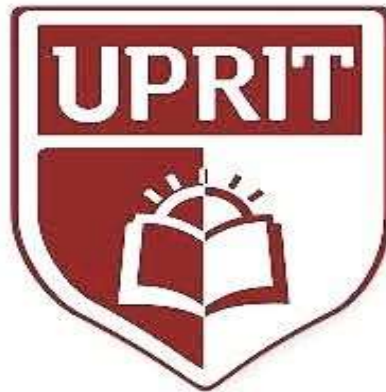


UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE
AFIRMADO ENTRE LOS TRAMOS PUENTE POMAGÓN – CENTRO
POBLADO EL TAMBO, DISTRITO BAMBAMARCA – PROVINCIA
HUALGAYOC – CAJAMARCA, 2020

TESIS

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Bach. TEYLES ANILSON COTRINA JAMBO
Bach. MIGUEL ELADIO PALOMINO ROJAS

ASESOR:

Ing. ENRIQUE MANUEL DURAND BAZÁN

TRUJILLO - PERÚ 2021



APROBACIÓN DE LA TESIS

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los Bachilleres: Teyles Anilson Cotrina Jambo y Miguel Eladio Palomino Rojas, denominada:

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE
AFIRMADO ENTRE LOS TRAMOS PUENTE POMAGÓN – CENTRO
POBLADO EL TAMBO, DISTRITO BAMBAMARCA – PROVINCIA
HUALGAYOC – CAJAMARCA, 2020

Ing. Enrique Manuel Durand Bazán
ASESOR

Ing.
**JURADO
PRESIDENTE**

Ing.
JURADO

Ing.
JURADO



DEDICATORIA

Lo dedico a mi abuelito Zenón que desde el cielo me guía, mis Padres Fernando y Elvia, mi hijo maravilloso Fernando el cual fue mi motivación. Así mismo mi amor Nancy por apoyarme en cada momento.

Dedico esta tesis a la memoria de mis padres Jacinto y Rudecinda que me guían desde el cielo. A mi hijo Miguel Daniel y mis hijas Cynthia, Karen, Karolyn y Alexia quienes son mi mayor motivación.

Mi profundo agradecimiento a mi amor Pamela por apoyarme en cada decisión y proyecto, además de su atención en momentos difíciles de mi existir. Gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar de cada día junto a los seres que amo.



AGRADECIMIENTOS

A Dios, a la Universidad Privada de Trujillo por darme la oportunidad de estudiar y realizar mis sueños en la Facultad de Ingeniería Civil, así mismo a los docentes en especial al Mg. Enrique Manuel Durand Bazán siendo nuestro asesor y todos mis familiares, motivo estoy muy agradecido.

Agradezco a los docentes de la carrera de Ingeniería Civil de la UPRIT, en especial a mi asesor de tesis Mg. Enrique Manuel Durand Bazán por guiar esta investigación y formar parte de otro objetivo alcanzado. Agradezco a Pamela y mis hermanos, por ser esa motivación tan importante para realizar esta investigación.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN.....	8Pg
1.1. Realidad problemática.....	8Pg
1.2. Formulación del problema.....	11Pg
1.3. Objetivos.....	11Pg
1.3.1. Objetivo General.....	11Pg
1.3.2. Objetivos Específicos.....	11Pg
1.4. Justificación.....	11Pg
1.5. Limitación.....	12Pg
1.6. viabilidad.....	12Pg
II. EXPLICACIÓN DEL MARCO TEÓRICO Y/O CONCEPTUAL.....	13Pg
2.1. Antecedentes.....	13Pg
2.2. Bases teóricas.....	16Pg
III. EXPLICACIÓN DEL MÉTODO DE TRABAJO.....	40Pg
3.1. Tipo y diseño de la Investigación.....	40Pg
3.2. Definición de Variables.....	40Pg
3.3. Operacionalización de Variables.....	41Pg
3.4. Población y Muestra.....	44Pg
3.5. Técnicas.....	44Pg
3.6. Métodos y procedimiento de análisis de datos.....	45Pg



IV. RESULTADOS.....	47Pg
4.1. Levantamiento Topográfico.....	47Pg
4.2. Mecánica de Suelos.....	56Pg
4.3. Estudio Hidrológico.....	66Pg
4.4. Volumen de vehículos por la carretera.....	90Pg
4.5. Diseño Geométrico de la Carretera y Obras de Arte.....	97Pg
4.6. Estudio de Impacto Ambiental.....	144Pg
V. CONCLUSIONES.....	165Pg
VI. RECOMENDACIONES.....	166Pg
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	167Pg
VIII. ANEXOS Y PLANOS.....	170Pg

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como denominación “PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO ENTRE LOS TRAMOS PUENTE POMAGÓN – CENTRO POBLADO EL TAMBO, DISTRITO BAMBAMRCA – PROVINCIA HUALGAYOC – CAJAMARCA, 2020” desarrollamos este proyecto con el objetivo principal de proponer el diseño de mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado entre los tramos Puente Pomagón – Centro Poblado El Tambo, Distrito Bambamarca – Provincia Hualgayoc – Cajamarca, 2020.

Esta investigación se realiza con el propósito de que se cumpla con lo establecido en el MTC, pues se requiere de inventarios viales de toda la red de carreteras del Perú, en estos inventarios deben estar consignados tanto el estado funcional como estructural de pavimentos afirmados y sin afirmar para la inversión en la gestión de carreteras, por tal razón es importante el estudio e implementación de modelos numéricos complementarios a ensayos que ayuden a diagnosticar el estado estructural de nuestras carreteras.

Para lograr lo anteriormente descrito, se recopiló información tanto a nivel primario como secundario es importante señalar que los datos primarios fueron recogidos directamente del lugar de estudio realizado personalmente mediante la observación para lo cual se realizó la aplicación de guías de observación de cada tramo de la carretera en estudio. Se concluye que, en el Diseño Geométrico la carretera en estudio se clasifica en función a la demanda y con un tráfico IMDa de 336veh/día, siendo una Carretera de Tercera Clase, con una velocidad directriz de 30 Km/h, como lo establece el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2014.

Con esta investigación se contará con un proyecto que cubra las necesidades de traslado e intercomunicación de la población de la zona en estudio. La construcción de vías de acceso adecuadas genera beneficios para la población tanto en bienestar económico como calidad de vida, es por ello que el mejoramiento de carretera a nivel afirmado será muy factible para todos los moradores de dichas zonas.

Palabras claves: Carretera, nivel afirmado, tramo, puente.

ABSTRACT

The present research work has as its name "PROPOSED IMPROVEMENT OF THE ROAD AT THE AFFIRMED LEVEL BETWEEN THE SECTIONS POMAGÓN BRIDGE - EL TAMBO TOWN, BAMBAMRCA DISTRICT - HUAGAYOC PROVINCE - CAJAMARCA, 2020" We developed this project with the main objective of Proposing the road improvement design at the affirmed level between the bridge sections Pomagón - Centro Poblado El Tambo, Distrito Bambamarca - Provincia Hualgayoc - Cajamarca, 2020.

This research is carried out with the purpose of complying with the MTC, as it requires road inventories of the entire road network of Peru, these inventories should record both the functional and structural status of affirmed and unbounded pavements for investment in road management, for this reason it is important to study and implement numerical models complementary to trials that help diagnose the structural state of our roads.

To achieve the above, information was collected at both primary and secondary levels, it is important to note that the primary data were collected directly from the study site by observation, for which observation guides were applied for each section of the road under study. It is concluded that in the Geometric Design the road under study is classified according to demand and with an IMDa traffic of 336veh/day, being a Third Class Road, with a guideline speed of 30 Km/h, as established by the Manual of Geometric Road Design DG-2014

This research will include a project that covers the transport and intercommunication needs of the population of the area under study. The construction of adequate access roads generates benefits for the population in terms of both economic well-being and quality of life, which is why road improvement at the affirmed level will be very feasible for all residents of these areas.

Keywords: Road, affirmed level, section, bridge.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Las redes viales llenan sin lugar a dudas una necesidad esencial en el mundo moderno, la cual es la disponibilidad de una infraestructura de transporte capaz de llegar a todos los rincones de un territorio. La construcción o mejoramiento de cualquier ruta representa la concreción de anhelos a veces largamente esperados. En general, se asume que toda obra vial es un avance definitivo que se integra al patrimonio público, y como tal, prestará servicio en buenas condiciones por un período muy prolongado.

En América Latina, el estado de las redes carreteras en la región tiene, en general, asignaturas pendientes debido a crónicos problemas de asignación de recursos y organización de las tareas de mantenimiento. En Corrales et al, 2010 se señala que durante la última década se ha observado una mejora de la calidad de las redes en muchos países; a pesar de ello, entre un 40% y un 50% de las carreteras de la región se encuentran en estado de mantenimiento regular y malo.

A nivel nacional, el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) lo constituyen 3 redes viales y son: Red Vial Nacional (RVN) que está administrada por el Gobierno Central a través del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), este se encarga de conectar a las distintas carreteras con los diversos departamentos del Perú, la Red Vial Departamental y la Red Vial Vecinal están dirigidos por los Gobiernos Regionales y locales, y estas abarcan a las vías que están dentro de los departamentos. Se sabe que las carreteras se encargan de enlazar al país, las carreteras también son utilizadas por el sector público, así como por el sector privado, para disminuir los costos de negociación, sobre todo para los mercados, que gracias a estas adquieren una importante incorporación con los centros económicos de la costa. De esta manera la economía está mejor si cuenta con más vías y estas son de calidad (Comex Perú, 2016).

Buscando la solución de los problemas sociales y económicos del país, y en particular para mejorar la calidad de vida de la población rural, así como para restablecer la comunicación entre el campo y la ciudad, propiciando el retorno de la población campesina a sus comunidades de origen, el Gobierno tiene metas

concretas, para lo cual ha adoptado políticas con objetivos a corto, mediano y largo plazo.

En el marco de la lucha contra la extrema pobreza del Gobierno Central y Gobiernos Regionales, es que se han implementado proyectos de infraestructura productiva, económica y social básica; a efectos de elevar el nivel de ingreso y mejorar las condiciones y calidad de vida de la población en diversas zonas del país, para lo cual se vienen priorizado la ejecución de proyectos de infraestructura vial que permita la interconexión de centros poblados para dar acceso a los mercados zonales, extra regionales y corredores viales.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2017), afirma que el departamento de Cajamarca cuenta con una red vial de 14 667,6 km., de los cuales 1 738,9 km. pertenecen a la Red Nacional, 886,4 km. a la Red Departamental y 12 042,3 km. a la Red Vecinal. Mediante la carretera Olmos - Corral Quemado, Cajamarca se comunica con Piura y Lambayeque en la costa y con Amazonas y San Martín en el Nor-orientes peruano. Por medio de la Carretera Longitudinal de la Sierra se articula por el sur con el departamento de La Libertad. Otro eje de gran potencial es Pacasmayo - Cajamarca - Celendín - Chachapoyas, el cual permite acceder a la zona arqueológica de Kuelap.

Ahora bien, el Gobierno Regional de Cajamarca, se ha fijado metas concretas y una de ellas consiste en incrementar la inversión en rehabilitación de la infraestructura de transporte que haga posible la reactivación económica de la Región. En este sentido se ha planteado el Mejoramiento de la Carretera A nivel de afirmado entre los Tramos Puente Pomagón – Centro Poblado el Tambo, el cual es de suma importancia pues pretende fortalecer el comercio desde la Provincia de Hualgayoc hacia el corredor económico formado por Bambamarca – Centro Poblado el Tambo; así mismo, permitirá mejorar el transporte a los diferentes Caseríos y Centros Poblados ubicados a lo largo de esta vía; es preciso indicar que este mejoramiento de la carretera dará mayor seguridad de viaje, pues actualmente la ruta es accidentada y peligrosa, presenta vías angostas y pendientes pronunciadas, con taludes altos que provocan deslizamientos e interrupciones, materia por la cual se desarrolla el presente estudio.

De ahí que, esta investigación propone el mejoramiento del camino vecinal Puente Pomagón-Tambo, con un primer tramo que inicia en el puente Pomagón y se extiende en una longitud de 7769.00 m; presenta una calzada de 3 m, pendientes que varían entre el 1% y 12%, superando los límites de pendientes máximas, los radios de curvas son muy cerrados, generando la dificultad en los vehículos al transitar por la carretera. Asimismo, se encuentran como trocha carrozable, deteriorado debido a falta de material de afirmado en la superficie de rodadura, falta de mantenimiento, deteriorado en sus plataformas en casi toda su longitud, erosionadas por efecto de las aguas pluviales y por la falta de bombeo, así como por la falta de adecuadas cunetas y sistemas de drenaje.

Cabe destacar que la carretera no cuenta con un sistema de drenaje de aguas pluviales, lo cual genera la acumulación del agua sobre la carretera, ocasionando huecos en la trocha carrozable. También las aguas de escorrentía, han producido cárcavas ligeras y aisladas, en las laderas de mayor pendiente, la erosión se acentúa más, causando erosión laminar e incisión, socavamientos o huellas en la superficie de rodadura.

Si bien la zona en donde está ubicada la carretera, no presenta inestabilidad en los suelos, por lo tanto, no existe peligro de derrumbe hacia la carretera. No obstante, el deterioro de la vía ocasiona en el poblador rural, en su condición de agricultor, dificultades para el traslado de sus productos, prolongado tiempo de traslado y elevado costo, colocando al agricultor en una situación desventajosa, puesto que, los precios de sus productos no compensan el incremento de los costos, lo que ocasiona un bajo nivel de vida de los pobladores.

El mejoramiento del servicio de transitabilidad en la carretera Puente Pomagón-CP. Tambo constituye un factor esencial para el desarrollo de los pueblos aledaños a este, porque favorecen el intercambio social, cultural, económico, turístico y comercial entre ellos. Como es de saber las vías de comunicación han constituido un elemento esencial en el desarrollo de los pueblos, asignándole gran relevancia al transporte terrestre, el cual ha constituido un motor de integración económica, social, cultural y política para el progreso de la ciudad.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál será el diseño de mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado entre los Tramos Puente Pomagón-Centro Poblado El Tambo, Distrito Bambamarca - Provincia Hualgayoc – Cajamarca?

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Proponer el diseño de mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado entre los tramos Puente Pomagón – Centro Poblado El Tambo, Distrito Bambamarca – Provincia Hualgayoc – Cajamarca, 2020.

1.3.2. Específicos

- Efectuar un estudio topográfico, con el objetivo de conocer los puntos claves en el trazo, perfil longitudinal y secciones transversales del tramo en estudio.
- Realizar el estudio de mecánica de suelos, para identificar las características físicas, químicas y estratigráficas.
- Ejecutar el estudio hidrológico para la zona de intervención.
- Realizar el estudio de tráfico para la determinación de las características de diseño de la carretera.
- Elaborar el diseño geométrico de la carretera y obras de arte de acuerdo a la normativa vigente del MTC.
- Realizar el estudio de impacto ambiental con la finalidad de evaluar el comportamiento del medio ambiente antes, durante y después del proyecto, tanto positivo como negativo.

1.4. Justificación

La propuesta de mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado entre los Tramos Puente Pomagón – Centro Poblados el Tambo, Distrito Bambamarca, Provincia Hualgayoc, Cajamarca se justifica desde distintos ámbitos:

- En el ámbito científico el estudio aporta información sobre el diseño de carreteras, puesto que establece el medio técnico para su posterior ejecución,

aportando medios para optimizar la transitabilidad vehicular y transporte de la población beneficiaria.

- A nivel práctico la propuesta beneficiará de forma directa a las personas que viven a orillas de la carretera con el transporte de sus productos de manera rápida, reduciendo el esfuerzo humano y el uso de acémilas, facilitándoles la movilidad motorizada y mejorar la producción y el desarrollo de esta localidad.
- Su justificación aplicativa surge porque con la presencia de una carretera para el transporte se mejora la calidad productiva y se incrementa el comercio generando mejores ingresos económicos y por ende mejor calidad de vida en las familias circundantes de la zona. Asimismo, la propuesta establece lineamientos para mitigar efectos ambientales en la etapa de ejecución de los procesos constructivos. La propuesta se enfoca bajo el mejor criterio técnico – económico, establecido por propuesta de financiamiento por sector público.

1.5. Limitaciones

- 1.5.1.** Dado que actualmente no existe un canal de vehículos, las muestras se deben trasladar en acémilas al canal de vehículos (CP El Tambo), por lo que la investigación en mecánica de suelos y muestras de cantera es muy complicada.
- 1.5.2.** El acceso al área del proyecto se encuentra en Trocha Carrozable, que se extiende desde el inicio del distrito de Bambamarca hasta el puente Pomagón, Centro Poblado El Tambo. Dado que es un carril de tráfico, existen muchas dificultades y costos adicionales para el proyecto.

1.6. Viabilidad

La ejecución de este proyecto beneficiará a gran parte de la población del distrito de Bambamarca, capital de la provincia de Hualgayoc, pues el proyecto ayudará a resolver problemas culturales y socioeconómicos además de darle solución a las necesidades de transporte de la ciudad, este proyecto es muy importante para esta población, puesto que en la actualidad, su infraestructura vial no es sólida, por lo que se deben realizar investigaciones para mejorar el tránsito vehicular en beneficio de toda la población de la ciudad de Bambamarca.

II. EXPLICACIÓN DEL MARCO TEÓRICO Y/O CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel nacional

Huaraz y Sánchez (2017) en la tesis: Diseño del mejoramiento de la carretera a nivel afirmado, tramo San Luis – Santa Cecilia, distrito de Usquil, Otuzco, La Libertad. El objetivo fue determinar el diseño de la carretera en el nivel afirmado del tramo San Luis – Santa Cecilia, distrito de Usquil, Otuzco, La Libertad. El diseño de investigación es de carácter No Experimental – Transversal, descriptivo simple. Se concluye que, se realizó el levantamiento topográfico de la zona de influencia, con lo cual se determinó que: El tipo de terreno es Accidentado Tipo 3, se clasificó de acuerdo al MC DG-2018. Encontrándose con pendientes en el rango de 10% al 15% el diseño del proyecto se consideró con un ancho de calzada mínimo de 6m, ancho de berma de 0.50m, un bombeo de 2.5%, peralte de 12%, pendientes longitudinales se encuentra entre 6% a 10.66%, radios mínimos de 25m, curvas de volteo con radios interiores mínimos de 15m, velocidad directriz 30km/h. como obras de arte se consideró cunetas de sección triangular de 0.90m x 0.30m.

También Díaz (2017), en la tesis: Impacto social y económico de la construcción de la carretera entre los distritos Chota – Bambamarca, Departamento Cajamarca, 2017. El objetivo es generar un análisis de los alcances e impactos socio-económicos que se puede dar en la población a causa de la construcción de una carretera, esto en función de la eficiencia y eficacia en la ejecución del proyecto, desde una visión integral y multidimensional. El diseño de investigación es no experimental descriptiva. Se concluyó que los impactos sociales y económicos por la construcción de la carretera contribuyen de manera positiva en el aspecto de Salud puesto que ha disminuido muchas enfermedades en un porcentaje estimado de 6.4% debido a la ausencia de proliferación de partículas de polvo y emisión de gases que generan infecciones respiratorias. En efecto cabe señalar también que entre los principales impactos en el transporte se encuentra la reducción del tiempo de traslado de un distrito a otro en un

porcentaje del 103.3% ya que antes de la construcción de la carretera el tiempo de viaje era de 2 horas y actualmente es de 50 minutos.

Haro (2017). En la tesis: Diseño del mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado, Tramo Intersección Carretera Calorco - Ingacorral – Sector El Capulí, Distrito de Cachicadán, Provincia De Santiago De Chuco, La Libertad. El objetivo fue, identificar las características para realizar el Diseño del Mejoramiento de la Carretera a nivel de afirmado, tramo intersección carretera Calorco - Ingacorral – Sector El Capulí, distrito de Cachicadán, provincia de Santiago de Chuco, La Libertad. La metodología fue descriptiva de diseño no experimental. Se concluyó que, la fauna silvestre es muy escasa en el área de influencia, por tal razón los riesgos de atropellos y efecto barrera serán mínimos. La ejecución del mejoramiento de la carretera permitirá una mejor transitabilidad, favoreciendo al transporte público, las actividades productivas, comerciales y también la integración de los caseríos aledaños para un mejor desarrollo de la población a nivel económico y social.

2.1.2. A nivel local

Mientras que, Saucedo (2018), en la tesis: Diseño definitivo de la carretera desde la ciudad de Bambamarca hasta el caserío Chilcapampa, provincia de Hualgayoc, Cajamarca – 2018. El objetivo fue diseño definitivo de la carretera desde la ciudad de Bambamarca hasta el caserío Chilcapampa Provincia de Hualgayoc, Cajamarca – 2018. El diseño de investigación no es experimental, y de nivel descriptivo. Realizada la investigación y el análisis de resultados teniendo en cuenta una propuesta se llegó a demostrar que el diseño definitivo de la carretera mejorará la transitabilidad vehicular y peatonal, empleando adecuadamente los materiales en el proceso constructivo. La investigación evidenció la importancia de emplear el pavimento flexible para el avance integral en el caserío de Chilcapampa, y su construcción admitirá que la carretera logre un adecuado tránsito de vehículos y peatones, y por ende contribuirá en el mejoramiento de la calidad de vida de los Sectores.

2.1.3. A nivel internacional

En el ámbito internacional se escogieron investigaciones como las Valecillo

(2019), en la tesis: Estudio de Pre Factibilidad para el Mejoramiento de la Carretera Rosita - Bonanza (32.00 km). El objetivo fue realizar un estudio de pre factibilidad para el mejoramiento del camino Rosita - Bonanza (32.00 KM) que conlleve a fortalecer y potenciar el desarrollo socio económico de estos Municipios. El enfoque fue descriptivo de diseño no experimental. Concluyendo que se conocieron los volúmenes de tránsito, tanto en número como en composición, lo cual permitió conocer los volúmenes de tránsito tanto en número como en composición que sirvió como insumo para los propósitos siguientes de este estudio cumpliéndose con el objetivo específico planteado. La importancia del estudio radica en la eliminación de los problemas de transitabilidad en épocas de invierno, puesto que dicho tramo de carretera no está preparado para soportar el tráfico vehicular en este período y no permite la comunicación adecuada con los otros municipios.

Por su parte, Gómez, Rodríguez y Ruíz (2018) en la tesis: Medidas de Mitigación y Adaptación ante los deslizamientos en el Poblado El Carmen del Proyecto vial “Mejoramiento de Carretera Tramo El Jícaro –Murra 17.61 km (Nueva Segovia). El objetivo fue proponer medidas de mitigación y adaptación ante los deslizamientos debido al efecto del Cambio Climático en el punto crítico – poblado El Carmen del proyecto vial Mejoramiento de carretera Tramo el Jícaro – Murra 17.61 km (Nueva Segovia). El enfoque fue descriptivo, de diseño no experimental. Se concluyó que las obras de mitigación y adaptación que se propusieron están basadas en la determinación y revisión de soluciones técnicas propuestas en la literatura especializada, para garantizar la estabilidad del talud, en sus condiciones actuales, ante los posibles efectos del cambio climático y factores antropogénicos, siendo así que estos permitan realizar medidas de mitigación y permitan resistir los posibles escenarios de riesgos.

Granados (2017), en la tesis: Estudio de pre factibilidad del Proyecto Mejoramiento del tramo de carretera Empalme Malpaisillo–Villa 15 de Julio, longitud 36.40 km. El objetivo fue elaborar el estudio de pre factibilidad del Proyecto Mejoramiento del tramo de carretera Empalme Malpaisillo–Villa 15 de Julio, longitud 36.40 km. La metodología corresponde a un diseño no experimental de tipo descriptivo. Se concluye que con la ejecución del

Mejoramiento del tramo empalme Malpaisillo–Villa 15 de Julio, Long, 36.40 km

se reducen los costos de operación vehicular y se reducirán los tiempos de viaje, los que de forma combinada generen los beneficios a los usuarios. En relación a los aspectos ambientales se concluye que los impactos negativos generados por el proyecto, en sus etapas de construcción y funcionamiento son de diversa envergadura, teniendo estos una duración temporal, los que se pueden mitigar adecuadamente, en tanto que los impactos positivos serán de carácter permanente y contribuirán al desarrollo socioeconómico de la zona.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Carretera

Una carretera es una infraestructura de transporte con el propósito de permitir la circulación de vehículos, especialmente acondicionada dentro de una franja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad (Cárdenas, 2013).

2.2.2. Diseño geométrico de carreteras

El diseño geométrico de carretera es el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría.

2.2.3. Clasificación de carreteras

2.2.3.1. Según su jerarquía

- a) Carreteras de la Red Vial Nacional: Conformada por carreteras que unen las principales ciudades de la nación con puertos y fronteras.
- b) Carreteras de la Red Vial Departamental: Constituye la red vial circunscrita principalmente a la zona de un departamento, división política de la nación, o en zonas de influencia económica, constituyen las carreteras troncales departamentales.
- c) Carreteras de la Red Vial Terciaria o local: Caminos troncales vecinales que

unen pequeñas poblaciones. Caminos rurales alimentadores, uniendo aldeas y pequeños asentamientos poblacionales (MDCNPBVT, 2008)

2.2.3.2. Según la demanda

- a) Autopistas de primera clase: Son carreteras de IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor de 6000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.
- b) Autopistas de Segunda Clase: Son carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.
- c) Carreteras de 1RA Clase: Son carreteras con un IMDA entre 4000 y 2001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.
- d) Carreteras de 2DA Clase: Son carreteras con un IMDA entre 2000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser

pavimentada.

- e) Carreteras de 3RA Clase: Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.
- f) Trochas Carrozables: Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor de 200 veh/día. Sus calzadas deben tener ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos de 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar (DG-2018, 2018).

2.2.3.3. Según sus condiciones orográficas

- a. Carreteras Tipo 1: Permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos ligeros. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, es menor o igual a 10%.
- b. Carreteras Tipo 2: Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de las de los vehículos de pasajeros, sin ocasionar el que aquellos operen a velocidades sostenidas en rampa por un intervalo de tiempo largo. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, varía entre 10 y 50%.
- c. Carreteras Tipo 3: Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir a velocidad sostenida en rampa durante distancias considerables o a intervalos frecuentes. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, varía entre 50 y 100%.

- d. Carretera Tipo 4: Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, es mayor de 100% (DG-2018, 2018).
- e. Terreno accidentado (tipo 3) “Según el MTC (2018), el terreno accidentado “tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales influyentes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazo.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 14).
- f. Terreno escarpado (tipo 4) “Según el MTC (2018), el terreno escarpado “tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazo.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 14).

2.2.3.4. Tipos de vehículos

El Diseño Geométrico de Carreteras se va a efectuar de acuerdo a los tipos de vehículos, dimensiones, pesos y demás características, contenidas de manera obligatoria en el Reglamento Nacional de Vehículos.

Las características de los vehículos tipo indicados, van a definir los distintos aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de una carretera. Así, por ejemplo:

- a) El ancho del vehículo adoptado incide en los anchos del carril, calzada, bermas y Sobreancho de la sección transversal, el radio mínimo de giro, intersecciones y gálibo.
- b) La distancia entre los ejes influye en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles.
- c) La relación de peso bruto total/potencia, guarda relación con el valor de las pendientes admisibles. Se hará la clasificación de vehículo de acuerdo a los tipos

de vehículos que transitan en las autopistas y carreteras en el Perú, esto es empleado por el SNIP para el costo de operación vehicular (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Dichos tipos de vehículos se pueden apreciar a continuación:

2.2.3.5. Vehículos de pasajeros

a) Jeep



Figura 1. Vehículo Jeep (VL)

Fuente. <http://www.todoautos.com.pe/portal/component/tag/noticias-autos-bolivia>

b) Auto



Figura 2. Auto (VL)

Fuente: <https://www.autocosmos.com.pe/catalogo/2017>

c) Bus (B2, B3, B4 y BA)



Figura 3. Bus

Fuente: <https://www.infodebuses.com.pe/es/transportes/perubus/>

d) Camión C2



Figura 4. Camión C2

Fuente: <https://www.incapower.com.pe/blog/incapower-distribuidor-camiones-yuejin-peru/>

2.2.3.6. Vehículo de carga

a) Pick-up (equivalente a Remolque Simple T2S1)



Figura 5. Vehículo Pick Up

Fuente: <http://www.infoauto.com.ar/institucional/detalle>

b) T3S2



Figura 6: Tráiler T3S2

Fuente: <http://www.satt.mx/noticias/nom-012-corresponsabilidad-de-empresas-en-transporte-de-carga>

2.2.3.7. Vehículos ligeros

La longitud y el ancho de los vehículos ligeros no necesariamente van a condicionar un proyecto, pero si se trata de carreteras rurales donde difícilmente circulen vehículos pesados, los vehículos ligeros van a influir en tomar decisiones respecto al ancho del carril de la carretera. Las dimensiones representativas de vehículos de origen norteamericano por lo general son mayores a los de otros países, sus medidas correspondientes son:

- a) Ancho: 2.10 m.
- b) Largo: 5.80 m.

Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- a) h: altura de los faros delanteros: 0.60 m.
- b) h1: altura de los ojos del conductor: 1.07 m.
- c) h2: altura de un obstáculo fijo en la carretera: 0.15 m.
- d) h4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0.45 m.
- e) h5: altura del techo de un automóvil: 1.30 m

El vehículo ligero es el que más velocidad desarrolla y la altura del ojo de piloto es más baja, por tanto, estas características definirán las distancias de visibilidad de sobrepaso, parada, zona de seguridad en relación con la visibilidad en los cruces, altura mínima de barreras de seguridad y antideslumbrantes, dimensiones mínimas de plazas de aparcamiento en zonas de estacionamiento, miradores o áreas de descanso (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

2.2.3.8. Vehículos pesados

Las dimensiones máximas de los vehículos a emplear en la definición geométrica son las establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- h: altura de los faros delanteros: 0.60 m.

h3: altura de ojos de un conductor de camión o bus, necesaria para la verificación de visibilidad en curvas verticales cóncavas bajo estructuras: 2.50 m.

h4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0.45 m.

h6: altura del techo del vehículo pesado: 4.10 m

El vehículo pesado tiene las características de sección y altura para determinar la sección de los carriles y su capacidad portante, radios y sobreanchos en curvas horizontales, alturas libres mínimas permisibles, necesidad de carriles adicionales, longitudes de incorporación, longitudes y proporción de aparcamientos para vehículos pesados en zonas de estacionamiento, miraderos o áreas de descanso (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

2.2.4. Criterios básicos para el diseño geométrico

La Sección Transversal según el Manual de Diseño Geométrico DG-2018, “es una variable dependiente tanto de la categoría de la vía como de la velocidad de diseño, pues para cada categoría y velocidad de diseño corresponde una sección transversal tipo, cuyo ancho responde a un rango acotado y en algunos casos único (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

El estándar de una obra vial, que responde a un diseño acorde con las instrucciones y límites normativos establecidos en el presente, queda determinado por:

- a) La Categoría que le corresponde (autopista de primera clase, autopista de segunda clase, carretera de primera clase, carretera de segunda clase y carretera de tercera clase).
- b) La velocidad de diseño (V).
- c) La sección transversal definida.

2.2.5. Velocidad de diseño

Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, usado para determinar las características geométricas de una carretera nueva durante el proyecto. En el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño, se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad vial de los usuarios. Por ello, la velocidad de diseño a lo largo del trazo, debe ser tal, que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

El proyectista, para garantizar la consistencia de la velocidad, debe identificar a lo largo de la ruta, tramos homogéneos a los que, por las condiciones topográficas, se les pueda asignar una misma velocidad. Esta velocidad, denominada Velocidad de Diseño del tramo homogéneo, es la base para la definición de las características de los elementos geométricos, incluidos en dicho tramo.

Para identificar los tramos homogéneos y establecer su Velocidad de Diseño, se debe atender a los siguientes criterios:

- a) La longitud mínima de un tramo de carretera, con una velocidad de diseño dada, debe ser de tres (3.0) kilómetros, para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (20 y 50 km/h) y de cuatro (4.0) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento veinte kilómetros por hora (60 y 120 km/h).
- b) La diferencia de la Velocidad de Diseño entre tramos adyacentes, no debe ser mayor a veinte kilómetros por hora (20 km/h).

No obstante, lo anterior, si debido a un marcado cambio en el tipo de terreno en un corto sector de la ruta, es necesario establecer un tramo con longitud menor a la especificada, la diferencia de su Velocidad de Diseño con la de los tramos adyacentes no deberá ser mayor de diez kilómetros por hora (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

2.2.6. Velocidad de diseño del tramo homogéneo

La Velocidad de Diseño está definida en función de la clasificación por demanda u orografía de la carretera a diseñarse. A cada tramo homogéneo se le puede asignar la Velocidad de Diseño en el rango que se indica en la Tabla 1 (Ministerio de Transportes de Comunicaciones, 2018, p. 96).

Tabla 1

Rangos de velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera de acuerdo a la orografía y demanda

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

Nota. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, por MTC (2018)

No hay parámetros para trochas carrozables por lo que se realizara la investigación respectiva para proponer nuevos parámetros.

2.2.7. Distancia de visibilidad

Es la longitud continua hacia adelante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar. En los proyectos se consideran tres distancias de visibilidad:

- a) Visibilidad de parada.
- b) Visibilidad de paso o adelantamiento.
- c) Visibilidad de cruce con otra vía.

Las dos primeras influyen el diseño de la carretera en campo abierto y serán tratadas en esta sección considerando alineamiento recto y rasante de pendiente uniforme. Los casos con condicionamiento asociados a singularidades de planta o perfil se tratarán en las secciones correspondientes. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

a) Distancia de Visibilidad de Parada

Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria.

La distancia de parada para pavimentos húmedos, se calcula mediante (fórmula 1):

$$D_p = 0.278 * V * t_p + 0.039 \frac{V^2}{a} \dots\dots\dots (1)$$

Dónde:

D_p : Distancia de parada (m)

V: Velocidad de diseño (km/h)

t_p: Tiempo de percepción + reacción (s)

a : deceleración en m/s² (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo).

El primer término de la fórmula 1 representa la distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción (d_{tp}) y el segundo la distancia recorrida durante el frenado hasta la detención (d_f).

El tiempo de reacción de frenado, es el intervalo entre el instante en que el conductor reconoce la existencia de un objeto, o peligro sobre la plataforma, adelante y el instante en que realmente aplica los frenos. Así se define que el tiempo de reacción estaría de 2 a 3 segundos, se recomienda tomar el tiempo de percepción – reacción de 2.5 segundos.

En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será ≥ a la distancia de visibilidad de parada. Para vías con pendiente superior a 3%, tanto en ascenso como en descenso, se puede calcular con la siguiente (fórmula 2):

$$D_p = 0.278Vt_p + \frac{V^2}{254\left(\frac{a}{9.81} \pm i\right)} \dots\dots\dots (2)$$

Dónde: d : distancia de frenado en metros

V : velocidad de diseño en km/h

a : deceleración en m/s² (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo)

i : Pendiente longitudinal (tanto por uno)

+i : Subidas respecto al sentido de circulación

-i : Bajadas respecto al sentido de circulación.

Se considera obstáculo aquél de una altura \geq a 0.15 m, con relación a los ojos de un conductor que está a 1.07 m sobre la rasante de circulación.

Si en una sección de la vía no es posible lograr la distancia mínima de visibilidad de parada correspondiente a la velocidad de diseño, se deberá señalizar dicho sector con la velocidad máxima admisible, siendo éste un recurso excepcional que debe ser autorizado por la entidad competente.

Asimismo, la pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Ésta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada \Rightarrow a 6% y para velocidades de diseño $>$ a 70 km/h. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pp. 103-104).

En la tabla 2 se muestran las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad de diseño

Tabla 2

Distancia de visibilidad de parada (metros), en pendiente 0%

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de percepción reacción (m)	Distancia durante el frenado a nivel (m)	Distancia de visibilidad de parada	
			Calculada (m)	Redondeada (m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83.0	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129.0	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	93.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

Nota. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, por MTC (2018)

En la Tabla 3, se muestran las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad de diseño y pendiente.

Tabla 3

Distancia de visibilidad de parada (metros)

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

Nota. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, por MTC (2018, p. 105)

2.2.8. Diseño geométrico de la sección transversal

2.2.8.1. Generalidades

El diseño geométrico de la sección transversal, consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

De acuerdo a la Norma de Diseño Geométrico DG-2018 nos dice lo siguiente de la sección transversal:

La sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que cumplan y de las características del trazado y del terreno.

Constituyen secciones transversales singulares, las correspondientes a las intersecciones vehiculares a nivel o desnivel, los puentes vehiculares, pasos peatonales a desnivel, túneles, estaciones de peaje, pesaje y ensanches de plataforma. En zonas de concentración de personas, comercio y/o tránsito de vehículos menores, maquinaria agrícola, animales y otros, la sección transversal debe ser proyectada de tal forma que constituya una solución de carácter integral a tales situaciones extraordinarias, y así posibilitar, que el tránsito por la carretera se desarrolle con seguridad vial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

2.2.8.2. Elementos de la Sección Transversal

Los elementos que conforman la sección transversal de la carretera son: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios, que se encuentran dentro del Derecho de Vía del proyecto. Cuando el tránsito de bicicletas sea importante, deberá evaluarse la inclusión de carriles especiales para ciclistas (ciclo vías), separados tanto del tránsito vehicular como de los peatones (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

2.2.8.3. Calzada o superficie de rodadura

La calzada se distribuye en carriles, los que están destinados a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito. La cantidad de carriles para cada calzada se obtendrá del cálculo y conteo del tráfico, así como del nivel de servicio querido. Según la DG-2018, los anchos de carril que se usen, serán de 3,00 m, 3,30 m y 3,60 m, teniéndose en cuenta las siguientes consideraciones:

En autopistas: El número mínimo de carriles por calzada será de dos.

En carreteras de calzada única: Serán dos carriles por calzada.

Ancho de la calzada en tangente El ancho de la calzada en tangente, se obtendrá a base del nivel de servicio querido al concluir el período de diseño. Por tanto, el ancho y número de carriles se determinarán mediante un análisis de capacidad y niveles de servicio (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

En la tabla 4, se indican los valores del ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño con relación a la clasificación de la carretera.

Tabla 4

Anchos mínimos de la calzada en tangente

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6,000				6,000 - 4,001				4,000-2,001				2,000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30km/h																			5.00	6.00
-40 km/h															6.60	6.60	6.60	6.60	5.00	
50 km/h										7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	5.00	
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60			
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60			
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			6.60	6.60		
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60		
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20							
110 km/h	7.20	7.20			7.20															
120 km/h	7.20	7.20			7.20															
130 km/h	7.20																			

Notas:

- a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
- b) En carreteras de Tercera Clase, excepcionalmente podrán utilizarse calzadas de hasta 500 m, con el correspondiente sustento técnico y económico

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018)

En casos particulares, la vía materia de diseño puede requerir una sección transversal que contenga elementos complementarios, tales como barreras de seguridad u otros, en cuyo caso, se contemplará los anchos adicionales que requiera la instalación de dichos elementos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

2.2.8.4. Calzada ó superficie de rodadura

La calzada se distribuye en carriles, los que están destinados a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito. La cantidad de carriles para cada calzada se obtendrá del cálculo y conteo del tráfico, así como del nivel de servicio querido. Según la DG-2018, los anchos de carril que se usen, serán de 3,00 m, 3,30 m y 3,60 m, teniéndose en cuenta las siguientes consideraciones:

En autopistas: El número mínimo de carriles por calzada será de dos. En carreteras de calzada única: Serán dos carriles por calzada.

Ancho de la calzada en tangente

El ancho de la calzada en tangente, se obtendrá a base del nivel de servicio querido al concluir el período de diseño. Por tanto, el ancho y número de carriles se determinarán mediante un análisis de capacidad y niveles de servicio (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

En la tabla 5, se indican los valores del ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño con relación a la clasificación de la carretera.

Tabla 5

Valores del ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6,000				6,000 - 4,001				4,000-2,001				2,000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30km/h																			5.00	6.00
40 km/h																	6.60	6.60	6.60	5.00
50 km/h											7.20	7.20					6.60	6.60	6.60	6.60
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20			6.60	6.60		
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60		
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20							
110 km/h	7.20	7.20			7.20															
120 km/h	7.20	7.20			7.20															
130 km/h	7.20																			

Notas: a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4) b) En carreteras de Tercera Clase, excepcionalmente podrá utilizarse calzadas de hasta 500 m, con el correspondiente sustento técnico y económico

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, por MTC (2018)

En casos particulares, la vía materia de diseño puede requerir una sección transversal que contenga elementos complementarios, tales como barreras de seguridad u otros, en cuyo caso, se contemplará los anchos adicionales que requiera la instalación de dichos elementos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

2.2.8.5. Bermas

Franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias. Cualquiera sea la superficie de acabado de la berma, en general debe mantener el mismo nivel e inclinación (bombeo o peralte) de la superficie de rodadura o calzada, y acorde a la evaluación técnica y económica del proyecto, está constituida por materiales similares a la capa de rodadura de la calzada.

Las autopistas contarán con bermas interiores y exteriores en cada calzada, siendo las primeras de un ancho inferior. En las carreteras de calzada única, las bermas deben tener anchos iguales. Adicionalmente, las bermas mejoran las condiciones de funcionamiento del tráfico y su seguridad; por ello, las bermas desempeñan otras funciones en proporción a su ancho tales como protección al pavimento y a sus capas inferiores, detenciones ocasionales, y como zona de seguridad para maniobras de

emergencia. La función como zona de seguridad, se refiere a aquellos casos en que un vehículo se salga de la calzada, en cuyo caso dicha zona constituye un margen de seguridad para realizar una maniobra de emergencia que evite un accidente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

a) Ancho de las Bermas

En la tabla 6, se establece el ancho de bermas en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía.

Tabla 6

Anchos mínimos de la calzada en tangente

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																				0,50 0,50
40 km/h															1,20	1,20	1,20	0,90	0,50	
50 km/h											2,60	2,60			1,20	1,20	1,20	0,90	0,90	
60 km/h							3,00	3,00	2,60	2,60	3,00	3,00	2,60	2,60	2,00	2,00	1,20	1,20		
70 km/h							3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,20			
80 km/h							3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00				
90 km/h							3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00			2,00					
100 km/h							3,00	3,00	3,00	3,00	3,00				2,00					
110 km/h							3,00													
120 km/h							3,00													
130 km/h							3,00													

Notas: a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4) b) Los anchos indicados en la tabla son para la berma lateral derecha, para la berma lateral izquierda es de 1,50 m para Autopistas de Primera Clase y 1.20 m para Autopistas de Segunda Clase c) Para carreteras de Primera, Segunda y Tercera Clase, en casos excepcionales y con la debida justificación técnica, la Entidad Contratante podrá aprobar anchos de berma menores a los establecidos en la presente tabla, en tales casos, se preverá áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera, destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.

Fuente. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018).

b) Inclinación de las Bermas

En las vías con pavimento superior, la inclinación de las bermas, se registrará según la figura para las vías a nivel de afirmado, en los tramos en tangente las bermas seguirán la inclinación del pavimento. En el caso de que la berma se pavimente, será necesario añadir lateralmente a la misma para su adecuado confinamiento, una banda de mínimo 0,5 m de ancho sin pavimentar. A esta banda se le denomina Sobreancho de

compactación y puede permitir la localización de señalización y defensas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

c) En el caso de las carreteras de bajo tránsito

- En los tramos en tangentes, las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma.
- La berma situada en el lado inferior del peralte, seguirá la inclinación de éste cuando su valor sea superior a 4%. En caso contrario, la inclinación de la berma será igual al 4%.
- La berma situada en la parte superior del peralte, tendrá en lo posible, una inclinación en sentido contrario al peralte igual a 4%, de modo que escurra hacia la cuneta.

La diferencia algebraica entre las pendientes transversales de la berma superior y la calzada será siempre igual o menor a 7%. Esto significa que cuando la inclinación del peralte es igual a 7%, la sección transversal de la berma será horizontal y cuando el peralte sea mayor a 7% la berma superior quedará con una inclinación hacia la calzada, igual a la del peralte menos 7% (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

En la figura 7, se muestra la pendiente transversal de bermas sin revestir y bermas revestidas.

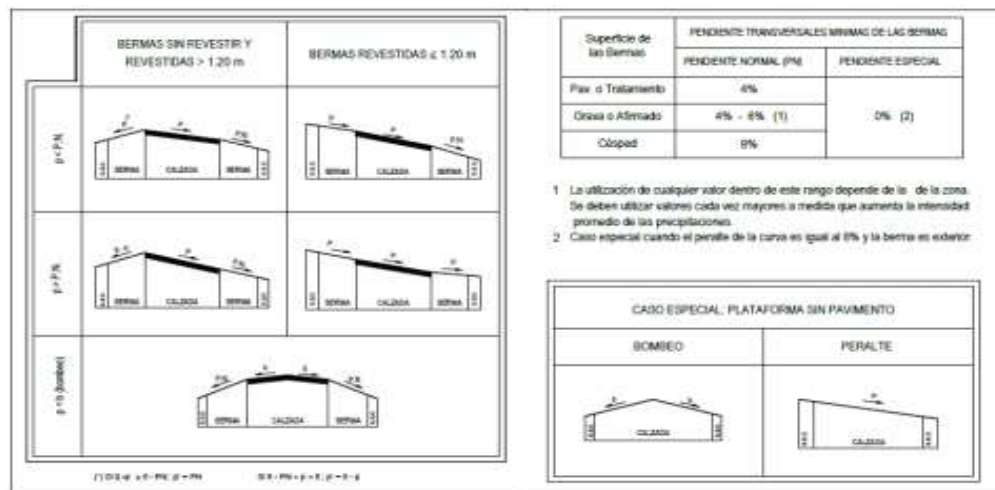


Figura 7. Pendiente transversal de bermas

Nota. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018).

2.2.8.6. Bombeo

En tramos en tangente o en curvas en contraperalte, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

La Tabla 7, especifica los valores de bombeo de acuerdo a la precipitación y tipo de superficie de la calzada.

Tabla 7

Valores del bombeo de la calzada

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

Nota. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, por MTC (2018)

El bombeo puede darse de varias maneras, dependiendo del tipo de carretera y la conveniencia de evacuar adecuadamente las aguas, entre las que se indican:

- a) La denominada de dos aguas, cuya inclinación parte del centro de la calzada hacia los bordes.
- b) El bombeo de una sola agua, con uno de los bordes de la calzada por encima del otro. Esta solución es una manera de resolver las pendientes transversales mínimas, especialmente en tramos en tangente de poco desarrollo entre curvas del mismo sentido (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Los casos antes descritos se presentan en la Figura 8

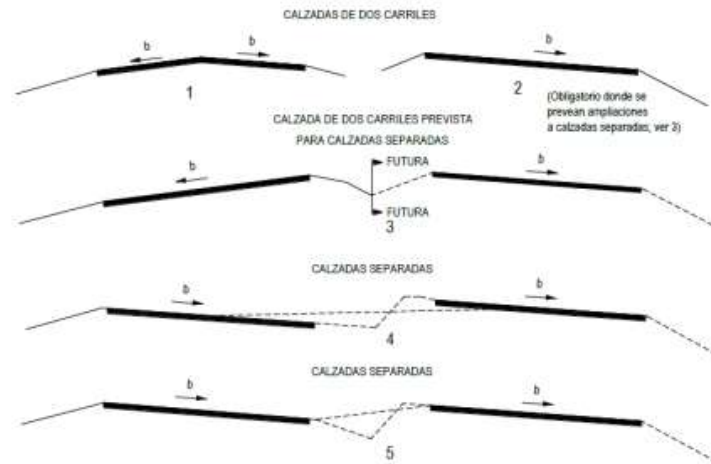


Figura 8. Casos de Bombeo

Nota. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, por MTC (2018)

2.2.8.7. Peralte

El peralte es la inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, por lo que la fuerza centrífuga del vehículo va a ser contrarrestada debido a la pendiente transversal que tendrá (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

a) Valores del peralte (máximos y mínimos)

Las curvas horizontales deben ser peraltadas; con excepción de los valores establecidos fijados en la Tabla 8.

Tabla 8

Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte

Velocidad (km/h)	40	60	80	≥100
Radio (m)	3,500	3,500	3,500	7,500

Nota. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, por MTC (2018)

En la Tabla 9. se indican los valores máximos del peralte, para las condiciones descritas:

Tabla 9

Valores de peralte máximo

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)		Ver Figura
	Absoluto	Normal	
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0%	4.0%	302.02
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8.0%	6.0%	302.03
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.0	8.0%	302.04
Zona rural con peligro de hielo	8.0	6.0%	302.05

Nota. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, por MTC (2018).

Para calcular el peralte bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, se utilizará la siguiente (fórmula 3):

$$p = \frac{V^2}{127R} - f \quad \dots\dots\dots(3)$$

Dónde:

p : Peralte máximo asociado a V

V : Velocidad de diseño (km/h)

R : Radio mínimo absoluto (m)

f : Coeficiente de fricción lateral máximo asociado a V

Usualmente, se utiliza radios superiores al mínimo, con peraltes inferiores al máximo, por resultar más cómodos tanto para los vehículos lentos (disminuyendo la incidencia de f negativo), como para vehículos rápidos (que necesitan menores f). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

El peralte mínimo será del 2%, para los radios y velocidades de diseño indicadas en la tabla 10.

Tabla 10

Peralte mínimo

Velocidad de diseño km/h	Radios de curvatura
$V \geq 100$	$5,000 \leq R < 7,500$
$40 \leq V < 100$	$2,500 \leq R < 3,500$

Nota. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, por MTC (2018)

b) Transición del bombeo de peralte

En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la calzada, desde el bombeo hasta el peralte correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente a lo largo de la longitud de la Curva de Transición (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Cuando no exista Curva de Transición, se desarrolla una parte en la tangente y otra en la curva. La Tabla 11, indica las proporciones del peralte a desarrollar en tangente.

Tabla 11

*Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente**

$p < 4.5\%$	$4.5\% < p < 7\%$	$p > 7\%$
0.5 p	0.7 p	0.8 p

(*) Las situaciones mínima y máxima, se permiten en aquellos casos en que, por la proximidad de dos curvas, existe dificultad para cumplir con algunas de las condicionantes del desarrollo del peralte.

Nota. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, por MTC (2018)

c) Desarrollo del peralte entre curvas sucesivas

Para el desarrollo adecuado de las transiciones de peralte entre dos curvas sucesivas del mismo sentido, deberá existir un tramo mínimo en tangente, de acuerdo a lo establecido en la Tabla 12. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Tabla 12

Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido

Velocidad (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Longitud mín. (m)	40	55	70	85	100	110	125	140	155	170	190

Nota. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, por MTC (2018)

2.2.8.8. Separadores

Los separadores son por lo general fajas de terreno paralelas al eje de la carretera, para separar direcciones opuestas de tránsito (separador central) o para separar calzadas del mismo sentido del tránsito. El separador está comprendido entre las bermas o cunetas interiores de ambas calzadas. Aparte de su objetivo principal, independizar la circulación de las calzadas, el separador puede contribuir a disminuir cualquier tipo de interferencia como el deslumbramiento nocturno, o como zona de emergencia en caso de despiste.

En terreno plano u ondulado el ancho del separador suele ser constante, con lo que se mantiene paralelas las dos calzadas. En terreno accidentado, el ancho del separador central es variable.

Se debe prever en el diseño que el separador tenga un apropiado sistema de drenaje superficial.

En Autopistas de Primera Clase el separador central tendrá un ancho mínimo de 6.00 m y en las Autopistas de Segunda Clase, variará de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular. Por lo general los separadores laterales deben tener un ancho menor que el separador central. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

2.2.8.9. Taludes

El talud es la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes. Dicha inclinación es la tangente del ángulo formado por el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal. Los taludes para las secciones en corte, variarán de acuerdo a las características geomecánicas del terreno; su altura, inclinación y otros detalles de diseño o tratamiento, se determinarán en función al estudio de mecánica de suelos o geológicos correspondientes, condiciones de drenaje superficial y subterráneo, según sea el caso, con la finalidad de determinar las condiciones de su estabilidad (Ministerio de

Transportes y Comunicaciones, 2018).

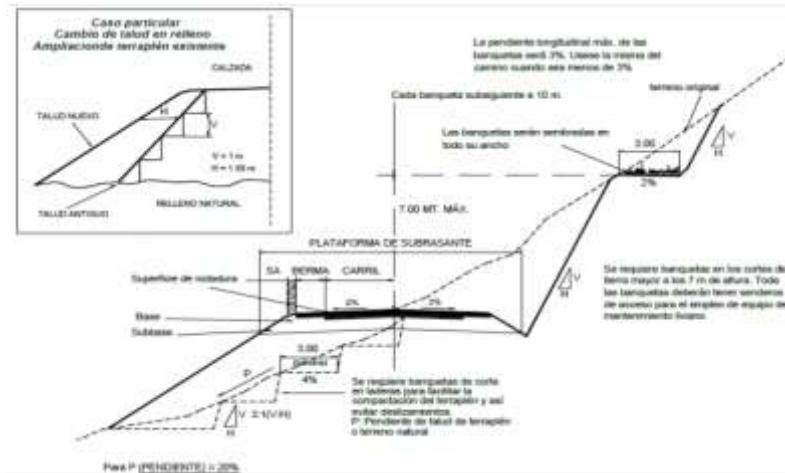


Figura 9. Sección transversal típica en tangente

Nota. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, por MTC (2018)

2.2.8.10. Cunetas

En el Manual DGCF-MTC (2018) se plantea son canales construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y subsuperficiales, procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes, a fin de proteger la estructura del pavimento. La sección transversal puede ser triangular, trapezoidal, rectangular o de otra geometría que se adapte mejor a la sección transversal de la vía y que prevea la seguridad vial; revestidas o sin revestir; abiertas o cerradas, de acuerdo a los requerimientos del proyecto; en zonas urbanas o dónde exista limitaciones de espacio, las cunetas cerradas pueden ser diseñadas formando parte de la berma.

Las dimensiones de las cunetas se deducen a partir de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta su pendiente longitudinal, intensidad de precipitaciones pluviales, área de drenaje y naturaleza del terreno, entre otros. Los elementos constitutivos de una cuneta son su talud interior, su fondo y su talud exterior. Este último, por lo general coincide con el talud de corte.

Las dimensiones de las cunetas se deducen a partir de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta su pendiente longitudinal, intensidad de precipitaciones pluviales, área de drenaje y naturaleza del terreno, entre otros. Los elementos constitutivos de una cuneta son su talud interior, su fondo y su talud exterior. Este último, por lo general coincide con el talud de corte.

III. EXPLICACIÓN DEL MÉTODO DE TRABAJO

3.1 Tipo y diseño de la investigación

3.1.1 Tipo

Es aplicada porque se encuentra estrechamente vinculada a la investigación básica, y depende del avance y resultados de esta última, para poder aplicar los conocimientos y contrastar la investigación, por tal razón este proyecto pasará por este propósito porque toda investigación aplicada requiere de una investigación básica.

3.1.2 Diseño

Este proyecto de investigación es de tipo No experimental porque tiene como finalidad la no manipulación de liberadamente de la variable que se está investigando. Así mismo es de Diseño Transversal, porque con la recolección de datos necesarios se propone describir las variables y se realizara en un periodo definido en el año 2020. A su vez, es de Diseño Descriptivo porque va a tener como finalidad la observación y descripción de los parámetros de diseño, los conceptos y fenómenos científicos establecidos tal como se presentan en su forma natural.



3.2 Definición de Variables

a. Propuesta de mejoramiento de la carretera

El progreso de un País, se debe al desarrollo de sus carreteras y de sus industrias, por lo tanto, con la construcción de esta carretera, además de unir directamente pueblos vecinos, se busca acrecentar la rentabilidad de los pobladores de dicho sector, debido a que, cumple un rol muy importante en la economía del departamento, porque brinda trabajo a una gran cantidad de ciudadanos del centro poblado El Tambo, Distrito Bambamarca – Provincia Hualgayoc – Cajamarca, directa e indirectamente (Gómez, Rodríguez y Ruíz, 2018).

b. Nivel de afirmado

MTC (2014), dice del afirmado que, es aquella capa compactada de materiales granulares dispuestos de una manera natural o la ya procesada, mediante una gradación particular que soporta directamente todas las cargas y los esfuerzos de tránsito. Deberá contar con cantidad específica de material fino y cohesivo; debe tener la facilidad de mantener aglutinadas las partículas. Y además servirá como una buena superficie de la rodadura en carreteras que no estén pavimentadas.

3.3 Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente: Propuesta de mejoramiento de la carretera	<p>El progreso de un País, se debe al desarrollo de sus carreteras y de sus industrias, por lo tanto, con la construcción de esta carretera, además de unir directamente pueblos vecinos, se busca acrecentar la rentabilidad de los pobladores de dicho sector, debido a que, cumple un rol muy importante en la economía del departamento, porque brinda trabajo a una gran cantidad de ciudadanos del centro poblado El Tambo, Distrito Bambamarca – Provincia Hualgayoc – Cajamarca, directa e indirectamente (Gómez, Rodríguez y Ruíz, 2018).</p>	<p>Esta variable ha sido operacionalizada a través de 4 dimensiones: levantamiento topográfico, estudio de suelos, estudio hidrológico y diseño de carreteras; lo que nos permitirá Proponer el diseño de mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado entre los tramos puente Pomagón – Centro Poblado El Tambo, Distrito Bambamarca – Provincia Hualgayoc – Cajamarca, 2020</p>	Levantamiento topográfico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trazo longitudinal ▪ Perfiles Longitudinales 	Ordinal de tipo Likert
			Estudio de mecánica de suelos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Granulometría ▪ Límites de consistencia ▪ Contenido de humedad ▪ Densidad Máxima 	
			Estudio hidrológico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caudal ▪ Cuencas ▪ Área entre curva 	
			Estudio de trafico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Volumen ▪ Tasa de crecimiento 	
			Diseño de carretera	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elementos del diseño geométrico ▪ Velocidad Directriz Pendiente máxima ▪ Alineamiento ▪ Perfil longitudinal ▪ Secciones transversales) 	
			Impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Impacto Positivo ▪ Impacto Negativo 	

Nota. Elaboración propia

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable dependiente: Nivel de afirmado	MTC (2014), dice del afirmado que, es aquella capa compactada de materiales granulares dispuestos de una manera natural o la ya procesada, mediante una gradación particular que soporta directamente todas las cargas y los esfuerzos de tránsito. Deberá contar con cantidad específica de material fino y cohesivo; debe tener la facilidad de mantener aglutinadas las partículas. Y además servirá como una buena superficie de la rodadura en carreteras que no estén pavimentadas.	Esta variable ha sido operacionalizada a través de 4 dimensiones: capa de rodadura, pavimento, geología y materiales usados; lo que nos permitirá Proponer el diseño de mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado entre los tramos puente Pomagón – Centro Poblado El Tambo, Distrito Bambamarca – Provincia Hualgayoc – Cajamarca, 2020	Capa de rodadura	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bituminoso ▪ Compuesto por cemento ▪ Adoquines ▪ Transitabilidad 	Ordinal de tipo Likert
			Pavimento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flexible ▪ Semirrígido ▪ Capa asfaltaría 	
			Geología	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bajo volumen ▪ Revestimiento granular ▪ Diagnóstico inicial ▪ Resistencia al deslizamiento 	
			Materiales usados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baja rigurosidad ▪ Estabilidad ▪ Permeabilidad ▪ Compactación 	

Nota. Elaboración propia

3.4 Población y muestra

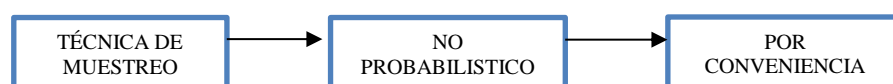
3.4.1 Población

Según Tamayo (2012) señala que la población es la totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrando un conjunto N de entidades que participan de una determinada característica, y se le denomina la población por constituir la totalidad del fenómeno adscrito a una investigación. La población de esta investigación está conformada por los tramos puente Pomagón – centro poblado el Tambo, distrito Bambamarca – provincia Hualgayoc – Cajamarca, 2020

3.4.2 Muestra

La presente investigación se ha utilizado el muestreo No Probabilístico, puesto que, este estudio estará basado en los tramos puente Pomagón – centro poblado el Tambo, distrito Bambamarca – provincia Hualgayoc – Cajamarca, 2020. por lo tanto, no hay necesidad de calcular el número de pobladores para el tamaño muestral.

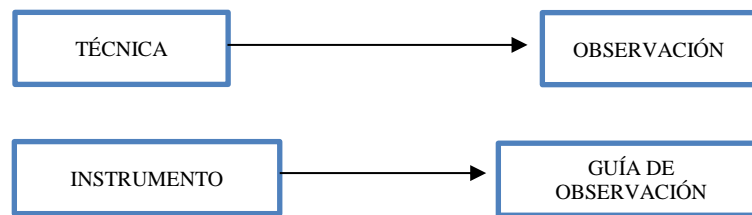
Así mismo tendrá un muestreo Por Conveniencia, porque uno de los investigadores reside cerca de la zona de estudio y posee información a través de los pobladores que carece de carretera rurales, afectando el no poder trasladar los productos agrícolas a los mercados centrales siendo su único sustento, por lo cual se considera convenientemente elegir esta investigación para su desarrollo.



3.5 Técnicas

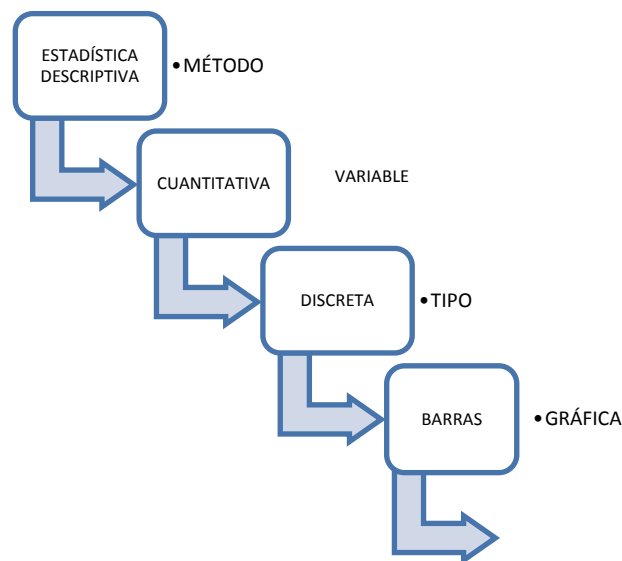
3.5.1 Para recolectar datos

La técnica que más se adapta para el trabajo de investigación es la Observación porque de esa manera se realizará la recolección de datos e información utilizando todos los sentidos para observar hechos y realidades en que se encuentra el lugar de estudio. Como instrumento será la Guía de Observación que permitirá llevar un registro de las características del Diseño Geométrico de Carretera a nivel de afirmado de los tramos puente Pomagón – centro poblado el Tambo, distrito Bambamarca – provincia Hualgayoc – Cajamarca, 2020.



3.6 Métodos y procedimiento de análisis de datos

Como método en este proyecto será la estadística descriptiva, porque se utilizará Los Gráficos Estadísticos para la interpretación de nuestros resultados. Los gráficos estadísticos es la representación pictórica del comportamiento de una variable en estudio. Los gráficos dependen de las variables, de acuerdo al estudio el proyecto tendrá una variable cuantitativa, porque la expresión es mediante un número y por lo tanto se puede realizar operaciones matemáticas. Por ser una variable cuantitativa, la aplicación será de tipo discreta, porque tendrá resultados con números exactos.



Nota. Elaboración propia

3.6.1 Instrumentos

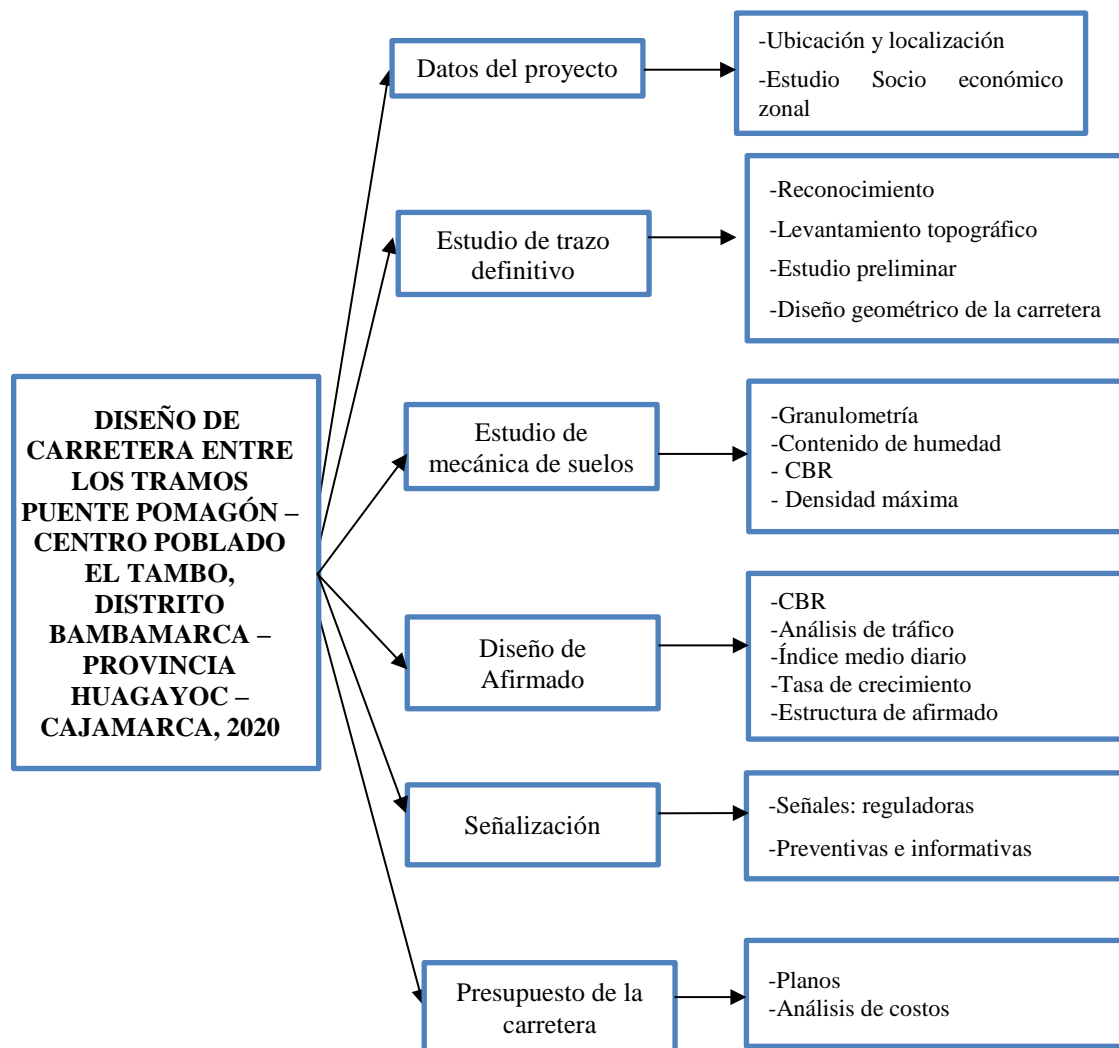
El instrumento que será utilizado para este proyecto es:

- Hoja de fichas de datos; para las informaciones
- Estudios realizados en la investigación de campo

Así mismo la utilización de:

- GPS – Garmin Montana 680 (para la ubicación de las coordenadas)
- Estación Total. (para el levantamiento topográfico)
- Cinta Métrica de 50 metros. (para las mediciones)
- Laptop CORE I5. (para la elaboración del proyecto)
- Software Autodesk Civil 3d -2016. (para el diseño geométrico)
- Software de Microsoft Office. (Word, Excel, Power Point) }
Project 2013 (para presupuesto de obra)

3.6.2 Procesamiento de análisis de datos



IV. RESULTADOS

4.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El presente estudio está relacionado al mejoramiento de la CARRETERA POMAGON – CP. EL TAMBO el cual tiene una longitud de 7,769 metros aproximadamente, y se ubica en el distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc– Departamento de Cajamarca, para este estudio se ha considerado las recomendaciones establecidas en los Términos de Referencia. Se tiene planteado realizar mejoras a la alineación del eje existente, ensanchamiento de vía en tramos críticos y mejoramiento de curvas dándoles un radio adecuado, que garanticen un adecuado, seguro y fluido tránsito a lo largo de la carretera.

El levantamiento topográfico de la carretera se realizó siguiendo trazo existente de la misma, tomando en cuenta el mejoramiento del alineamiento en algunos sectores, con la finalidad de que las pendientes sean las máximas, el movimiento de tierras sea mínimo y facilite los trabajos durante su ejecución. La configuración topográfica corresponde a relieve interandino con pendiente promedio de 6%. Las altitudes varían desde 2552 m.s.n.m. hasta 2791 m.s.n.m.

Se ha recopilado y revisado información correspondiente a estudios anteriores realizados a la carretera de intervención, para tener presente algunos aspectos que puedan influir en la ejecución del proyecto. Durante la etapa de estudio y recopilación de información se ha podido apreciar que la necesidad de contar con una vía asfaltada y de dimensiones adecuadas es un punto prioritario para la población, puesto que esta vía durante periodos de lluvia y con las condiciones actuales, es un riesgo para el tránsito normal.

También se ha podido evidenciar que la necesidad del mejoramiento de la carretera, a nivel económico, se debe al tránsito que circula por esta carretera, pues es una de las principales vías a la ciudad de Bambamarca.

El trabajo es realizado en dos fases, la primera mediante una inspección visual de la zona a medir y la segunda se realiza mediante la estación total para obtener los puntos definitivos del terreno. En base a lo antes mencionado se ha realizado el diseño más pertinente y de acuerdo a las Normas establecidas en los Manuales.

4.1.1. Ubicación geográfica

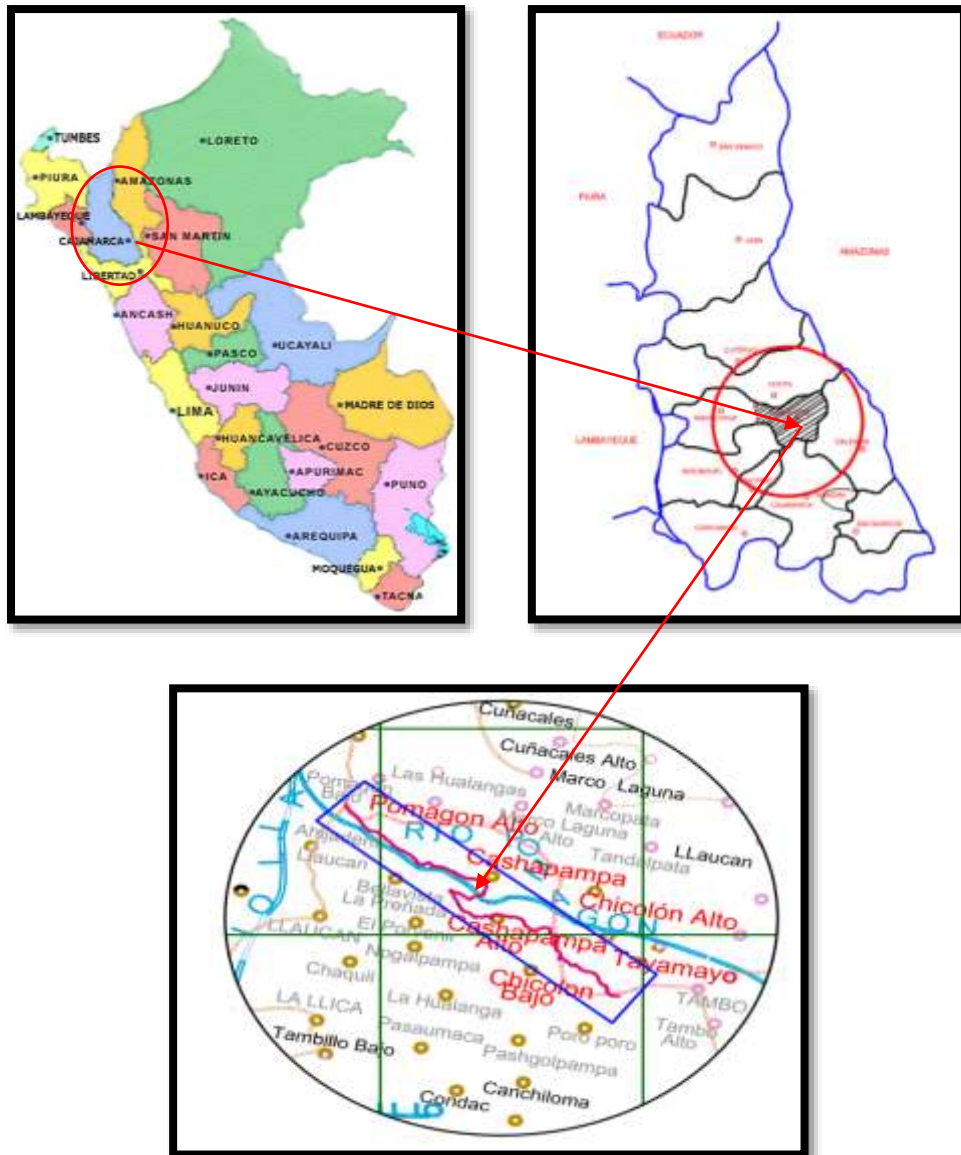
Políticamente el proyecto se ubica en el Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca.

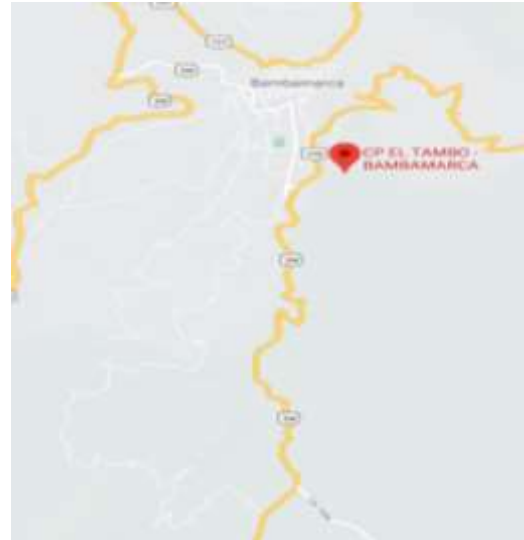
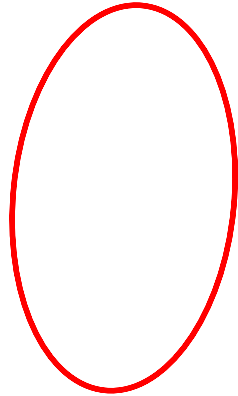
Localidad : Puente Pomagon – C.P. EL Tambo

Distrito : Bambamarca

Provincia : Hualgayoc

Departamento : Cajamarca





TRAMO

El punto inicial (Puente Pomagon) tiene como coordenadas:

Este = 774210.4226 m
Norte = 9255352.6045 m
Altitud = 2552.5. msnm

El punto final, está ubicado en la entrada del C.P. El Tambo, cuyas coordenadas son:

Este = 778373.9617m
Norte = 9251648.4794m
Altitud = 2791 msnm

4.1.2. Alcances del estudio

Las metas consideradas en este estudio es el mejoramiento de 07+769 Km a nivel de carpeta asfáltica, dentro de lo cual se considera la reparación Mejoramiento. Estas metas serán evaluadas considerando la actualización de datos tomados en campo, para el presente estudio, tanto levantamientos topográficos como inventarios viales y serán plasmados en el presupuesto.

4.1.3. Vías de acceso

Para acceder a la zona del proyecto, se tomó como punto inicial el Puente Pomagón ubicado en el Distrito de Bambamarca, capital de la provincia de Hualgayoc.

La carretera en su primer tramo inicia en el Puente Pomagón y llega hasta la entrada del C.P. Tambo, encontrándose actualmente como una trocha carrozable, teniendo una longitud de 7769.00 m, esta cuenta con varios accesos de otras carreteras con menor tráfico como el desvío a Marco Laguna, desvío a Llaucan ambas son trochas carrozables. Este primer tramo se la recorre con un tiempo aproximado de 35 minutos en toda su longitud.

4.1.4. Georreferenciación de puntos geodésicos

a. Metodología

El presente estudio será realizado en etapas las cuales detallaremos de la siguiente manera:

a.1. Recopilación de información existente

Para el control geométrico y planimétrico de la vía en estudio y construcción es indispensable tener puntos estratégicos a todo lo largo de la vía, para que con estos puedan ser referenciados en cualquier parte y en cualquier momento y obtener resultados que generen continuidad y empalmes geométricos bien definidos y precisos. El desarrollo de estas actividades, se empleó el Método Satelital mediante el Sistema de Posicionamiento Global Diferencial.

Este método consiste en posicionar 01 Receptor GPS en la Estación Base en los Hitos y BMs Georreferenciados y Receptores GPS para el levantamiento y replanteo de cada una de las progresivas (Rover).

Luego de realizar la toma de los puntos necesarios de cada área levantada mediante una estación total, se procedió en gabinete al procesamiento y revisión de los datos para el dibujo de los planos empleando el sistema AutoCAD Civil 3D Land Desktop 2009 y AutoCAD Civil 3D 2018.

Para el control vertical de los levantamientos topográficos localizados requeridos para esta Especialidad, se ha adoptado la cota del BM del más cercano al área levantada.

a.2. Trabajo de campo

Los trabajos de campo estuvieron conformados por una brigada compuestas por los investigadores, topógrafo, pobladores de la zona y un guía.

El equipo que se ha usado para realizar los levantamientos topográficos ha sido una estación total marca Leica, modelo TCR 407 POWER y equipo accesorio de prismas y porta prismas, jalones y winchas.

- Se inició el trabajo de campo ubicando un Punto Geodésico en coordenadas UTM, para lo cual se empleó un Receptor GPS para el levantamiento y replanteo de cada una de las progresivas (Rover).
- Se realizó el levantamiento de los detalles existentes, toma de captación, y toda información que forma parte del estudio.
- Se realizó el relleno topográfico mediante una estación total marca Leica, modelo TCR 407 POWER

En esta etapa también viene a contarse con las recomendaciones vertidas por la parte geotécnica mediante una tipificación del suelo de fundación a fin de tener el trazo definitivo del eje de las estructuras a proyectarse.

a.3. Trabajo de gabinete

Teniendo la información obtenida en el campo se procedió al correspondiente procesamiento de la data para posteriormente realizar los diseños respectivos.

El procesamiento se ha realizado mediante el uso del Programa AutoCad Civil 3D Land Desktop 2009 y AutoCAD Civil 3D 2018 en cuestión de diseño y del MS. Excel 2016 para los cálculos correspondientes, el ploteo de planos mediante un

plotter HP DESIGNJET 110 PLUS para los planos de mayores dimensiones y una impresora Xerox Work Centre 5222 para los planos pequeños tamaño A.

b. Reconocimiento y procedimiento de estudio

Consisten en hacer una inspección ocular detallada desde el punto de inicio al punto final de la carretera, donde determinará la mejor ubicación de alineamientos de la carretera existente. El objetivo es observar detalladamente la zona de estudio para poder elegir la ruta más económica y favorable, de tal manera que mediante los trazos propuestos en gabinete se pueda ubicar correctamente el eje de la carretera, así poder brindar un mejor acceso a los terrenos adyacentes, caseríos beneficiados y al tráfico que se espera. Una decisión errada puede conducir a la elevación de costo de construcción, mantenimiento y operación.

El reconocimiento de la zona de estudio se realiza a pie a lo largo de todo el recorrido de la carretera:

- La zona de estudio presenta una topografía ondulada – accidentada mayormente en los dos tramos de carretera, lo que determina diseñar una mejora de la carretera con desarrollos importantes, pendientes y peraltes según la norma actual, permitiendo obtener un tránsito vehicular cómodo y seguro; pues se trata de una vía de categoría vecinal.
- La zona de estudio presenta formaciones de taludes importantes, siendo que los problemas de drenaje son continuos y superficiales y no existe problemas de estabilidad de taludes dado que, en su mayor parte se encuentra con vegetación típica de las zonas alto andinas (ichu, quinua, eucalipto).
- Se ha tomado la pendiente longitudinal de la ruta de manera aproximada, con el fin de obtener los puntos obligatorios de paso. Para el desarrollo del diseño se ha tenido en consideración lo indicado en los Términos de referencia, así como lo establecido para el diseño en El Manual de Carreteras “Diseño Geométrico (DG-2018)”.

Luego de este reconocimiento, se procedió a realizar los respectivos trabajos de levantamiento topográfico de cada zona definida para el proyecto, así como el

trazo de la línea de gradiente de la referida vía, realizándose los trabajos en coordenadas UTM y datum del sistema WGS 84.

c. Metodologías y equipos utilizados en la etapa de campo

Luego del reconocimiento de campo respectivo, se procedió con los trabajos de levantamiento topográfico, para el mejoramiento de 07+769 Km a nivel de carpeta asfáltica, de =7+769 Km, dentro de lo cual se considera la reparación y mejoramiento.

Los datos de campo se tomaron contando con una estación total, marca TOPCON, mediante el método de radiación a partir de un punto de referencia estática debidamente alineada en coordenadas conocidas. Este método consiste en el disparo simultáneo de distancias y ángulos. En cada sector en estudio se tomó los datos en coordenadas geodésicas (UTM) y datum del sistema WGS 84. ZONA – 106.

c.1. Equipo técnico y personal empleado

Para este caso tenemos la conformación de

- 02 investigadores
- 01 topógrafo
- 03 pobladores de la zona como ayudantes
- 01 guía

c.2. Maquinarias y equipos utilizados

Se emplearon para la realización de los trabajos los siguientes equipos:

- 01 auto Toyota
- 01 estación Total marca Topcon modelo GPT-3005W
- 01 GPS Garmin Map 60csx
- 04 prismas marca Topcon.
- 04 bastones porta prisma.
- 01 Wincha de 100 m

- 01 Wincha de 5 m
- 02 trípodes de aluminio
- Accesorios Complementarios

c.3. Metodología y equipos utilizados en la etapa de gabinete

Luego de obtenida la información de campo con la Estación Total se procede al procesamiento y dibujo respectivos.

Los datos obtenidos en el campo son bajados al computador haciendo uso del colector de datos Top COM Link V7.2, siendo comprobados con hojas de cálculo en EXCEL, para su posterior procesamiento y diseño de la vía en el programa AutoCAD civil 3d en el cual se trabajarán las curvas de nivel, los perfiles longitudinales y las secciones transversales. Para la elaboración del plano se generó una malla de puntos, que marca las posiciones reales del terreno, con sus respectivas descripciones, para su posterior confección en gabinete, a partir del archivo de texto obtenido en el procesamiento de coordenadas.

Se realizaron los planos finales a las escalas adecuadas, para la observación precisa y sin distorsión de los detalles levantados. La información se guarda en medio magnético, lista para ser impresa y con las dimensiones adecuadas.

d. Trabajos topográficos realizados

d.1. Trabajos realizados

Los trabajos topográficos realizados en la zona del proyecto, se describen a continuación:

- Se realizó el levantamiento topográfico en el sector en estudio.
- En el levantamiento se especifican los sectores a proteger, construcciones existentes, áreas cultivadas entre otros.
- Monumentación de puntos de control, en cada sector en estudio se materializo un punto de control.

TRAMOS		LONGITUD TOTAL (Km)
INICIO	FIN	
0+000.000	7+769.000	7.77
TOTAL		7.77

- Para la ejecución de los trabajos descritos anteriormente se presentaron variadas dificultades; como falta de visibilidad por los arbustos, inclemencias del clima propio de la zona (tales como vientos excesivos, brillo solar durante todo el día de trabajo y falta de accesos para movilizarse por ambos márgenes debido a que los sectores de los ríos discurrían de manera regular en su caudal. Los trabajos topográficos se han ejecutado conforme a los alcances del estudio. Previo a la ejecución de los trabajos de campo, se realizó un reconocimiento general de la zona del proyecto, se ubicaron y determinaron los Puntos Geodésicos que sirven de puntos bases para el control total del proyecto.
- Se realizaron los levantamientos de Geología y geotecnia, de hidrología, hidráulica y drenaje, de estructuras de concreto, de obras de arte y de drenaje, de canteras, DMEs y fuentes de agua, de pavimentos existentes y terreno de área de ensanche y dominio de la vía, de puntos críticos y puntos vulnerables, de señalización y seguridad vial y de Impacto Ambiental.

d.2. Apoyo plano - altimétrico

El apoyo plano-altimétrico para el Sistema de Control Topográfico del proyecto, se inicia con las coordenadas y cotas de los Puntos Geodésicos (UTM) monumentado en la zona del proyecto.

d.3. Generación de planos

Los planos generados han sido trabajados en el programa indicado anteriormente. Se generaron varios planos como:

- Plano Topográfico de la Planta General del área de cada sector en estudio, Perfil y Secciones Transversales del terreno sobre el cual influirá las estructuras proyectadas a construir, donde se detalla las curvas a nivel a cada 1,00 m.
- Plano de la planta y perfil, así como secciones del eje.

4.2. MECÁNICA DE SUELOS

4.2.1. Suelos

a. Generalidades

El presente Estudio de Mecánica de Suelos y Canteras, tiene por objetivo investigar y determinar las principales características físico mecánicas de los suelos de la sub rasante con la finalidad de establecer la estratigrafía del lugar, estudio de canteras y parámetros para el diseño de la capa de rodadura de la vía, siguiendo principalmente los lineamientos aplicables a las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito y considerar soluciones estructurales con materiales tradicionales cuyas propiedades mecánicas y comportamiento son conocidos y están considerados en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito.

b. Alcances

El estudio se desarrolló con la finalidad de determinar las características físicas mecánicas de los suelos de fundación existentes en el eje proyectado para el tramo del “MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO ENTRE LOS TRAMOS PUENTE POMAGÓN – CENTRO POBLADO EL TAMBO, DISTRITO BAMBAMARCA – PROVINCIA HUAGAYOC – CAJAMARCA, 2020”, así como su sectorización por tipo de material, la que se empleará como parámetro para el dimensionamiento. También se establecerán los sectores donde, por deficiencia en calidad (capacidad de soporte) se requiera su mejoramiento.

La realización del estudio se realizó en tres etapas (Trabajos de Campo, Laboratorio y gabinete), a través de las cuales se determinará las características de los materiales encontrados.

c. Metodología

La metodología seguida para la ejecución del estudio, comprendió básicamente una investigación de campo a lo largo del tramo carretero proyectado mediante prospecciones de exploración (calicatas), con obtención

de muestras representativas en cantidades suficientes, las que fueron objeto de ensayos de laboratorio y finalmente con los datos obtenidos en ambas fases se realizaron las labores de gabinete, para consignar luego en forma gráfica y escrita los resultados del estudio. Las etapas o fases que se llevarán a cabo comprenden (campo, laboratorio y gabinete) son secuenciales e igualmente importantes; a continuación se describe el trabajo desarrollado.

d. Etapas del estudio

- **Trabajo de campo**

Para evaluación geotécnica del suelo de la subrasante

En la evaluación geotécnica del suelo de subrasante existente a lo largo del trazo se llevó a cabo un programa de exploración de campo, excavación de calicatas y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio, se excavaron 08 pozos “a cielo abierto”, los que se denominan C-1 al C-08, la profundidad alcanzada en las perforaciones varía entre 1.5 m. a 2.00 m, tal que no sea menor de 1.50 m por debajo de la subrasante proyectada y ubicadas en forma alternada (derecha e izquierda) de la carretera.

Para la estabilización de taludes

En la evaluación geotécnica para la estabilización de taludes se realizó un programa de investigación geotécnica que comprende la ejecución de trincheras y calicatas para fines de obtener muestras representativas y ensayos in situ.

El distanciamiento entre calicatas está determinado de acuerdo a la experiencia del investigador en suelos y tomando en cuenta que en los Términos de Referencia deja abierta la opción de poder establecer este distanciamiento.

Con el objeto de determinar estas características físico-mecánicas de los materiales del terreno de fundación se llevaron a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios de 1.00 X 1.00 a “cielo abierto” de 1,50 m de profundidad mínima, distanciadas tal como se

indicó en el párrafo anterior, de tal manera que la Información obtenida sea representativa.

Durante la ejecución de los estudios de campo se llevó el registro de los espesores de cada una de las capas del sub-suelo, sus características de gradación y su estado de compacidad. Las muestras de suelos fueron clasificadas y seleccionadas siguiendo el procedimiento descrito en ASTM D-2488 “Práctica Recomendada para la Descripción de Suelos”.

Se logró realizar las siguientes excavaciones:

Tabla 13

Ubicación de calicatas

CÓDIGO	PROGRESIVA	LADO		NORTE	ESTE	OBSERVACIONES
		DERECHA	IZQUIERDA	LATITUD	LONGITUD	
C-1	00+040		X	9255365.93	774205.76	Arenas limosas con poco material orgánico
C-2	00+500		X	9254953.63	774496.57	Arcillas inorgánicas arenosas
C-3	01+000		X	9254653.85	774870.69	Suelo limoso
C-4	01+500	X		9254334.83	775191.95	Suelo limoso inorgánicos
C-5	02+000		X	9254166.66	775596.87	Arcillas orgánicas
C-6	02+500	X		9253923.64	776020.18	Arcillas inorgánicas
C-7	03+000	X		9253692.41	776292.26	Roca fija, no se hizo calicata.
C-8	03+500	X		9253629.18	775957.04	Arcillas orgánicas
C-9	04+000	X		9253410.47	775894.02	No se hizo calicata por motivo que se encontró roca fija
C-10	04+500	X		9253175.75	776314.53	No se hizo calicata por motivo que se encontró roca fija
C-11	05+000	X		9253166.32	776726.62	No se hizo calicata por motivo que se encontró roca fija
C-12	05+500	X		9252905.86	777094.04	No se hizo calicata por motivo que se encontró roca fija
C-13	06+000		X	9252773.41	777437.11	Se observó arenas, gravas, arcillas
C-14	06+500		X	9252345.98	777491.98	No se hizo calicata por motivo que se encontró

CÓDIGO	PROGRESIVA	LADO		NORTE	ESTE	OBSERVACIONES
		DERECHA	IZQUIERDA	LATITUD	LONGITUD	
						roca fija
C-15	07+000		X	9252109.99	777854.01	Arcillas orgánicas
C-16	07+500		X	9251772.92	778156.71	Arcillas inorgánicos

• Ensayos de laboratorio

Las muestras representativas fueron sometidas a los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico por tamizado (NTP 400.012)
- Material pasante la malla N°200 (NTP 339.132)
- Límites de consistencia (NTP 339.129): Límite líquido, límite plástico e índice de Plasticidad
- Clasificación SUCS (NTP 339.134)
- Clasificación AASHTO (NTP 339.135)
- Contenido de humedad (NTP 339.127)
- Proctor modificado (NTP 339.141)
- California Bearing Ratio (NTP 339.145)

Los ensayos se realizaron de acuerdo a lo indicado en los términos de referencia, en base a características y homogeneidad entre los diferentes suelos encontrados, por lo que para los ensayos de CBR, se ha establecido intervalos de suelos homogéneos y con características similares.

• Labores de gabinete

En base a la información obtenida durante los trabajos de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio, se efectuó la clasificación de suelos de los materiales, empleándose los sistemas SUCS y AASHTO, con la finalidad de análisis y correlación de acuerdo a sus características litológicas, lo cual se consigna también en el perfil estratigráfico.

• Características encontradas

De acuerdo a los ensayos realizados podemos indicar que se ha encontrado suelos areno arcillosos, con materiales de características inorgánicas, de baja plasticidad y con presencia de cierto porcentaje de

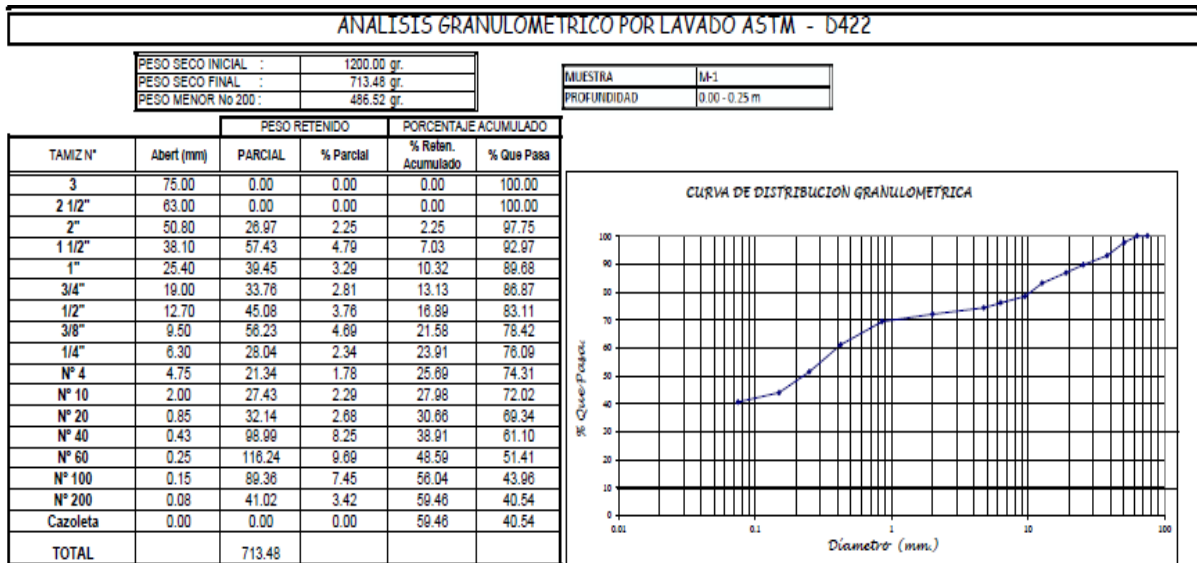
gravas, tal y como se puede apreciar en las fichas de ensayos granulométricos presentadas.

Se han realizado ensayos de capacidad portante CBR, a consideración del especialista del tramo, de igual manera se realizó el ensayo de Proctor Modificado, el cual teniendo en cuenta las características granulométricas podemos indicar que el método utilizado para este fin corresponde al Método A, de NTP 339.141.

De acuerdo a los resultados de CBR, obtenidos podemos indicar que los terrenos que van a sustentar la vía son de calidad de regular a buena. Al realizar las excavaciones se ha podido determinar que si bien se ha obtenido muestras saturadas, esta se ha debido a condiciones de infiltración por lluvia, mas no se ha encontrado niveles de Napa freática que pudieran ameritar un tratamiento especial para los terrenos del proyecto. Podemos indicar que los suelos analizados garantizan una adecuada estabilidad del terreno de fundación (sub rasante).

Por lo tanto, basado en los detalles de las progresivas, clasificación de los suelos, espesores de estratos y características mecánicas, se definió el perfil estratigráfico de la carretera del sector comprendido desde el Km. 0+000 al Km. 7+700, el cual presenta materiales granulares, friccionantes con pocos finos de adecuada resistencia, con sectores dispersos de limos y arcillas pertenecientes a los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.

• Análisis granulométrico



RESUMEN

MALLA	%QUE PASA	SUCS	SM		
N° 4	74.31	AASHTO	A-4 (0)	D60 =	TIPO MUESTRA ALTERADA
N° 10	72.02	% GRAVA	23.91	D30 =	Cu =
N° 40	61.10	% ARENA	35.54	D10 =	Cc =
N° 200	40.54	% FINOS	40.54		

CONDICION DE MUESTREO: Realizado por la parte solicitante

TIPO DE MUESTRA: Alterada tipo Mab.

4.2.2. Estudio geotécnico

a. Objetivos del estudio

El estudio de la geología y geotecnia tiene el propósito de conocer las características naturales del suelo por donde se desplaza la vía, así como el analizar, evaluar y dar recomendaciones de solución a los problemas naturales que puedan comprometer su construcción y posterior funcionamiento, tales como inestabilidad de taludes, inundaciones, erosiones y otros. Igualmente, localizar y evaluar el suministro de materiales que se requerirán para su construcción

b. Alcances

El estudio que se ha desarrollado a lo largo de la vía, con inicio en el Puente Corellama y fin en el centro poblado de Tambo, en una longitud de 7+770kms., comprende los siguientes aspectos:

- Interpretación de la geología y geomorfología regional, para conocer las diferentes formaciones geológicas que se emplazan en el área, así como su evolución en el tiempo, permitiendo ubicar al proyecto dentro de este contexto.
- Localización y análisis de los fenómenos de geodinámica interna y externa existentes en el área y que comprometen la seguridad de la vía.
- Determinación de las características geológicas–Geotécnicas de los suelos y rocas cortadas por la vía.
- Evaluación de Sismicidad.
- Análisis de Estabilidad de Taludes
- Localización y evaluación de los lugares de canteras que han de suministrar los materiales requeridos para la construcción; así como los puntos de aprovechamiento de agua

c. Método de trabajo

El estudio comprendió trabajos de gabinete y de campo:

- Una primera etapa de gabinete, donde se revisó y evaluó la formación existente, particularmente la cartografía geológica regional, así como informes de estudios de carreteras cercanas al área de interés.
- Trabajos de campo, consistentes en la verificación de la cartografía geológica regional y en el mapeo geológico de detalle a lo largo de la vía, con caracterización de los suelos y rocas de fundación; haciendo calicatas exploratorias con toma de muestras para su análisis en laboratorio; localización y evaluación de fenómenos de geodinámica interna y externa, así como estudio de lugares susceptibles de suministrar los materiales (agregados y rocas) para la construcción de la obra.
- Para la evaluación de los taludes, en campo se efectuó el llenado de las Hojas de Evaluación Preliminar de las condiciones actuales de los deslizamientos existentes y de los taludes de corte.
- Una segunda etapa de gabinete, luego de los trabajos de campo, donde se ha elaborado la cartografía correspondiente, hecho los análisis de las muestras y la elaboración del informe final.

d. Unidades geomorfológicas

En el área material del presente estudio se ha diferenciado las siguientes unidades geomorfológicas regionales tomando como base los criterios geográficos y morfo-estructurales: Ladera de valle andino, Colinas, valles y quebradas.

4.2.3. Estabilidad de taludes

a. Condiciones geotécnicas

Los depósitos de suelos en los primeros kilómetros si bien son depósitos medianamente consolidados con suelos densos y de buena resistencia en estado seco, debido a su geometría, es decir, pendientes por encima de 30°, presenta fuentes de agua y de arcillas plásticas que en su composición generan los deslizamientos.

Los parámetros de mecánica de suelos de los depósitos típicos de taludes deslizados son:

Resistencia (saturada)	: baja
Cohesión (saturada)	: 0 a 0.14 kg/cm ²
Fricción (saturada)	: 23 a 31°
Peso unitario seco	: 1.6 a 1.7 ton/m ³
Índice Plástico	: 5 a 21
Límite de Contracción	: 14.5 a 21.7
Finos	: 14 a 66%
Arenas	: 14 a 65 %
Gravas	: 0 a 38%
Permeabilidad	: 10 ⁻³ a 10 ⁻⁶ cm/seg
Clasificación	: CL, SC-SM, SC, GC, ML y GM

b. Análisis de la estabilidad

Con los resultados de los ensayos de laboratorio, la caracterización correspondiente y con la finalidad de ajustar los parámetros de resistencia obtenidos en el laboratorio se ejecutaron “back analysis” considerando la geometría actual de los taludes y los parámetros de suelo propuesto.

Para fines de establecer la condición actual de estabilidad se realizaron Análisis de la Estabilidad Estática; análisis considerando la influencia de las presiones de poro y las obras de estabilización; análisis sudeo-estático, se realizaron considerando un coeficiente sísmico de 0.10g.

El estudio de la estabilidad de taludes ha sido realizado utilizando una metodología de estudio que considera la recopilación de la información básica siguiente: Topográfica, Hidrológica e Hidráulica, Geológica y Sismológica y Mecánica de Suelos.

De acuerdo a los resultados de los estudios de riesgo sísmico se concluye que en los análisis seudo-estáticos de estabilidad de los depósitos de suelos se deberá considerar un coeficiente sísmico, de 0,10.

4.2.4. Estudio de canteras

Con la finalidad de ubicar volúmenes disponibles de materiales con características geotécnicas adecuadas en relación con el uso a dar, la facilidad de acceso, los procedimientos de explotación y la distancia de transporte, se efectuó el reconocimiento y estudio de los diversos tipos de materiales existentes en la zona y la calidad de los materiales para usos diversos, ha sido verificada mediante los siguientes ensayos estándar.

- Análisis granulométrico por tamizado (NTP 400.012).
- Límites de consistencia (NTP 339.129).
- Límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad
- Clasificación SUCS Clasificación AASHTO (NTP 339.134) (NTP 339.135)
- Contenido de humedad (NTP 339.127)
- Proctor modificado (NTP 339.141)
- Equivalente de arena (NTP 339.146)
- Abrasión (NTP 400.020)

a. Ubicación de canteras:

El estudio de fuentes de aprovisionamiento de materiales para obras, se realizó a lo largo de los tramos de estudio, habiéndose ubicado macizos

rocosos de origen sedimentario, medianamente meteorizadas en los cuales luego de realizar los trabajos de extracción, se obtuvo un material granular con gravas de perfil angular, caras fracturadas, aristas y/o superficies rugosa y diámetro máximo Promedio de 2”.

De los trabajos de reconocimiento se ubicaron posibles fuentes de material para afirmado, las que luego de una exploración realizadas en base a calicatas excavadas, las canteras en estudio están ubicadas en los siguientes lugares: Chicolon y Pomagón.

4.2.5. Estudio de fuentes de agua

a. Objetivos

Identificar fuente de agua factible de ser usada en las proximidades del trazo de la carretera caracterizando dicha fuente en función de los ensayos químicos que permitan definir su idoneidad en función de los requerimientos estándar establecidos por las normas MTC para su uso en los diversos elementos a construir en la carretera.

b. Características del agua en la fuente identificada

Se han evaluado las características químicas de muestras de agua tomada en el punto específico a lo largo de todo el recorrido, tomando una muestra, ya que al no presentarse rastros de contaminación alguna del curso de agua y/o manantial encontrado, se optó por realizar el ensayo a muestra única, misma que se indica a continuación:

Tramo: Km. 00+000.

c. Requisitos del agua

El agua sobre todo para emplearse en el concreto deberá ser limpia y libre de impurezas perjudiciales, tales como aceites, ácidos, álcalis y materia orgánica.

Tabla 14

Valores Límites para Fuentes de Agua

Ensayo	Límites Permisibles
Sólidos en Suspensión (ppm)	5000 máx.
Materia Orgánica (ppm)	300 máx.
Alcalinidad NaHCO (ppm)	1000 máx.
Sulfatos (ppm)	600 máx.
Cloruros (ppm)	1000 máx.
PH	5 a 8

4.3. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El drenaje de carreteras constituye uno de los aspectos básicos e imprescindibles en todos los proyectos que se ubican en zonas montañosas donde ocurren frecuentes e intensas precipitaciones. La falta y/o deficiencia de los sistemas de drenaje trae consigo el deterioro y destrucción parcial o total de las obras, en muy corto tiempo, incrementándose en consecuencia los costos por reposición y/o mantenimiento de las diversas obras.

Se debe realizar un adecuado diseño de estructuras de drenaje, porque su mal funcionamiento trae consigo su deterioro, incrementando el costo de reconstrucción y/o mantenimiento de diversas obras que constituyen el proyecto.

La presencia de infiltraciones de agua en zona alta, provoca la saturación en el talud en corte, desestabilizándolo y originando grandes deslizamientos de masa de suelos, la ausencia de drenes de coronación y la falta de un minucioso estudio de estabilidad de taludes, finalmente van a colmatar el sistema de cunetas y al mismo camino.

Para garantizar el éxito de proyectos de carreteras, se debe priorizar en el sistema de drenaje, porque la variación de cauces naturales, como son puentes, pontones, badenes, etc., pueden ocasionar erosión, socavamientos constantes, que deterioran las estructuras. Si se realiza un estudio adecuado, se puede reducir costos, tanto en mantenimiento, asegurando la estabilidad y el tiempo útil de las estructuras del Sistema, evitando inundaciones de lugares próximos al proyecto y pérdidas

económicas, como se ha registrado en la zona norte del Perú, durante fenómenos naturales como podemos mencionar el fenómeno de “El Niño”.

Es importante indicar que se debe contar con registros de precipitaciones de la zona de estudio, caso contrario se puede determinar haciendo uso del método indirecto de Análisis Regional, con datos hidrológicos de otra cuenca de características similares.

Es principal resaltar que debemos tener mucho cuidado en la ubicación del sistema transversal, como los son por ejemplo, las alcantarillas de alivio, no sólo que dañan frecuentemente terrenos agrícolas aledaños, sino que provocan erosión y socavamiento, que termina afectando negativamente las propias estructuras, la propiedad privada y el paisaje.

Se debe priorizar en poseer un adecuado sistema de drenaje, evitando la tendencia de siempre mezquinar o prescindir de los sistemas de drenaje de carreteras en el afán aparente de abaratar los costos de los proyectos, cuando en realidad se están incrementando tremendamente los costos de mantenimiento de los caminos.

4.3.1. Metodología

Se han considerado aspectos metodológicos que brinden el conocimiento preciso de la zona en estudio, para adoptar criterios que sustenten la toma de decisiones en el diseño geométrico, Hidráulico del sistema de drenaje del proyecto.

Realizándose los estudios en las siguientes etapas, trabajo de campo, recopilación de información, trabajo de gabinete, que son descritos a continuación:

- Se realizó el recorrido de la zona en estudio mediante la observación, se pudo obtener el reconocimiento, inventario, diagnóstico, análisis y síntesis de la infraestructura de drenaje existente y la proyectada.
- Se realizó la mayor recopilación de documentación existente de registros históricos posibles entre las cuales se pudo obtener la información hidrometeorológica y Cartográfica.

4.3.2. Diagnóstico e Inventario:

El sistema de drenaje de la zona se encuentra en mal estado, en referencia a la infraestructura de drenaje longitudinal, se pudo encontrar estructuras tales como cunetas colapsadas por la inestabilidad en los taludes, que provocan deslizamientos y asentamientos, falta de cunetas de coronación, que nos permiten minimizar la destrucción de recurso hídrico, falta de un adecuado mantenimiento, que ayuden a mejorar la funcionabilidad de las estructuras de drenaje, para poder garantizar la vida útil del proyecto a un menor costo.

En referencia al sistema de drenaje transversal, las alcantarillas con tubería TMC y de concreto, se encuentran de regular estado a mal estado, por encontrarse colapsada tanto en entradas como en salidas de las estructuras; encontramos pases de agua que no cumplen con la función establecidas por su total o parcial colapso, debiéndose reemplazar por estructuras como aliviaderos o alcantarillas, para que cumplan con la funcionabilidad de evacuación de aguas, evitando su erosión.

Se pudo observar y evaluar badenes que por el desgaste constante de agua y el tránsito de vehículos y la falta de mantenimiento se encuentra colapsadas, necesitando un cambio y en algunos casos erradicación para garantizar la protección del proyecto.

En lo referente a los pontones de mampostería de piedra y tablero de madera merecen reemplazarse con estructuras de concreto armado.

A continuación, se presenta un resumen general de las obras de drenaje, tanto existentes, como proyectadas.

Tabla 15

Resumen del inventario hidrológico de la vía, obras de arte, alcantarillas existentes y proyectadas

Nº	PROGRESIVA	SOLUCIÓN PROPUESTA	TIPO DE ESTRUCTURA	LUZ/ DIÁMETRO	ESTADO ACTUAL
1	00+280	PROYECTAR	ALCANTARILLA TMC	Ø 36"	No existe estructura
2	00+611	PROYECTAR	ALCANTARILLA CAJON	1.50mx1.20m	No existe estructura
3	00+820	PROYECTAR	ALCANTARILLA TMC	Ø 36"	No existe estructura
4	01+240	PROYECTAR	ALCANTARILLA TMC	Ø 36"	No existe estructura

5	02+023	PROYECTAR	ALCANTARILLA TMC	Ø 36"	No existe estructura
6	02+360	PROYECTAR	ALCANTARILLA TMC	Ø 36"	No existe estructura
7	02+600	PROYECTAR	ALCANTARILLA TMC	Ø 36"	No existe estructura
8	03+09	NO INTERVENIR	PUENTE	12.3	existe estructura
9	03+320	PROYECTAR	BADEN	14.31	existe estructura
10	03+560	PROYECTAR	ALCANTARILLA CAJON	1.20mx1.20m	No existe estructura
11	03+740	PROYECTAR	ALCANTARILLA CAJON	1.20mx1.20m	No existe estructura
12	04+152	PROYECTAR	ALCANTARILLA TMC	Ø 48"	No existe estructura
13	04+360	PROYECTAR	BADEN	14.28	existe estructura
14	04+650	PROYECTAR	ALCANTARILLA CAJON	1.50mx1.20m	No existe estructura
15	05+005	PROYECTAR	ALCANTARILLA CAJON	2.00mx1.20m	No existe estructura
16	05+800	PROYECTAR	ALCANTARILLA CAJON	1.20mx1.00m	No existe estructura
17	06+640	PROYECTAR	PASE DE AGUA	28.1	existe estructura
18	06+900	PROYECTAR	ALCANTARILLA TMC	Ø 48"	No existe estructura
19	07+400	PROYECTAR	ALCANTARILLA TMC	Ø 48"	No existe estructura
20	07+760	NO INTERVENIR	PUENTE	BUENO	existe estructura

4.3.3. Información hidro meteorológica y cartográfica

a. Información hidrometeorológica general

De acuerdo al análisis regional de variables climatológicas, se pueden describir las características de variabilidad espacial y temporal de los componentes climatológicos promedio en la zona de influencia, teniendo en cuenta que el área drenable tiene una variabilidad de 4 000 m.s.n.m. en la naciente del Río Llaucano, hasta unos 540 m.s.n.m. en el Río Marañón.

Se utilizaron tres estaciones, Bambamarca (km: 36.000) y Chota (km: 55+487.092). A continuación, la ubicación respectiva, mediante un mapa:



b. Pluviosidad:

Espacialmente, el módulo pluviométrico promedio en la zona de influencia del área drenable del proyecto, varía desde unos 800 mm/año a 1 600 mm/año. En cuanto a su distribución temporal, podríamos afirmar que, del total de la lámina precipitada, alrededor del 75% cae en el periodo húmedo (enero - Abril), un 5% en el periodo de estiaje (Mayo - Agosto) y el 20% en el periodo de transición (Septiembre - Diciembre). Se entiende por Módulo Pluviométrico, al promedio anual de la lámina precipitada.

Como se puede observar en los registros el periodo de mayor lámina de precipitación se da en periodo húmedo, y las de menor precipitación se dan en periodo de estiaje donde se reduce considerablemente.

Al analizar las tormentas de mayores láminas de precipitación, no siempre se han dado cuando existe mayor intensidad, esto nos lleva a observar una variabilidad y comportamiento en el tiempo y espacio. Para este caso optaremos por un análisis regional de las tormentas más críticas en materia de intensidades, ya que son estas las que generan grandes volúmenes de

escorrentía directa, los que hay que evacuar rápidamente a través de los sistemas de drenaje superficial.

c. Temperatura

Realizando un análisis del régimen térmico de la zona de estudio para el proyecto, se puede deducir que los promedios mensuales se mantienen casi estacionarios, con diferencias despreciables. Se pudo observar una marcada variación en cuanto a altitud y promedios extremos máximos y mínimos.

d. Humedad relativa

La variación de la humedad de la zona de estudio, también es de acuerdo a la altitud y periodo de humedad y estiajes, registrándose el promedio de humedad de 50% en la sub cuenca del Llaucano, hasta 70% en el río Marañón que es el punto final y más bajo.

e. Evapotranspiración

Se pudo registrar que la evaporación potencial promedio anual, en la zona de influencia del proyecto de unos 4.0 mm /día en la cuenca alta del río Llaucán. Teniendo en cuenta los índices climáticos promedio antes descritos y el criterio de clasificación climática de Thornwaite, el clima promedio de la zona del proyecto es muy variado desde seco – muy frío en la sub cuenca del río Llaucano

4.3.4. Información climática específica

a. Clima

En consecuencia, de acuerdo con los índices climáticos promedio antes descritos y teniendo en cuenta el criterio de clasificación climática de Thornwaite, las características climáticas promedio de la zona hacen prever un clima entre un subhúmedo y frío, en temporada de lluvias (enero a marzo), hasta un clima seco y frío, en temporada estiaje (abril - agosto), extendiéndose incluso a todo el periodo de transición (septiembre a diciembre) y donde ocurren también fuertes heladas.

b. Recopilación

El proyecto se encuentra ubicado en la sub cuenca del río Llaucano, que influye directamente en la carretera en estudio, por este motivo debemos recurrir a la información de registros pluviográficos de intensidades de máximas precipitaciones que es la más adecuada. Aunque estos registros no existen en la zona de estudio, se debe realizar metodologías de transposición de información, de zonas que cuenten con registros y del mismo sistema hidrológico a nuestra zona en estudio, partiendo para ello de variables regionales y de parámetros geomorfológicos más representativos o de mayor relevancia, que ayuden a optimizar nuestra información y obtener mejores resultados.

La información pluviográfica sobre precipitaciones máximas diarias anuales para el presente estudio está constituida por los resultados del análisis de frecuencias de 21 bandas pluviográficas correspondientes al mismo número de años de registro histórico de las tormentas anuales más críticas registradas en la estaciones, Bambamarca, Chota, El palto, de las cuales las dos primeras se ubican en departamento de Cajamarca, mientras que la última en el Departamento de Amazonas. Que son controladas por el Servicio Nacional de Meteorología del Perú “SENAMHI”, Que serán transferidas a la zona de influencia del proyecto mediante el criterio de “cantidad de agua precipitable” mediante un coeficiente de transferencia.

Tabla 16

Estaciones climatológicas origen y destino

ESTACIÓN	UBICACIÓN		COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m.)	PLUVIOSIDAD (mm/ año)	OBSERVACIONES
	PROV.	DPTO.	LONG.	LAT.			
Bambamarca	Hualgayoc	Cajamarca	W 78°31’’	S 06°40’	2536	1400	Categoría CP

4.3.5. Hidrología del sistema de drenaje

El sistema del drenaje del proyecto está conformado por un sistema de drenaje longitudinal, como son cunetas, canales de coronación, y el sistema de drenaje transversal de evacuación de aguas, como podemos encontrar, alcantarillas, pontones, puentes, y badenes y pases de agua.

En especial debemos tener especial cuidado en el diseño de las estructuras de cunetas y canales de coronación, pues cumplen la función de captación de la escorrentía directa, que serán conducidas a las estructuras de drenaje transversal para su rápida evacuación, evitando la erosión del recurso hídrico, y optimizando su funcionamiento del proyecto.

a. Intensidades de diseño

Teniendo en cuenta la categoría de la carretera, la seguridad y la economía del proyecto, las intensidades máximas de diseño, para los tramos en consideración, se seleccionan de acuerdo a las condiciones y criterios siguientes:

$$I_{max} = Y * (Tc^{-0.75})$$

Y= valor obtenido del modelamiento de curvas IDF

b. Máxima escorrentía directa en cunetas:

El coeficiente de escorrentía directa se obtiene de acuerdo a la zona, teniendo en cuenta el relieve del terreno, permeabilidad del suelo, vegetación y capacidad de retención.

El caudal máximo de escorrentía directa se estima mediante el Método Racional de la ecuación siguiente:

$$Q_{MAX} = \frac{CIA}{360} \quad (8)$$

Q_{MAX} = Gasto máximo de escorrentía directa, m³/s.

I = Intensidad máxima de diseño, mm/h

A = Área colectora, Ha

C = Coeficiente de escorrentía directa

Mediante la aplicación de la ecuación, teniendo en cuenta además las longitudes de los elementos interceptores de flujo, se obtienen los gastos de escorrentía máximos.

4.3.6. Degradación de la Cuenca y Transporte de Sedimentos

Lo accidentado del relieve de la cuenca, escasa cobertura vegetal, alta pluviosidad (1 400 mm/año) e intensas precipitaciones, hace prever una alta capacidad erosiva del área drenable del proyecto.

a. Pérdida de Suelo

La degradación de la cuenca se debe, generalmente, a la erosión hídrica y al transporte de sólidos por la escorrentía directa. El potencial erosivo tiene relación directa con la pendiente de la cuenca y el grado de pluviosidad, esta relación puede expresarse mediante la ecuación anterior. Dada la importancia de esta ecuación, se define a continuación las variables y parámetros involucrados.

Degradación: Pérdida de suelo desde el área tributaria.

Módulo Pluviométrico: Lámina de precipitación total anual.

Coefficiente Orográfico: Parámetro adimensional que explica la potencialidad dinámica e hidroenergética del sistema hidrológico, y por tanto el potencial erosivo.

Factor de Entrega: No todo el material removido o erosionado abandona el sistema hidrológico, junto con el agua de escorrentía, sino, que parte del material sólido vuelve a sedimentarse en las depresiones y áreas bajas de menor pendiente de la misma cuenca. El coeficiente por el que hay que multiplicar la degradación potencial, para obtener la cantidad neta de sólidos que abandona el sistema se llama Factor de Entrega, es siempre menor que la unidad y depende del tamaño del área receptora-colectora. Aumenta al disminuir el área y viceversa.

$$S = 2.65 \text{Log} \frac{P}{p_m} + 0.46 \text{Log}(C_o - 1.56)$$

$$C_o = H^2 / A$$

S: Degradación específica, Tn./Ha x año

P_m: Precipitación del mes de Máxima pluviosidad, mm

P : Módulo pluviométrico, mm

C_o : Coeficiente orográfico, %

H: Altitud media del área colectora

A: Área colectora

H: 3506.47 m

A: 164500000 m²

$C_o = 24.12\%$

Reemplazando valores:

$$S = 2.65 \times \text{Log} \left(\frac{1600}{48.8} \right) + 0.46 \times \text{Log}(24.12\% - 1.56)$$

Se obtiene el potencial erosivo de 4.64 tn / (ha)x(año)

4.3.7. Hidráulica del drenaje superficial

Uno de los aspectos más importantes en la hidráulica del drenaje transversal (puentes, pontones, alcantarillas, badenes) es, sin lugar a dudas, la modificación que puede sufrir la sección transversal del cauce, debido a la presencia de las estructuras de paso, tanto en su geometría como en sus dimensiones transversales. Es de hacer hincapié que, en lo posible la sección transversal del cauce no debe ser modificada, sobre todo en sus dimensiones naturales, pues los ensanchamientos o estrechamientos modifican completamente el patrón de flujo, cuya distorsión provoca sedimentación o erosión localizada y por lo tanto, daños debido a inundaciones o por socavamientos.

El cálculo hidráulico del sistema de drenaje, por gravedad, se realiza mediante la ecuación (10) de Manning.

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

Q = Gasto de conducción, m³/s

A = Área hidráulica, m²

R = Radio hidráulico, m

S = Gradiente hidráulico

n = Rugosidad de Manning

a. Hidráulica de Cunetas

Las cunetas se han diseñado con un ángulo de reposo de taludes muy superior al ángulo de reposo del material en estado saturado, sin revestimiento, con caudales equivalentes al 30% del flujo drenable total; puesto que el 70% de la escorrentía lo constituye el flujo concentrado en las depresiones de los cauces establecidos.

Diseño de Cuneta Típica del tramo del km 00+ al 00+611

Datos de entrada:

Área de influencia del tramo de cuneta	=	0.0507325Km ²
Longitud del cauce principal	=	0.6253 Km
Coefficiente de escorrentía	=	0.23
Pendiente del área de influencia	=	0.256m/m
Tiempo de concentración	=	26.32 min

Datos de salida: Haciendo uso de las ecuaciones, se obtiene:

$$I_{max.} = 55.86$$

$$Q_h = 0.164\text{m}^3/\text{seg}$$

Capacidad Hidráulica de La Cuneta

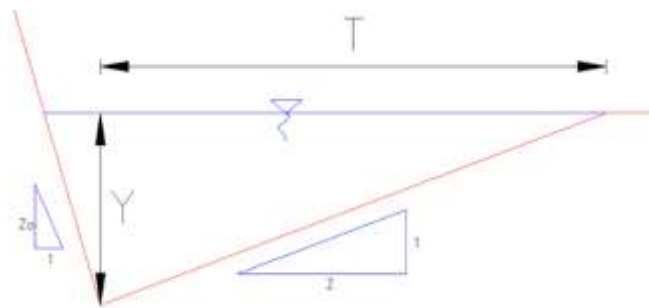


Figura 10: Elementos en la sección Triangular

- Pendiente de la Subrasante (S_o): $S_o = 4.43$, Obtenido del perfil de terreno.
- Coeficiente de Rugosidad (n): $n = 0.025$
- Coeficiente de Z_o , Z_1 :

$$Z_o = 0.5$$

$$Z1 = 3.0$$

- Tirante Hidráulico: $Y = 0.30 \text{ m}$
- Espejo de Agua: $T = 0.90 \text{ m}$
- Área hidráulica de la Cuneta:

$$Ah = \left(\frac{Y * T}{2} \right) = 0.1575 \text{ m}$$

- Perímetro Mojado:

$$Ph = (y + (\sqrt{y^2 + T^2})) = 1.39 \text{ m}$$

- Radio Hidráulico:

$$Rh = \frac{Rh}{Ph} = 0.113 \text{ m}$$

- Caudal que puede evacuar la cuneta, usamos la ecuación de Maning (9)

$$Q = 0.3101939 \text{ m}^3/\text{seg}$$

- Velocidad de agua en la cuneta:

$$Vh = \frac{Q}{Ah} = 2.14$$

Comprobación de caudales

$$Q_h < Q \dots \text{OK}$$

$$0.164 \text{ m}^3/\text{seg} < 0.3101939 \text{ m}^3/\text{seg} \text{ OK}$$

Se conmueva que el caudal que puede evacuar la cuneta con las dimensiones establecidas, es mayor que el caudal que se necesita evacuar. Por lo tanto, la cuneta es capaz de soportar todo el caudal de escorrentía. Siguiendo el mismo procedimiento, se calculó la máxima escorrentía y capacidad hidráulica para todos los tramos de cunetas a lo largo de la carretera en estudio.

Tabla 17

Cálculo del caudal hidrológico para cunetas

PROGRESIVA	LONG.	COTA		ÁREA	De plano de cuencas y microcuencas (mch-t1-001)					COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	SUPERFICIE DE LA CUENCA	LONGITUD DEL CURSO PRINCIPAL	PENDIENTE	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	INTENSIDAD MÁXIMA	CAUDAL HIDROLÓGICO PARA LA CUNETAS	PROFUNDIDAD TOTAL DE LA CUNETAS	ANCHO SUPERIOR DE LA CUNETAS	TALUD LADERA		TALUD CARRETERA		COEF. MANING	PENDIENTE CUNETAS	TIRANTE	ESPEJO DE AGUA	AREA HIDRAULICA	PERIMETRO MOJADO	RADIO HIDRAULICO	CAUDAL QUE PUEDE EVACUAR LA CUNETAS	VELOCIDAD DE AGUA EN LA CUNETAS	¿SE NECESITA ALIVIADERO EN ESTE TRAMO?			
		Superior	Inferior		K1	K2	K3	K4	Σk										"C"	"A"	"L"	"S"											"Tc"	"Imá"	Qhidrológico y Cunetas
INICIAL	FINAL	"L"	SUPERIOR	INFERIOR	"Ac"						"C"	"A"	"L"	"S"	"Tc"	"Imá"	Qhidrológico y Cunetas	"H"	"b"	Horz.	Vert.	Horz.	Vert.	Coef.	So	Y	T	Ab	Pm	Rh	"QDcunetas"	"V"			
i	i+1	(m)	(m.s.n.m.)	(m.s.n.m.)	N°	(m²)					(Adimen.)	(Km²)	(Km)	(m/m)	(min.)	(mm/h)	(m³/seg)	(m)	(m)	(Zo)	1	(Z1)	1	(n)	(%)	(m)	(m)	(m²)	(m)	(m)	(m³/s)	(m/s)	(Adim.)		
00+000.0	00+0+61	625.30	2710.00	2550.00	1	50,732.46	10.00	5.00	5.00	5.00	25.00	0.23	0.050732	0.625	0.256	16.32	55.86	0.164	0.30	1.05	0.5	1	1	3.0	0.025	4.43	0.30	1.05	0.158	1.39	0.113	0.310	1.97	No	
00+611	00+611	1046.67	2850.00	2550.00	2	792,696.31	10.00	5.00	5.00	5.00	25.00	0.23	0.792696	1.047	0.287	23.63	42.32	1.940			0.5	1	1	3.0	0.025										
00+611	1+240	349.66	2590.00	2550.00	3	71,756.65	10.00	5.00	5.00	5.00	25.00	0.23	0.071757	0.350	0.114	12.23	69.36	0.288	0.30	1.05	0.5	1	1	3.0	0.025	0.20	0.30	1.05	0.158	1.39	0.113	0.066	0.42	Sí	
1+240	2+023	1076.68	2850.00	2550.00	4	393,077.16	10.00	5.00	5.00	5.00	25.00	0.23	0.393077	1.077	0.279	24.27	41.48	0.943	0.30	1.05	0.5	1	1	3.0	0.025	6.58	0.30	1.05	0.158	1.39	0.113	0.378	2.40	Sí	
2+023	2+023	1212.06	2900.00	2550.00	5	563,427.98	10.00	5.00	5.00	5.00	25.00	0.23	0.563428	1.212	0.289	26.38	38.97	1.270			0.5	1	1	3.0	0.025										
2+023	2+360	864.88	2900.00	2600.00	6	487,137.83	10.00	5.00	5.00	5.00	25.00	0.23	0.487138	0.865	0.347	19.71	48.48	1.366	0.30	1.05	0.5	1	1	3.0	0.025	3.96	0.30	1.05	0.158	1.39	0.113	0.293	1.86	Sí	
2+360	2+600	864.88	2900.00	2550.00	7	487,137.83	10.00	5.00	5.00	5.00	25.00	0.23	0.487138	0.865	0.405	19.14	49.56	1.396	0.30	1.05	0.5	1	1	3.0	0.025	7.96	0.30	1.05	0.158	1.39	0.113	0.416	2.64	Sí	
2+600	3+080	864.88	2900.00	2550.00	8	487,137.83	10.00	5.00	5.00	5.00	25.00	0.23	0.487138	0.865	0.405	19.14	49.56	1.396	0.30	1.05	0.5			3.0	0.025	4.00	0.30	1.05	0.158	1.39	0.113	0.295	1.87	Sí	
3+100	3+100	29575.30	2900.00	2550.00	9	154,232,369.15	10.00	10.00	10.00	5.00	35.00	0.37	154.232369	29.575	0.012	548.63	4.00	56.438			0.5	1	1	3.0	0.025										
3+100	3+660	1689.49	2600.00	2550.00	10	499,120.23	10.00	10.00	10.00	5.00	35.00	0.37	0.499120	1.689	0.030	52.34	23.31	1.064	0.30	1.05	0.5	1	1	3.0	0.025	6.45	0.30	1.05	0.158	1.39	0.113	0.374	2.38	Sí	
3+690	4+220	1431.34	2770.00	2600.00	11	423,269.80	30.00	15.00	10.00	10.00	65.00	0.61	0.423270	1.431	0.119	35.44	31.23	2.027	0.30	1.05	0.5	1	1	3.0	0.025	9.04	0.30	1.05	0.158	1.39	0.113	0.443	2.81	Sí	
4+152	4+650	720.89	2730.00	2620.00	12	95,443.83	30.00	15.00	10.00	10.00	65.00	0.61	0.095444	0.721	0.153	20.06	47.85	0.700	0.30	1.05	0.5	1	1	3.0	0.025	6.61	0.30	1.05	0.158	1.39	0.113	0.379	2.41	Sí	
4+650	4+650	1572.66	2930.00	2620.00	13	40,171.84	10.00	5.00	5.00	5.00	25.00	0.23	0.040172	1.573	0.197	34.57	31.81	0.074			0.5	1	1	3.0	0.025										
5+005	5+005	4817.59	3350.00	2630.00	14	4,589,011.24	10.00	5.00	5.00	5.00	25.00	0.23	4.589011	4.818	0.149	85.32	16.16	4.287			0.5	1	1	3.0	0.025										
5+005	6+640	1426.97	2780.00	2650.00	15	237,261.21	30.00	15.00	15.00	15.00	75.00	0.67	0.237261	1.427	0.091	37.18	30.12	1.198	0.30	1.05	0.5	1	1	3.0	0.025	9.19	0.30	1.05	0.158	1.39	0.113	0.447	2.84	Sí	
6+640	6+900	1011.92	2850.00	2750.00	16	376,051.90	30.00	15.00	15.00	10.00	70.00	0.64	0.376052	1.012	0.099	28.19	37.07	2.241	0.30	1.05	0.5	1	1	3.0	0.025	9.03	0.30	1.05	0.158	1.39	0.113	0.443	2.81	Sí	
6+900	7+745	1011.92	2880.00	2775.00	17	376,051.90	30.00	15.00	15.00	10.00	70.00	0.64	0.376052	1.012	0.104	27.93	37.33	2.256	0.30	1.05	0.5	1	1	3.0	0.025	9.33	0.30	1.05	0.158	1.39	0.113	0.450	2.86	Sí	

b. Hidráulica de Alcantarillas

En general, la geometría de la sección transversal de las alcantarillas será de la forma circular. Habrá dos tipos de alcantarillas, de acuerdo con su ubicación, las que obligadamente se sitúan en las depresiones topográficas o cauces naturales establecidos y las que se ubican en puntos sin cursos establecidos. Ambas, se dimensionarán con los caudales máximos de escorrentía obtenidos en el estudio hidrológico.

Alcantarillas ubicadas en depresiones o cauces establecidos

Este tipo de alcantarillas, se proyectarán con capacidad para evacuar rápidamente las descargas máximas concentradas en cada depresión, más el caudal que entrega la cuneta o las cunetas cuando exista contra pendientes con confluencia en el mismo cauce.

Estas alcantarillas, de sección circular, serán metálicas tipo TMC (coeficiente de Manning: $n = 0.032$). La capacidad será tal, que permita evacuar el caudal máximo obtenido del estudio hidrológico, más el gasto sólido de arrastre. El diseño deberá satisfacer la velocidad crítica de arrastre, a fin de controlar la sedimentación.

Velocidad crítica de arrastre: Existen distintos criterios para estimar la velocidad crítica de arrastre. Para nuestro caso lo estableceremos con el tirante crítico del flujo. Que existe cuando el caudal es máximo.

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{T_c}$$

Monograma para determinar el tirante de secciones rectangular, trapezoidal y circular

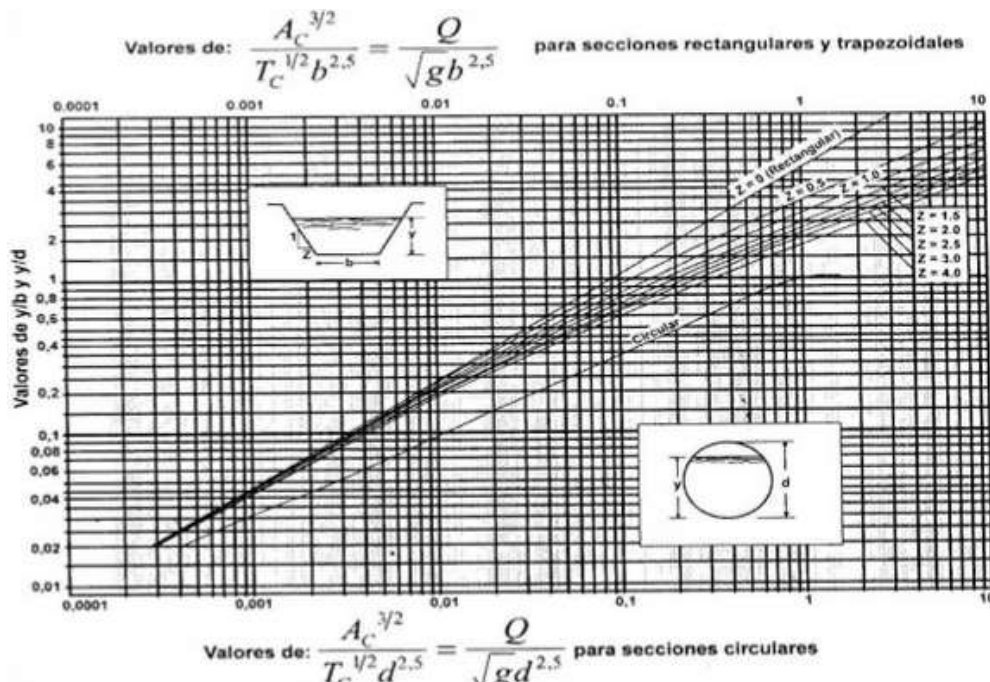


Figura 11. Hidráulica de canales

Alcantarillas ubicadas en puntos sin cursos establecidos (aliviaderos)

Este tipo de alcantarillas se sitúan, necesariamente, en tramos en contra pendiente, y en otros casos, cuando la distancia entre alcantarillas de depresiones sea muy grande, pudiendo en este caso la cuneta exceder su capacidad de conducción y desbordar, deteriorando la vía. En este último caso, se ha previsto colocar alcantarillas intermedias, cuando la distancia entre 2 alcantarillas de depresión consecutivas sea mayor que 300 m. La ubicación de estas alcantarillas deberá hacerse con criterio técnico con el objeto de no provocar cambios debido a fenómenos erosivos.

Cuando la evacuación no se hace hacia áreas de pendiente moderada y geológicamente estables, pronto aparecen cárcavas que van progresando con el tiempo, erosionando y arrastrando masas de suelo cada vez más grandes, hasta el punto de deteriorar y desestabilizar la misma vía. La ubicación de este tipo de alcantarillas en relieves fuertes y escarpados, en zonas de alta pluviosidad, provoca serios problemas de impacto ambiental negativo, destruyendo el suelo y el paisaje. Cuando la evacuación tiene que realizarse inevitablemente hacia áreas vulnerables a la erosión, se recomienda que el agua sea conducida hasta los cauces naturales más próximos, ya sea mediante

canales revestidos, dotados con sistemas de disipación de energía, o mediante tuberías; pero ello naturalmente implica incrementar los costos del proyecto; incrementos que habría que sopesar con los costos de Impacto Ambiental negativo.

La práctica actual de la Ingeniería de Carreteras, en el afán de reducir los costos a un mínimo valor, se mezquina mucho el sistema de drenaje y la estabilidad de taludes en corte de laderas; hecho que, a la larga, el proyecto resulta siendo muchísimo más costoso por la frecuencia con que se realiza el mantenimiento o reposición de la vía.

Al igual que las alcantarillas en depresiones, las alcantarillas aliviaderos tendrán la misma geometría y serán del mismo material, esto es, metálicas tipo TMC ($n = 0.022$). La capacidad de conducción será tal, que permita evacuar rápidamente el caudal previsto en el estudio hidrológico, más los sólidos de arrastre y en suspensión. En caso de cunetas en contra pendiente, la alcantarilla será capaz de evacuar las descargas, tanto de líquidos como de sólidos, que provienen de ambos lados de las cunetas.

El cálculo hidráulico de alcantarillas, cualquiera que sea el tipo, se realiza también mediante la ecuación (9) de Manning. En concordancia con la topografía del cauce, se ha procurado siempre un diseño en régimen supercrítico, muy cercano al límite crítico; lo cual permitirá una *máxima capacidad vertedora de la alcantarilla con auto limpieza hidráulica* del probable material sedimentario. De acuerdo a lo anteriormente dicho, todos los *Números de Froude del drenaje transversal están comprendidos entre el valor mínimo de 1.002 hasta un máximo 1.21*, con lo cual queda demostrado la eficacia del funcionamiento del sistema transversal.

• **Estructuras transversales de sección circular (alcantarillas)**

Las estructuras transversales, de sección circular, están constituidas por las alcantarillas metálicas tipo **TMC** proyectadas para todos los tres tramos del proyecto; decisión adoptada no sólo por la facilidad de transporte y de colocación, sino también por la escasez de agregados locales para la preparación de concreto armado.

El cálculo hidráulico de alcantarillas se realiza mediante la aplicación de la ecuación de Manning (10), teniendo en cuenta los elementos hidráulicos de la sección circular dadas por las expresiones (11), (12) y (13). Los resultados de tales cálculos se presentan en los cuadros correspondientes,

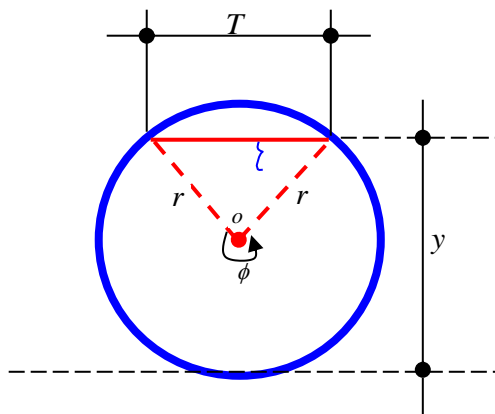


Figura 12: Elementos en la sección transversal circular

$$A = \frac{r^2}{2} (\phi - \text{Sen } \phi)$$

$$P_m = \phi * r = \phi \frac{D}{2}$$

$$R = \frac{A}{P_m} = \frac{r}{2} \left(1 - \frac{\text{Sen } \phi}{\phi} \right)$$

A = Área hidráulica

D = Diámetro

P_m = Perímetro mojado

R = Radio hidráulico

y = Tirante hidráulico

T = Pelo de agua

• Estructuras transversales de sección parabólica (badenes)

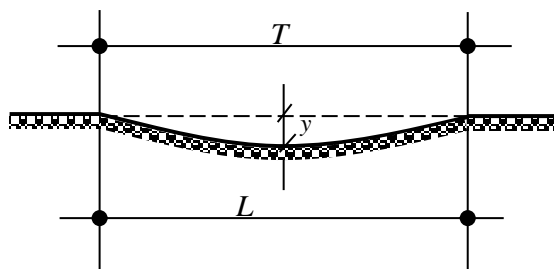


Figura 13: Elementos de la sección parabólica

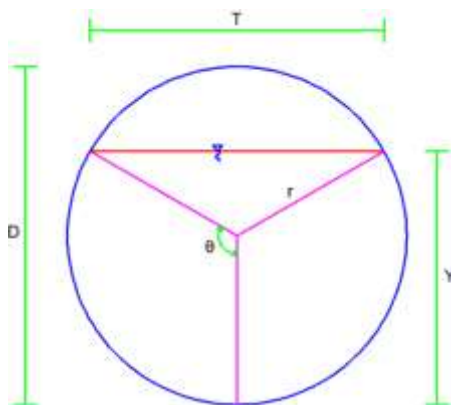
Los elementos de la sección transversal de la forma parabólica se expresan mediante las ecuaciones (13), (14) y (15). También el cálculo hidráulico de esta sección transversal se realiza mediante la ecuación de Manning.

$$A = \frac{2}{3} T * y$$

$$P_m \cong T \left[1 + \frac{2}{3} \left(\frac{y}{T} \right)^2 - \frac{2}{5} \left(\frac{y}{T} \right)^4 \right]$$

$$R = \frac{A}{P_m}$$

- A = Área hidráulica
- P_m = Perímetro mojado
- R = Radio hidráulico
- T = Pelo de agua
- L = Longitud
- y = Tirante hidráulico



$$\text{Tirante (Y)} = 0 \leq (Y/D) \leq 1$$

$$\text{Ángulo } (\theta) = \arccos(1 - 2Y/D)$$

$$\text{Área (A)} = \left(\frac{\theta - \frac{\text{Sen} \theta}{2}}{4} \right) * D^2$$

$$\text{Perímetro Mojado (P)} = \theta * D$$

$$\text{Radio Hidráulico (Rh)} = \left(\frac{1 - \frac{\text{Sen} \theta}{2}}{\theta} \right) * D$$

$$\text{Pelo de Agua (T)} = 2 * \sqrt{Y(D - Y)}$$

$$V = \frac{\left(\frac{2}{R^3}\right) * (S^2)}{n}$$

$$F = \frac{V}{\left(g * \left(\frac{A}{T}\right)\right)^{\frac{1}{2}}}$$

Tipo de Flujo:

- Flujo Subcrítico si $F < 1$, en este estado las fuerzas de gravedad se hacen dominantes, por lo que el flujo tiene baja velocidad, siendo tranquilo y lento. En este tipo de flujo, toda singularidad tiene influencia hacia aguas arriba.

- Flujo crítico, si $F = 1$, en este estado, las fuerzas de inercia y gravedad están en equilibrio.

- Flujo Super crítico, si $F > 1$, en este estado las fuerzas de inercia son más pronunciadas, por lo que el flujo tiene una gran velocidad, siendo rápido o torrencioso. En este tipo de flujo, toda singularidad, tiene influencia hacia aguas abajo.

Tabla 18

Cuadro resumen de gastos máximos de descarga en cauces naturales

N°	UBICACIÓN DE OBRA DE ARTE	TIPO	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA	COTA		ÁREA DE LA CUENCA PARA O.A.	ÁREA	De plano de cuencas y microcuencas (mch-t1-001)					COEF. DE ESCORRENTIA	"A"	LONGITUD DEL CURSO PRINCIPAL	PENDIENTE	TIEMPO DE CONCENT.	INTENSIDAD MÁXIMA	Q _{Diseño_O.A.}			
				"L"	Superior			Inferior	RELACIÓN	K1	K2	K3								K4	ΣK	"C"
				(m)	(m.s.n.m.)			(m.s.n.m.)	N.º	(m ²)	Adimen.	(Km ²)								(Km)	(m/m)	(mín.)
1	00+280	ALCANTARILLA TMC Ø 36" - 01	625.30	2710.00	2550.00	S1	-	-	-	-	-	-	-	0.625	0.256	16.322	65.265	0.164				
2	00+611	ALCANTARILLA CAJON - 01	1046.67	2850.00	2550.00	p1	-	-	-	-	--	-	-	1.047	0.287	23.629	49.452	1.940				
3	00+825	ALCANTARILLA TMC Ø 36" - 02	349.66	2590.00	2550.00	S2	-	-	-	-	-	-	-	0.350	0.114	12.228	81.050	0.288				
4	1+240	ALCANTARILLA TMC Ø 36" - 03	1076.68	2900.00	2550.00	S2	-	-	-	-	-	-	-	1.077	0.325	23.571	49.542	0.943				
5	2+023	ALCANTARILLA TMC Ø 36" - 04	1212.06	2900.00	2550.00	P2	-	-	-	-	-	-	-	1.212	0.289	26.378	45.533	1.270				
6	2+360	ALCANTARILLA TMC Ø 36" - 05	864.88	2890.00	2580.00	S3	-	-	-	-	-	-	-	0.865	0.358	19.589	56.917	1.366				
7	2+600	ALCANTARILLA TMC Ø 36" - 06	864.88	2900.00	2550.00	S3	-	-	-	-	-	-	-	0.865	0.405	19.143	57.910	1.396				
8	3+560	ALCANTARILLA CAJON - 02	1689.49	2600.00	2550.00	S3	-	-	-	-	-	-	-	1.689	0.030	52.340	27.235	3.091				
10	3+740	ALCANTARILLA CAJON - 03	1431.34	2770.00	2600.00	S4	-	-	-	-	-	-	-	1.431	0.119	35.436	36.490	2.027				
11	4+152	ALCANTARILLA TMC Ø 36" - 01	720.89	2730.00	2620.00	P3	-	-	-	-	-	-	-	0.721	0.153	20.062	55.908	1.60				
12	4+650	ALCANTARILLA CAJON - 04	1572.66	2655.00	2620.00	S5	-	-	-	-	-	-	-	1.573	0.022	52.324	27.242	0.700				
13	5+005	ALCANTARILLA CAJON - 05	4817.59	3350.00	2630.00	P4	-	-	-	-	-	-	-	4.818	0.149	85.323	18.878	4.870				
14	5+800	ALCANTARILLA CAJON-06	1426.97	2780.00	2650.00	P5	-	-	-	-	-	-	-	1.427	0.091	37.181	35.198	1.198				
15	6+900	ALCANTARILLA TMC Ø 48" - 02	1011.92	2850.00	2750.00	S7	-	-	-	-	-	-	-	1.012	0.099	28.194	43.315	2.241				
16	7+400	ALCANTARILLA TMC Ø 48" - 03	1011.92	2880.00	2775.00	S7	-	-	-	-	-	-	-	1.012	0.104	27.934	43.617	2.560				

ALCANTARILLA TIPO CAJON
CÁLCULOS DE ELEMENTOS HIDRÁULICOS DE OBRAS DE ARTE

N°	UBICACIÓN DE OBRAS DE ARTE	TIPO	Q diseño de O.A. (m ³ /seg)	Forma	Material	S	n	Y/H	Tirante Hidráulico (Y)	DIMENSIONES DE ALCANTARILLA		Área Hidráulica (Ah)	Perímetro Mojado (P)	Radio Hidráulico (Rh)	Pelo de agua (T)	Velocidad (m/seg)	Nº Froude "F"	TIPO DE FLUJO	Hv	Energía Específica "E" (m-kg/kg)
										L (m)	H (m)									
1	00+611	Cajón	1.940	RECT	CONCRETO	2.00%	0.013	0.46	0.555	1.500	1.200	0.832	2.609	0.319	1.500	2.332	1.000	CRÍTICO	0.277	0.832
2	03+560	Cajón	3.091	RECT	CONCRETO	2.00%	0.013	0.73	0.878	1.200	1.200	1.053	2.956	0.356	1.200	2.935	1.000	CRÍTICO	0.439	1.317
3	03+740	Cajón	2.027	RECT	CONCRETO	2.00%	0.013	0.55	0.663	1.200	1.200	0.795	2.525	0.315	1.200	2.550	1.000	CRÍTICO	0.331	0.994
4	04+650	Cajón	3.774	RECT	CONCRETO	2.00%	0.013	0.19	0.281	1.500	1.500	0.422	2.062	0.204	1.500	1.660	1.000	CRÍTICO	0.141	0.422
5	05+005	Cajón	4.870	RECT	CONCRETO	2.00%	0.013	0.32	0.480	2.000	1.500	0.960	2.960	0.324	2.000	2.880	1.000	CRÍTICO	0.423	0.903
6	05+800	Cajón	1.198	RECT	CONCRETO	2.00%	0.013	0.47	0.466	1.200	1.000	0.559	2.132	0.262	1.200	2.130	1.000	CRÍTICO	0.231	0.697

c. Hidráulica de badenes

Los badenes proyectados serán de concreto y se diseñarán con capacidad para evacuar las máximas descargas obtenidas en el estudio hidrológico.

Estas estructuras se dimensionarán con capacidad suficiente como para evacuar, tanto el gasto máximo de agua de escorrentía así como los sólidos de arrastre, en situaciones más críticas. La velocidad crítica, para el arrastre de sólidos pétreos de hasta un tamaño de 3 pulgadas, con pendientes de hasta un 3%, se estima que es de 2.40 m/s; por lo que en el diseño hidráulico de badenes se tendrá sumo cuidado en verificar que se cumpla en lo posible la condición de arrastre en los cauces naturales bajos, ya que en los cauces altos y en alcantarillas aliviaderos, el material de transporte está básicamente constituido por sólidos finos en suspensión.

El cálculo hidráulico de Badeses se realiza mediante la ecuación de Manning, teniendo en cuenta los elementos de la sección parabólica, dadas por las relaciones de las fórmulas anteriores.

• Cálculo hidráulico badén ubicado en progresiva Km. 03+320

A manera de ejemplo se realiza el cálculo hidráulico del badén ubicado en la progresiva 06+005.91, cuyos datos de entrada y de salida se detallan a continuación:

Cálculo del caudal para el badén

Datos de entrada:

Área de influencia = 0.069 Km²

Longitud del cauce principal= 0.555 Km

Coefficiente de escorrentía = 0.55

Pendiente de concentración = 0.09 m/m

Tiempo de concentro = 18.548 min

Para luego calcular, la intensidad y el caudal hidrológico utilizando las fórmulas mencionadas anteriormente de lo cual obtenemos:

Intensidad máxima	=	43.03
Caudal Hidrológico	=	0.453 m ³ /seg
Además de agregar como:		
Qcuneta (Qc)	=	1.064 m ³ /seg
Qacumulado (Qac)	=	0.000 m ³ /seg
Qaforado (Qaf)	=	0.000 m ³ /seg
Caudal Hidrológico Total	=	m³/seg

• **Capacidad hidráulica de badén:**

Se observaron varios factores, como topografía, tipo de material, entre otros.

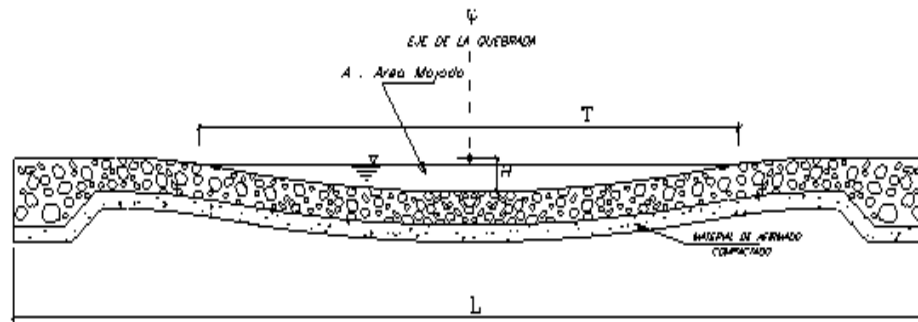


Figura 14. Corte longitudinal del badén

Pelo de agua	=	8.00 m
Rugosidad	=	0.020 (concreto)
Pendiente	=	0.030

Datos de Entrada:

Ancho de badén	=	10
Longitud del Badén	=	14.8
Coefficiente de rugosidad	=	0.03
Pendiente transversal del badén	=	0.013m/m

Datos de Salida:

- **Espejo de agua:** De acuerdo con el corte longitudinal optamos por:

$$T = 6.5 \text{ m}$$

- Tirante Máximo:

$$H = 0.20 \text{ m}$$

- Área Mojada:

$$A = \frac{2}{3}(T \times H)$$

$$A = 1.866666667 \text{ m}^2$$

- Perímetro Mojado:

$$P = T * (1 + (\frac{2}{3} * (\frac{H}{T})^2) - (\frac{2}{5} * (\frac{H}{T})^4))$$

$$P = 6.504 \text{ m}$$

- Radio Hidráulico:

$$R_h = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.1332 \text{ m}$$

- Velocidad de caudal:

$$V = \frac{(\frac{2}{R^3}) * (S^{\frac{1}{2}})}{n}$$

$$V = 3.4758 \text{ m/seg}$$

- Caudal que puede evacuar el badén:

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

$$Q = 3.012 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Comprobación de caudales

$$Q_F < Q \dots \text{OK}$$

$$1.52 \text{ m}^3/\text{seg} < \mathbf{3.012} \text{ m}^3/\text{seg} \text{OK}$$

Se comprueba que el caudal que puede evacuar el badén con las dimensiones establecidas, es mayor que el caudal que se necesita evacuar. Por lo tanto la cuneta es capaz de soportar todo el caudal de escorrentía. Del mismo modo se ha realizado el cálculo para todos los badenes proyectados para el presente estudio.

Tabla 19

Calculo hidráulico de badenes

UBICACIÓN DEL BADÉN	TIPO	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA	COTA		ÁREA DE LA CUENCA PARA EL BADÉN	De plano de cuencas y microcuencas (mch-t1-001)					COEF. DE ESCORRENTIA	" A "	LONGITUD DEL CURSO PRINCIPAL	PENDIENTE	TIEMPO DE CONCENT.	INTENSIDAD MÁXIMA	CAUDAL HIDROLOGICO PARA BADÉN	CAUDAL HIDROLOGICO DE LA CUNETAS	CAUDAL HIDROLOGICO ACUMUL.	CAUDAL AFORADO	Q _{Directo, BADÉN}											
			Superior	Inferior		AREA	K1	K2	K3	K4												ΣK	" C "	" L "	" S "	" T _c "	" I _{máx} "	Q _{Hidrologico x Alcantarilla}	Q _{Hidrologico x Cunetas}	Q _{Hidr. Acumulados Alt.}	Q _{Hidr. Acumulados Alt.}	" Q _A "
			(m)	(m.s.n.m.)																												
3+320	BADÉN - 01	555.00	2600.00	2550.00	69346.200	20.000	10.000	10.000	15.000	55.000	0.55	0.069	0.555	0.090	18.178	43.030	0.453	1.064	0.000	0.0000	1.517											
4+360	BADÉN - 02	706.21	2750.00	2600.00	95443.838	20.000	10.000	10.000	15.000	55.000	0.55	0.095	0.706	0.212	18.548	42.384	0.614	0.700	0.000	0.0000	1.314											

4.4. VOLUMEN DE VEHÍCULOS POR LA CARRETERA

Se ha realizado la evaluación completa de las rutas en estudio, identificando los defectos más resaltantes de las mismas, estado de conservación, determinación del Índice Medio Diario (IMDA), el cual se ha definido en base al conteo de vehículos que usualmente atraviesan la vía y a la realización de encuestas. Esto ha permitido realizar el diseño de la vía y definir su geometría.

4.4.1. Metodología

El desarrollo del estudio consta de 3 etapas metodológicas:

- Recopilación de información.
- Procesamiento.
- Análisis y Proyecciones del tráfico.

4.4.2. Recopilación de información

La información primordial para la elaboración del estudio de este proyecto procede de dos fuentes importantes, mencionadas a continuación

a. Fuentes referenciales

Como fuente referencial tenemos los resultados obtenidos en el Estudio de factibilidad.

b. Fuentes Directas.

Para la debida verificación y complementación de los datos de conteo del tráfico, se realizó una etapa previa de trabajo en gabinete, para luego concluir en una atapa de reconocimiento en campo.

Para la recopilación de los datos recogidos, de las dos fuentes mencionadas, el trabajo constó de dos partes importantes:

c. Trabajo de Campo

Con el propósito de actualizar, verificar y complementar la información recopilada de las fuentes referenciales el equipo técnico del Consultor recurrió a la utilización de los métodos de conteo de tráfico y encuestas de

origen - destino. Estas labores exigieron una etapa previa de trabajo de gabinete y una etapa final de reconocimiento de campo.

En esta primera etapa de recopilación de información básica para el estudio mediante métodos directos, el trabajo de gabinete consistió en el diseño de la ficha para el conteo de tráfico y en la ubicación de las estaciones de control para el trabajo de campo.

El formato para el conteo de tráfico, incluye también la estación de control y la identificación de la carretera en la que se llevó a cabo; en nuestro caso se tomó en cuenta el conteo del tramo puente Pomagon centro Poblado del Tambo.

- Para la ejecución del conteo de tráfico se ubicó, una estación de control:

Estación puente Pomagón.

El conteo volumétrico se realizó, durante diez (10) días consecutivos.

Los conteos volumétricos realizados tuvieron por objeto conocer los volúmenes de tráfico que soporta el tramo de trocha carrozable, así como su composición de lo que transita por dicha vía.

- Para convertir el volumen de tráfico en Índice Medio Diario se utilizó la siguiente fórmula:

$IMD = V.S/10 \times FC$ donde:

V.S. = Volumen de la semana

F.C. = Factor Estacional o de Corrección

d. Trabajo de Gabinete.

Este trabajo consistió en la selección e interpretación de los datos obtenidos en el conteo vehicular, los cuales fueron vaciados de un formato, el cual incluye la estación de control definida y la identificación de la carretera, tramo, ubicación, la hora, día, fecha de conteo y la clasificación de vehículos, considerando un ítem de tráfico ligero (autos, camionetas y micros) y tres (03) ítems de tráfico pesado: ómnibus, camiones, semi tráiler y tráiler, subdivididos según sus características.

- **Tráfico de Vehículos**

Con la finalidad de determinar la demanda de tráfico dado el proyecto, se ha realizado el conteo de tráfico actual, para de esta manera determinar y calcular el tráfico futuro, el cual deberá soportar la carretera departamental a ser intervenido con el proyecto.

- **Tráfico Normal**

Es aquel tráfico que existe actualmente, y que debe crecer independientemente de la realización o no del proyecto.

Para la proyección del Tráfico se ha considerado una tasa de crecimiento en función del PBI de la región, para el caso del proyecto es de 8.00%, tasa anual para los vehículos de carga y 1.2% (tasa de crecimiento anual de la población de Cajamarca) para Vehículos livianos.

4.4.3. Procesamiento de información

Este trabajo es netamente de gabinete, para el cual se usó la información recogida en campo, y luego procesada en hojas de cálculo, empleando sistemas de cómputo y otros.

El conteo de tráfico para las dos estaciones tomadas, se vaciaron en formatos diseñados, los cuales resumen la información recogida durante el día, con una debida distribución en horas, desde las 00:00 horas hasta las 24:00 horas, dicha información fue tomada en ambos sentidos.

4.4.4. Análisis de la información y proyecciones de tráfico

La finalidad de realizar el conteo de tráfico es conocer el flujo vehicular en el sector a realizar el proyecto, su composición vehicular y variación durante el día. Teniendo en cuenta los registros de tránsito Vehicular realizado.

Los registros tomados han sido afectados considerando la Estación Desvío Cajamarca - Chilete, por los factores de Corrección: 1.11299712 para tráfico ligero y 0.94141787 para tráfico pesado.

a. Tráfico actual

El tráfico actual refleja los resultados expresados de levantamiento de información realizados en la zona y obtenidos a través del estudio de tráfico, en términos de Índice Medio Diario (IMDA) y que se han identificado por el nivel de tránsito existente. Para expandir la muestra tomada se utiliza los factores de corrección estacional (FC).

Los cuadros siguientes, muestran el resumen de los resultados del conteo directo, en las dos estaciones mencionadas anteriormente.

Índice Medio Diario del Tramo

La siguiente tabla muestra los valores Absolutos y Relativos, del índice medio diario anual, según el tipo de vehículo.

Tabla 20. Índice Medio Diario Anual– Tramo

VEHÍCULO	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total Semana	IMDs=Svi/7	FC	IMDa = IMDs*FC
Auto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.11299712	0
Camioneta	2	1	2	1	2	2	2	12	2	1.11299712	2
C. Rural	286	284	283	284	280	275	285	1977	282	1.11299712	314
Micro	0	0	0	0	1	1	0	2	0	1.11299712	0
Bus	1	0	1	0	1	1	0	4	1	1.11299712	1
Camión 2 Ejes.	12	12	13	13	14	14	14	92	13	0.94141787	12
Camión 3 Ejes.	1	0	1	0	1	0	2	5	1	0.94141787	1
Camión 4 Ejes.	0	1	0	1	1	0	0	3	0	0.94141787	0
Articulado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.94141787	0
TOTAL	302	298	300	299	300	293	303	2095	299.3		330

En la tabla adjunta, se ha calculado el IMDa, teniendo en cuenta:

$$IMDs = \sum Vi/7$$

Donde:

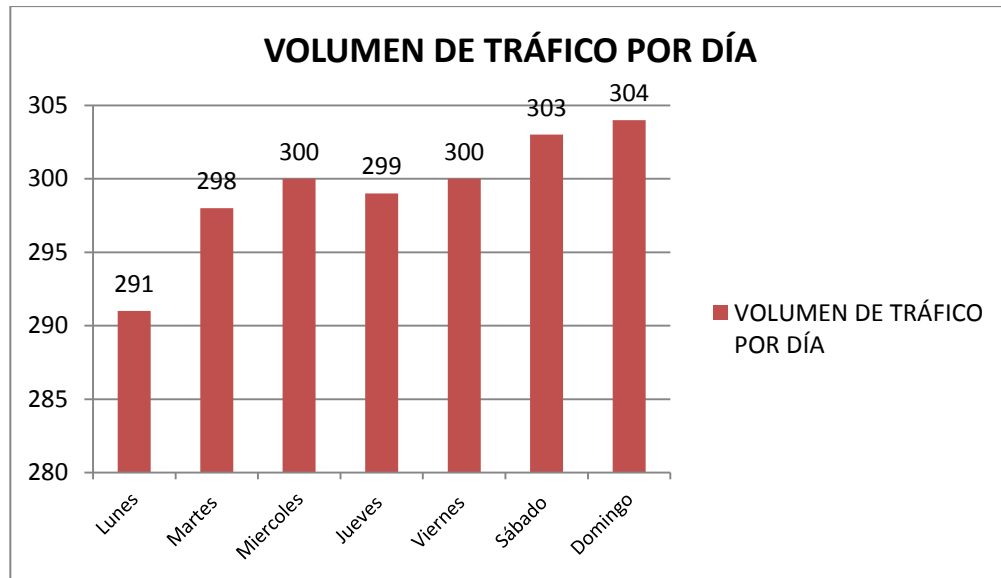
$$IMDa = IMDs * FC$$

Para el cálculo del Factor de Corrección Estacional se ha considerado valores de acuerdo a la constancia de los vehículos:

TIPO	FC
Vehículos Ligeros:	1.1129971
Vehículos Pesados:	0.9414179

Gráfico 1.

Variación Diaria en TRAMO



En el Gráfico N° 1, se observa la Variación Diaria en el Tramo; presentándose el mayor número de vehículos el día Domingo con 304/ Veh. y el de menor número de vehículos, el día Lunes con 291 Veh.

b. Tráfico proyectado

Tránsito Normal:

En vista que el diseño del pavimento para dicha carretera, se basa tanto en el tráfico actual, así como en los incrementos de tránsito, resulta necesario realizar las proyecciones de Tráfico Futuro.

Este Tráfico surge como consecuencia de la ejecución del proyecto, es decir, como consecuencia del mayor dinamismo socioeconómico, inducido por el proyecto en el área de influencia del mismo. En tal sentido, se muestran en el cuadro siguiente las tasas de crecimiento vehicular consideradas en la zona del proyecto.

Tabla 21

Tasas de Crecimiento Vehicular – TRAMO

Periodos	Vehículos Ligeros	Vehículos Pesados
2019-2029	1.2%	8.00%

- Para el cálculo de la tasa de crecimiento anual de la población:

$$r_{po} = \left[\left(\frac{P_f}{P_o} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \times 100$$

Donde:

Pf: Población Final (2007)

Po: Población Inicial (1981)

Δt: Variación de Tiempo = n

Censo	Habitantes
1981	66,181
1993	75,806
2007	89,813

- La tasa de crecimiento anual del PBI regional: 8.00% (Información del INEI).

Tabla 22

Tráfico Vehicular Normal Proyectado 2019-2029 – Sin Proyecto

VEHÍCULO	Tas Cre. %	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Auto	1.200%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camioneta	1.200%	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
C.R.	1.200%	48	48	48	49	50	50	51	51	52	53	53
Micro	1.200%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus	1.200%	1	1	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Camión 2 Ejes.	8.000%	2	2	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0
Camión 3 Ejes.	8.000%	1	1	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Camión 4 Ejes.	8.000%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Articulado	8.000%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		53	53	53	58	59	59	60	60	62	63	63

Para el presente estudio se tendrá en cuenta la siguiente fórmula:

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

Donde:

T_n: Tránsito proyectado al año **n** en Veh/día

T_o: Tránsito Actual (Año Base) en Veh/Día

n: Año Futuro de proyección (2029 n=10)

r: Tasa anual de crecimiento de tránsito (depende del tipo de tráfico).

Tránsito Generado:

- Proyección

Estimaciones de Tráfico Generado por tipo de Proyecto

Tipo de Intervención.	% de Tráfico Normal
Proyección	15.0%

- Tramo: Bambamarca C.P Tambo – Puente Pomagón

Para el tráfico generado se ha considerado, para el tramo existente entre Bambamarca C.P Tambo – Puente Pomagón, una tasa de crecimiento de 15% tanto para vehículo ligero y pesado. Esta tasa es generalmente utilizada para el caso de proyectos de mejoramiento de vías a nivel de afirmado. En el cuadro siguiente se muestra la proyección del tránsito generado.

Tabla 23

Tráfico Vehicular Generado Con Proyecto

Tráfico Vehicular Generado Con Proyecto			Tráfico Generado(10%)	Tráfico Proyectado								
				2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
VEHÍCULO	Tas Cre. %											
Auto	1.200%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camioneta	1.200%	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
C.R.	1.200%	48	48	48	49	50	50	51	51	52	53	53

Micro	1.200%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus	1.200%	1	1	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Camión 2 Ejes.	8.000%	2	2	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0
Camión 3 Ejes.	8.000%	1	1	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Camión 4 Ejes.	8.000%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Articulado	8.000%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		53	53	53	58	59	59	60	60	62	63	63

Por lo tanto, se ha determinado para el tramo (Puente Pomagón – CP. El TAMBO), un IMD de 336 vehículos diarios.

4.5. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA Y OBRAS DE ARTE

4.5.1. Generalidades

Las metas consideradas en el presente mejoramiento del Camino Vecinal, materia de este estudio se describe de forma general a continuación:

Mejoramiento de =7+769 Km a nivel de carpeta asfáltica, dentro de lo cual se considera la reparación y mejoramiento

Estas metas serán evaluadas considerando la actualización de datos tomados en campo, para el presente estudio, tanto levantamientos topográficos como inventarios viales y serán plasmados en el presupuesto.

4.5.2. Normativa de diseño geométrico

La normativa utilizada para el presente estudio es El Manual de Carreteras “Diseño Geométrico (DG-2018)”, así como las especificaciones del estudio de factibilidad y los TDR del presente estudio, así mismo se tendrán que hacer variaciones excepcionales en el diseño ajustándose a las condiciones encontradas en la zona.

4.5.3. Características técnicas

Según los parámetros estipulados en El Manual de Carreteras “Diseño Geométrico (DG-2018)”.

a. Características Técnicas y Pavimentos

• Clasificación por demanda

De acuerdo al Manual de Carretera, Diseño Geométrico DG-2018, y debido al volumen de tráfico que es menor de 400 vehículos por día, la carretera a

diseñar será una carretera de Tercera Clase, por lo que los parámetros de diseño se determinarán de acuerdo a lo establecido en el Manual de Diseño de Carreteras Geométrico DG-2014.

Tabla 24

Carretera de Tercera Clase

IMDA	<400 Veh/día
N° de Carriles	2 carriles de 2.50
Superficie de rodadura	Tratamiento Superficial Bi Capa

- 102.01 Terreno plano (tipo 1)
- 102.02 Terreno ondulado (tipo 2)
- 102.03 Terreno accidentado (tipo 3)
- 102.04 Terreno escarpado (tipo 4)

● **Clasificación por orografía**

Tabla 25

Clasificación por orografía

Progresiva (Km)	Tipo	Pendiente
0+00-0+220	Tipo 2	Longitudinal 3-6% Transversal 11-50%
0+220-0+605	Tipo 1	Longitudinal <3% Transversal ≤10 %
0+605-0+790	Tipo 2	Longitudinal 3-6% Transversal 11-50%
0+790-1+100	Tipo 1	Longitudinal <3% Transversal ≤10 %
1+100-1+150	Tipo 2	Longitudinal 3-6% Transversal 11-50%
1+150-1+360	Tipo 1	Longitudinal <3% Transversal ≤10 %
1+360-1+640	Tipo 3	Longitudinal 6-8% Transversal 51-100 %
1+640-1+800	Tipo 2	Longitudinal 3-6% Transversal 11-50%
1+800-2+015	Tipo 1	Longitudinal <3% Transversal ≤10 %
2+015-2+400	Tipo 2	Longitudinal 3-6% Transversal 11-50%
2+400-2+540	Tipo 3	Longitudinal 6-8% Transversal 51-100 %
2+540-3+290	Tipo 2	Longitudinal 3-6% Transversal 11-50%

3+290+3+700	Tipo 3	Longitudinal 6-8% Transversal 51-100 %
3+700-3+800	Tipo 1	Longitudinal <3% Transversal ≤10 %
3+800+3+860	Tipo 4	Longitudinal >8% Transversal 100 %
3+860-3+990	Tipo 1	Longitudinal <3% Transversal ≤10 %
3+990-4+090	Tipo 4	Longitudinal >8% Transversal 100 %
4+0901-4+180	Tipo 1	Longitudinal <3% Transversal ≤10 %
4+180+4+260	Tipo 3	Longitudinal 6-8% Transversal 51-100 %
4+260-4+555	Tipo 1	Longitudinal <3% Transversal ≤10 %
4+555-4+900	Tipo 2	Longitudinal 3-6% Transversal 11-50%
4+900-5+020	Tipo 1	Longitudinal <3% Transversal ≤10 %
5+020-5+640	Tipo 4	Longitudinal >8% Transversal 100 %
5+640-5+900	Tipo 1	Longitudinal <3% Transversal ≤10 %
5+900-6+520	Tipo 4	Longitudinal >8% Transversal 100 %
6+520-6+660	Tipo 1	Longitudinal <3% Transversal ≤10 %
6+660-6+760	Tipo 4	Longitudinal >8% Transversal 100 %
6+760-6+920	Tipo 1	Longitudinal <3% Transversal ≤10 %
6+920-7+180	Tipo 4	Longitudinal >8% Transversal 100 %
7+180-7+400	Tipo 1	Longitudinal <3% Transversal ≤10 %
7+400-7+680	Tipo 3	Longitudinal 6-8% Transversal 51-100 %
7+680-7+740	Tipo 1	Longitudinal <3% Transversal ≤10 %
7+740-7+769	Tipo 3	Longitudinal 6-8% Transversal 51-100 %

- 102.01 Terreno plano (tipo 1)
- 102.02 Terreno ondulado (tipo 2)
- 102.03 Terreno accidentado (tipo 3)
- 102.04 Terreno escarpado (tipo 4)

● **Estudios preliminares para efectuar el diseño geométrico**

Tabla 26

Clasificación general de los proyectos viales

<p>b. Proyectos de mejoramiento puntual de trazo</p> <p>Son aquellos proyectos de rehabilitación, que pueden incluir rectificaciones puntuales de la geometría, destinadas a eliminar puntos o sectores que afecten la seguridad vial. Dichas rectificaciones no modifican el estándar general de la vía.</p>
--

• **Vehículo de diseño**

Tabla 27

Vehículo de diseño

Vehículo de pasajeros	Vehículo de carga
Camión C2	Camión C2

• **Características del tránsito**

Tabla 28

Características del tránsito

IMDA	330 Veh/día
------	-------------

• **Velocidad de diseño de curvas**

Tabla 29

Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía

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

Nota. Manual DG (2018)

• **Distancia de visibilidad**

Tabla 30

Distancia de visibilidad de parada (metros), en pendiente 0%

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de percepción reacción (m)	Distancia durante el frenado a nivel (m)	Distancia de visibilidad de parada	
			Calculada (m)	Redondeada (m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83.0	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129.0	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	93.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

Nota. Manual DG (2018)

Tabla 31

Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos

VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO ADELANTADO (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V (km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO D_A (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
20	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

Nota. Manual DG (2018)

Tabla 32

Distancia de visibilidad de para con pendiente (metros)

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

Nota. Manual DG (2018)

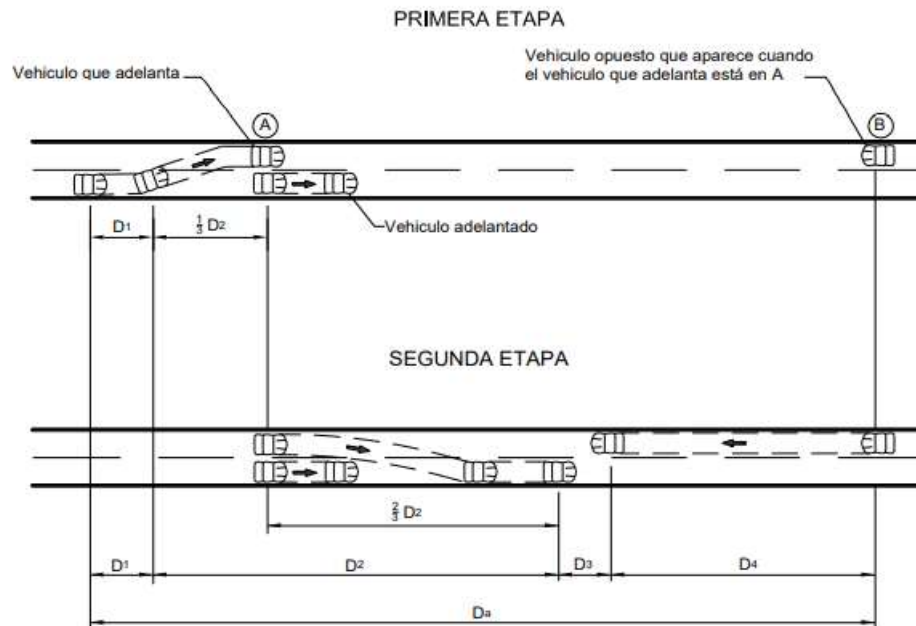


Figura 15. Sección transversal típica en tangente

Nota. Manual DG (2018)

La distancia de visibilidad de adelantamiento, de acuerdo con la figura anterior, se determina con la suma de cuatro distancias así:

$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

Donde:

Da: Distancia de visibilidad de adelantamiento, en metros.

D₁: Distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción, en metros.

D₂: Distancia recorrida por el vehículo que adelante durante el tiempo desde que invade el carril de sentido contrario hasta que regresa a su carril, en metros.

D₃: Distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra, entre el vehículo que adelanta y el vehículo que viene en sentido contrario, en metros.

D₄: distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido contrario (estimada en 2/3 de D₂), en metros.

Tabla 33

Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada para adelantar

Condiciones orográficas	% mínimo	% deseable
Terreno plano Tipo 1	50	> 70
Terreno ondulado Tipo 2	33	> 50
Terreno accidentado Tipo 3	25	> 35
Terreno escarpado Tipo 4	15	> 25

Nota. Manual DG (2014)

4.5.4. Diseño geométrico en planta

Se procedió a correlacionar los elementos físicos de la carretera tales como las alineaciones, pendientes, distancias de visibilidad, peralte, ancho de carril con las características de operación, facilidades de frenado, aceleración, condiciones de seguridad. Por tanto, es a través del diseño geométrico que datos que son expresiones cuantitativas de la naturaleza, requerimientos e idiosincrasia de los hombres, características de los vehículos y uso de tierra, se combinan para dar a

una vía que, dentro de las limitaciones impuestas, satisfaga la demanda reflejada por esos datos.

a. Alineamiento horizontal

Los radios mínimos, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento transversal del vehículo, están dados en función a la velocidad directriz, a la fricción transversal y al peralte máximo aceptable.

En el alineamiento horizontal desarrollado para una velocidad directriz determinada, debe evitarse el empleo de curvas con radio mínimo. En general, se tratará de usar curvas de radio amplio reservándose el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas.

El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible

• Consideraciones de diseño

No se requiere curva horizontal para pequeños ángulos de deflexión, en el siguiente cuadro se muestran los ángulos de inflexión máximos para los cuales no es requerida la curva horizontal.

Tabla 34

Curvas circulares

Velocidad de diseño Km/h	Deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2° 30´
40	2° 15´
50	1° 50´
60	1° 30´
70	1° 20´
80	1° 10´

Nota. Manual DG (2018)

Los elementos de las curvas circulares horizontales se definen a continuación.

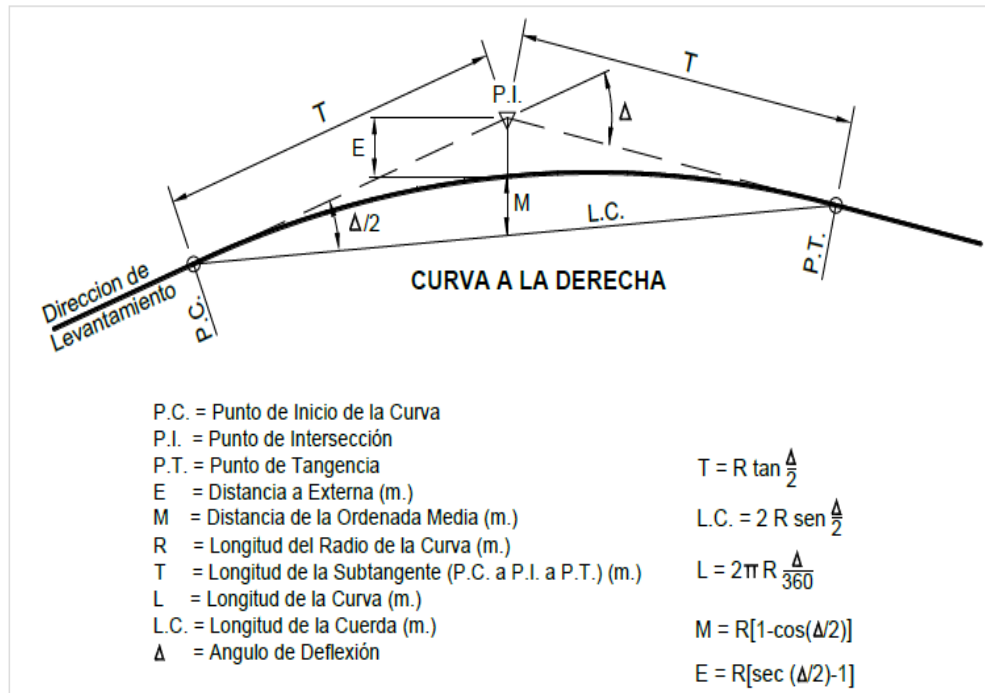


Figura 16. Simbología de la curva circular

Nota. Manual DG (2014)

El radio mínimo se define con la siguiente formula

$$R_m = \frac{V^2}{127 (P_{\text{máx}} + f_{\text{máx}})}$$

Donde:

Rm : Radio Mínimo

V : Velocidad de diseño

Pmáx : Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).

f máx : Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

Tabla 35

Radio s mínimos y peraltes máximos para el diseño de carreteras

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	30	4.00	0.17	33.7	35
	40	4.00	0.17	60.0	60
	50	4.00	0.16	98.4	100
	60	4.00	0.15	149.2	150
	70	4.00	0.14	214.3	215
	80	4.00	0.14	280.0	280
	90	4.00	0.13	375.2	375
	100	4.00	0.12	492.10	495
	110	4.00	0.11	635.2	635
	120	4.00	0.09	872.2	875
130	4.00	0.08	1,108.9	1,110	
Área rural (con peligro de hielo)	30	6.00	0.17	30.8	30
	40	6.00	0.17	54.8	55
	50	6.00	0.16	89.5	90
	60	6.00	0.15	135.0	135
	70	6.00	0.14	192.9	195
	80	6.00	0.14	252.9	255
	90	6.00	0.13	335.9	335
	100	6.00	0.12	437.4	440
	110	6.00	0.11	560.4	560
	120	6.00	0.09	755.9	755
130	6.00	0.08	950.5	950	
Área rural (plano u ondulada)	30	8.00	0.17	28.3	30
	40	8.00	0.17	50.4	50
	50	8.00	0.16	82.0	85
	60	8.00	0.15	123.2	125
	70	8.00	0.14	175.4	175
	80	8.00	0.14	229.1	230
	90	8.00	0.13	303.7	305
	100	8.00	0.12	393.7	395
	110	8.00	0.11	501.5	500
	120	8.00	0.09	667.0	670
130	8.00	0.08	831.7	835	
Área rural (accidentada o escarpada)	30	12.00	0.17	24.4	25
	40	12.00	0.17	43.4	45
	50	12.00	0.16	70.3	70
	60	12.00	0.15	105.0	105
	70	12.00	0.14	148.4	150
	80	12.00	0.14	193.8	195
	90	12.00	0.13	255.1	255
	100	12.00	0.12	328.1	330
	110	12.00	0.11	414.2	415
	120	12.00	0.09	539.9	540
130	12.00	0.08	665.4	665	

Nota. Manual DG (2018)

En consecuencia, los radios mínimos adoptados, se han obtenido de acuerdo a lo indicado en la norma vigente, y las velocidades adoptadas:

V=	30	Km/h
Pmax=	12	%
fmax=	0.17	
Rmc=	24.4	m
Rma=	25	m
Rme=	20	m

Para el tramo km 0+000 – 7+769, se consideró R_{me} para curvas dentro de zonas urbanas 20m, curvas de volteo, además se adaptado el eje a las condiciones existentes del terreno.

Para el tramo km 00+000 – 7+769, por las condiciones orográficas, se ha considerado $R_{min}=30m$, de ser necesario.

• Curvas de transición

Con la finalidad de pasar de la sección transversal con bombeo en los tramos en tangente a la sección de curva provista de peralte y sobrancho, es necesario realizar un cambio gradual en una longitud que se conoce como longitud de transición.

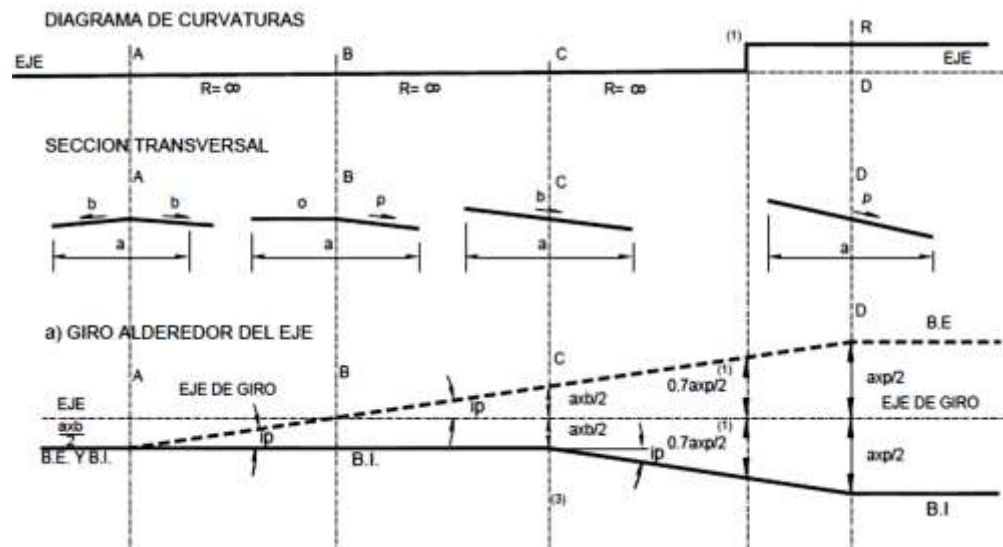


Figura 17. Desvanecimiento del bombeo y transición del peralte sin curva de transición

Nota. Manual DG (2018)

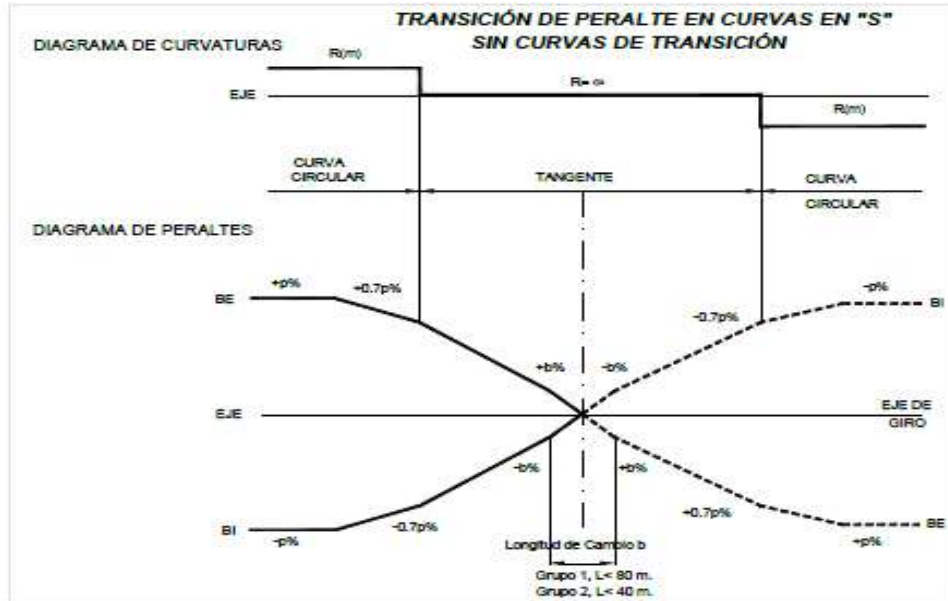


Figura 18. Transición del peralte en curvas en “S” sin curvas de transición

Nota. Manual DG (2018)

• Sobrancho

El sobrancho varía en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad de diseño el cual se calculará con la siguiente fórmula:

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

Donde:

Sa: Sobrancho (m)

N: Número de carriles

R: Radio (m)

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

V: Velocidad de diseño (km/h)

Para el presente proyecto el sobrancho se ha obtenido teniendo como valor mínimo de sobrancho = 0.40m y por criterio de homogeneidad de geometría el valor máximo del sobrancho se ha considerado de 3.05 m., se puede indicar que en zonas urbanas para adaptarse a las condiciones existentes se ha creído conveniente no considerar sobrancho; los valores se muestran en la tabla siguiente:

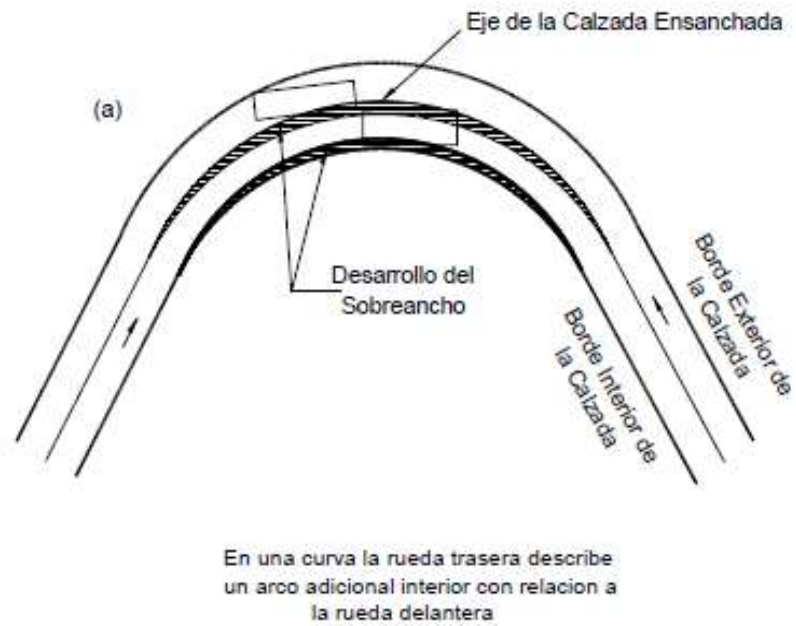
Tabla 36

Sobreanchos

N°	SOBREANCHOS	N°	SOBREANCHOS	N°	SOBREANCHOS	N°	SOBREANCHOS
C1	0.93	C40	1.61	C79	1.39	C118	1.39
C2	1.39	C41	1.39	C80	0.55	C119	2.49
C3	1.39	C42	1.39	C81	2.49	C120	0.93
C4	0.55	C43	1.39	C82	1.94	C121	2.49
C5	1.39	C44	1.39	C83	1.39	C122	2.49
C6	1.39	C45	1.39	C84	1.39	C123	1.39
C7	1.39	C46	1.39	C85	1.94	C124	0.93
C8	1.39	C47	1.39	C86	0.93	C125	1.94
C9	1.39	C48	1.39	C87	2.49	C126	2.49
C10	1.39	C49	1.39	C88	2.49	C127	1.94
C11	1.39	C50	1.39	C89	0.93	C128	1.39
C12	1.39	C51	1.94	C90	0.93	C129	1.39
C13	1.39	C52	2.49	C91	0.93	C130	1.39
C14	1.39	C53	1.39	C92	0.93	C131	1.39
C15	1.39	C54	1.39	C93	1.39	C132	2.49
C16	1.39	C55	1.39	C94	1.39	C133	1.39
C17	1.39	C56	1.39	C95	2.49	C134	1.39
C18	1.39	C57	2.49	C96	2.49	C135	1.39
C19	1.39	C58	2.49	C97	1.39	C136	1.39
C20	0.93	C59	1.94	C98	1.39	C137	1.94
C21	0.93	C60	1.39	C99	1.39	C138	2.49
C22	1.39	C61	1.39	C100	1.39	C139	1.94
C23	1.39	C62	1.39	C101	1.39	C140	2.49
C24	1.39	C63	1.94	C102	1.39	C141	1.39
C25	1.39	C64	2.49	C103	1.39	C142	1.39
C26	2.49	C65	1.39	C104	0.93	C143	1.39
C27	2.49	C66	1.39	C105	1.39		
C28	2.49	C67	1.39	C106	1.39		
C29	2.49	C68	2.87	C107	1.94		
C30	1.39	C69	2.87	C108	1.39		
C31	2.49	C70	1.94	C109	1.94		
C32	3.05	C71	0.65	C110	1.94		
C33	1.94	C72	0.65	C111	2.49		
C34	1.94	C73	0.65	C112	1.39		
C35	1.39	C74	0.93	C113	1.39		
C36	1.39	C75	1.39	C114	1.39		
C37	1.39	C76	1.61	C115	1.39		
C38	1.39	C77	1.39	C116	1.39		
C39	1.61	C78	1.61	C117	1.39		

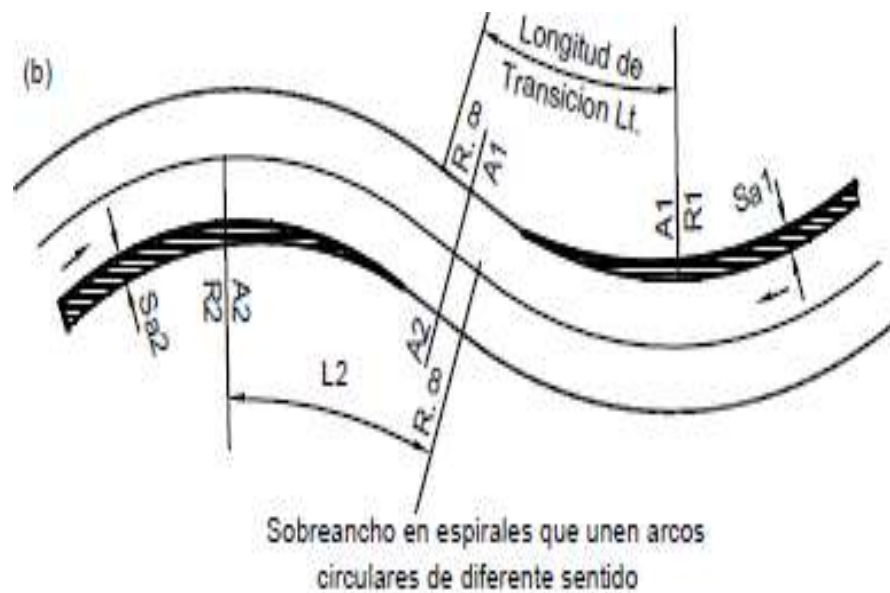
El desarrollo del sobre ancho se ha aplicado al interior de las curvas, según a distribución mostrada en la siguiente figura:

Figura 19. Distribución del sobreaño en los sectores de transición y circular



Nota. Manual DG (2014)

Figura 20. Distribución del sobreaño en los sectores de transición y circular



Nota. Manual DG (2014)

- Es deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas, que presenten variaciones graduales de los lineamientos, compatibles con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.

● Pendiente

Pendiente mínima

Es conveniente proveer una pendiente mínima del orden de 0,5%, a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales.

Pendiente máxima

Tabla 37

Pendientes máximas (%)

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

Nota. Manual DG (2018)

Se ha considerado las pendientes máximas para orografías tipo 3:10% (tramo Km: 0+00 – 07+769).

Pendientes máximas excepcionales

Excepcionalmente, el valor de la pendiente máxima podrá incrementarse hasta en 1%, para todos los casos. Deberá justificarse técnica y económicamente la necesidad de dicho incremento.

Para carreteras de Tercera Clase deberán tenerse en cuenta además las siguientes consideraciones:

- En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 5%, se proyectará, más o menos cada tres kilómetros, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500 m con pendiente no mayor de 2%. La frecuencia y la ubicación de dichos tramos de descanso, contara con la correspondiente evaluación técnica y económica.
- La máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2.000 m, no debe superar el 6%.

• **Curvas verticales**

Los tramos consecutivos de rasante, se han enlazado con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor del 1%, para carreteras pavimentadas.

Dichas curvas verticales parabólicas, son definidas por su parámetro de curvatura K, que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal, en metros, para cada 1% de variación en la pendiente, así:

$$K = L/A$$

Donde:

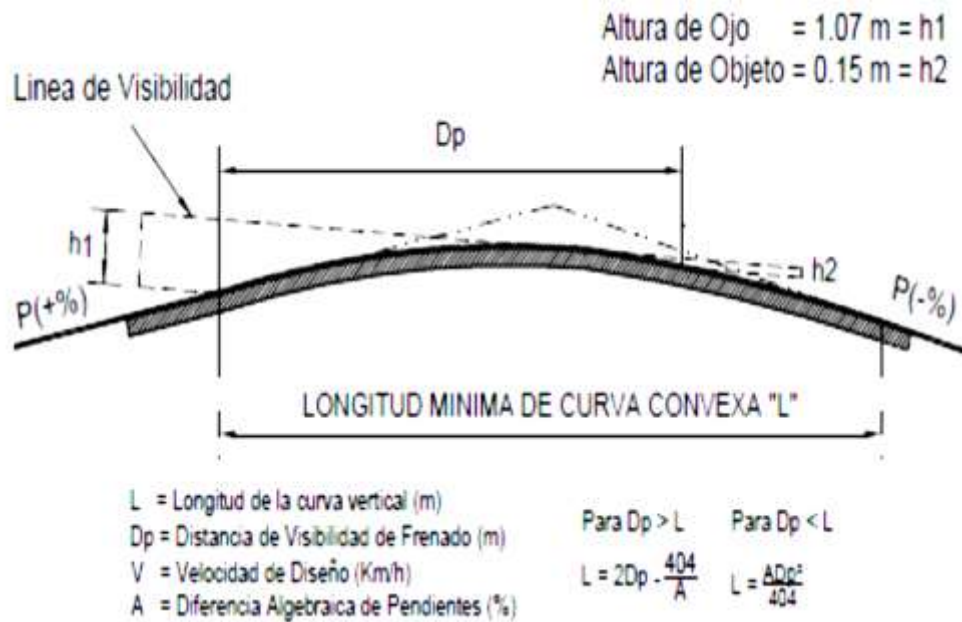
K: Parámetro de curvatura.

L: Longitud de la curva vertical.

A: Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes.

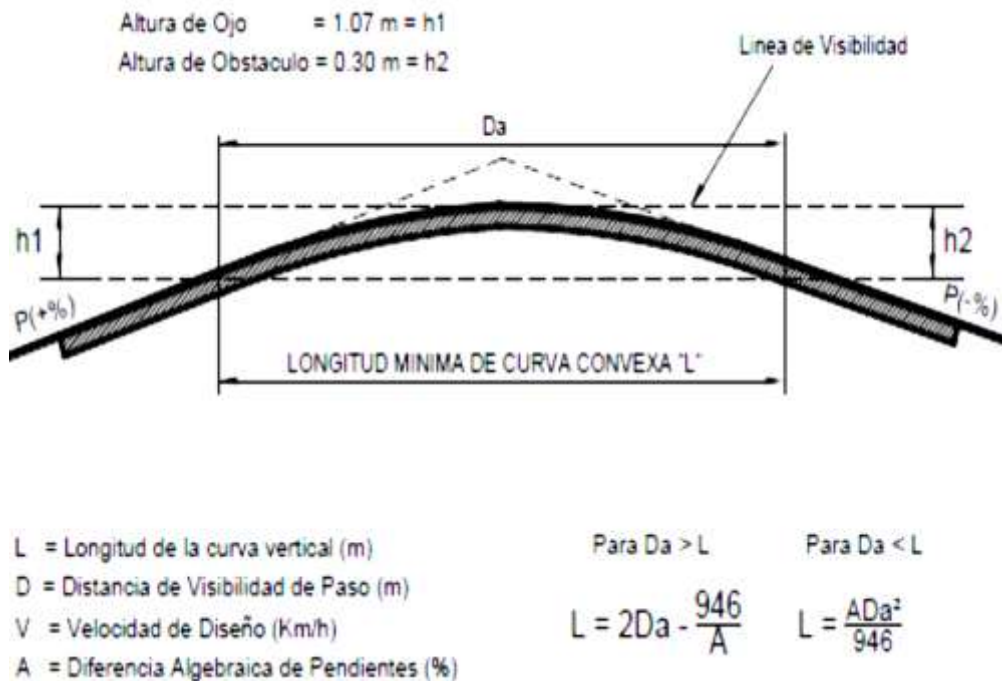
- Se ha controlado en el software autodesk land 2009 y civil 3d 2018 los valores de la curvatura k de las curvas verticales cóncava y convexa de manera que se cumpla las condiciones de visibilidad.

Figura 22. Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada.



Nota. Manual DG (2018)

Figura 23. Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de peso



Nota. Manual DG (2014)

Tabla 39

Valores del índice K para el cálculo longitud de curva vertical cóncava en carreteras de tercera clase

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad de parada (m).	Índice de curvatura K
20	20	3
30	35	6

Nota. Manual DG (2014)

4.5.6. Coordinación entre el diseño horizontal y del diseño vertical

El diseño de los alineamientos horizontal y vertical no debe realizarse independientemente.

Para obtener seguridad, velocidad uniforme, apariencia agradable y eficiente servicio al tráfico, es necesario coordinar estos alineamientos. (Ver fig. 19).

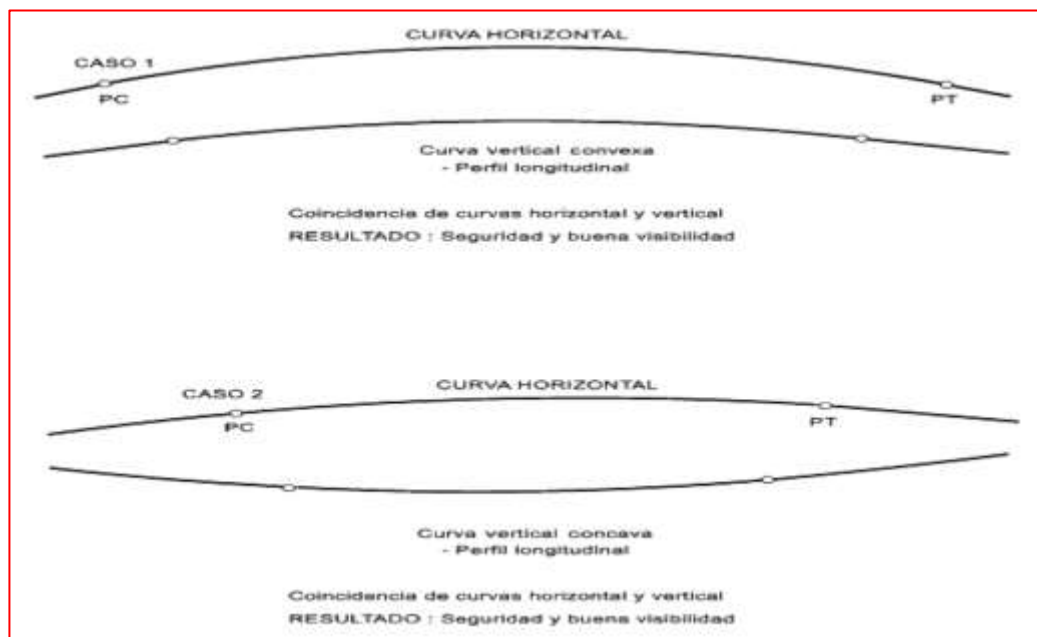


Figura 25. Coordinación entre el diseño horizontal y del diseño vertical

La superposición (coincidencia de ubicación) de la curvatura vertical y horizontal generalmente da como resultado una carretera más segura y agradable. Cambios sucesivos en el perfil longitudinal no combinados con la

curvatura horizontal, pueden conllevar una serie de depresiones no visibles al conductor del vehículo.

No es conveniente comenzar o terminar una curva horizontal cerca de la cresta de una curva vertical. Esta condición puede resultar insegura especialmente en la noche, si el conductor no reconoce el inicio o final de la curva horizontal. Se mejora la seguridad si la curva horizontal guía a la curva vertical. La curva horizontal debe ser más larga que la curva vertical en ambas direcciones.

Para efectos del drenaje, deben diseñarse las curvas horizontal y vertical de modo que éstas no sean cercanas a la inclinación transversal nula en la transición del peralte. La metodología utilizada en el procesamiento mediante la planilla de replanteo permite apreciar la coordinación con el uso del software Autodesk land 2009 y civil 3d 2018

4.5.7. Diseño geométrico de la sección transversal

El elemento más importante de la sección transversal es la zona destinada a la superficie de rodadura o calzada, cuyas dimensiones deben permitir el nivel de servicio previsto en el proyecto, sin perjuicio de la importancia de los otros elementos de la sección transversal, tales como bermas, aceras, cunetas, taludes y elementos complementarios.

El diseño geométrico de la sección transversal, consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

- **Sección transversal**

Los elementos que conforman la sección transversal de la carretera son: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios, que se encuentran dentro del Derecho de Vía del proyecto.

Ancho de la calzada en tangente

- Clasificación por demanda

IMDA	<400 Veh/día
N° de Carriles	2 carriles de 2.50
Superficie de rodadura	Tratamiento Superficial Bi Capa

Para el presente proyecto se ha adoptado ancho de calzada (5.0 m)

Nota: En zona urbanas se ha adecuado al ancho existente.

- Bermas

La Franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.

Cualquiera sea la superficie de acabado de la berma, en general debe mantener el mismo nivel e inclinación (bombeo o peralte) de la superficie de rodadura o calzada, y acorde a la evaluación técnica y económica del proyecto, está constituida por materiales similares a la capa de rodadura de la calzada.

El ancho de las bermas se ha definido según la tabla 40. En función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía.

Bermas Laterales: 0.50 m

Tabla 40

Ancho de Bermas

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera											
	> 5.000				5.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400							
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase							
Tipo de geografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Velocidad de diseño: 30 km/h																					0.50	0.50		
40 km/h																					1.20	1.20	0.90	0.50
50 km/h											2.60	2.60					1.20	1.20	1.20	0.90	0.90			
60 km/h							3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20				
70 km/h							3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20	1.20						
80 km/h							3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20	1.20						
90 km/h							3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20	1.20						
100 km/h							3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00								
110 km/h							3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00								
120 km/h							3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00								
130 km/h							3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00								

Nota. Manual DG (2018)

Inclinación de las bermas

En las vías con pavimento superior, la inclinación de las bermas, se regirá según la figura 26 para las vías a nivel de afirmado, en los tramos en tangente las bermas seguirán la inclinación del pavimento. En los tramos en curva se ejecutará el peralte.

Figura 26. Inclinación de las bermas

Superficie de las Bermas	PENDIENTE TRANSVERSALES MINIMAS DE LAS BERMAS	
	PENDIENTE NORMAL (PN)	PENDIENTE ESPECIAL
Pav. o Tratamiento	4%	0% (2)
Grava o Afirmado	4% - 6% (1)	
Césped	8%	

Nota. Manual DG (2018)

- **Bombeo**

Tabla 41

Valores del bombeo de la calzada

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

Nota. Manual DG (2018)

Según la tabla 41, para tratamiento superficial el Bombeo es de 2.0%

- **Peralte**

Tabla 42

Valores de peralte máximo

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0%	4.0%
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8.0%	6.0%
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.0	8.0%
Zona rural con peligro de hielo	8.0	6.0%

Nota. Manual DG (2018)

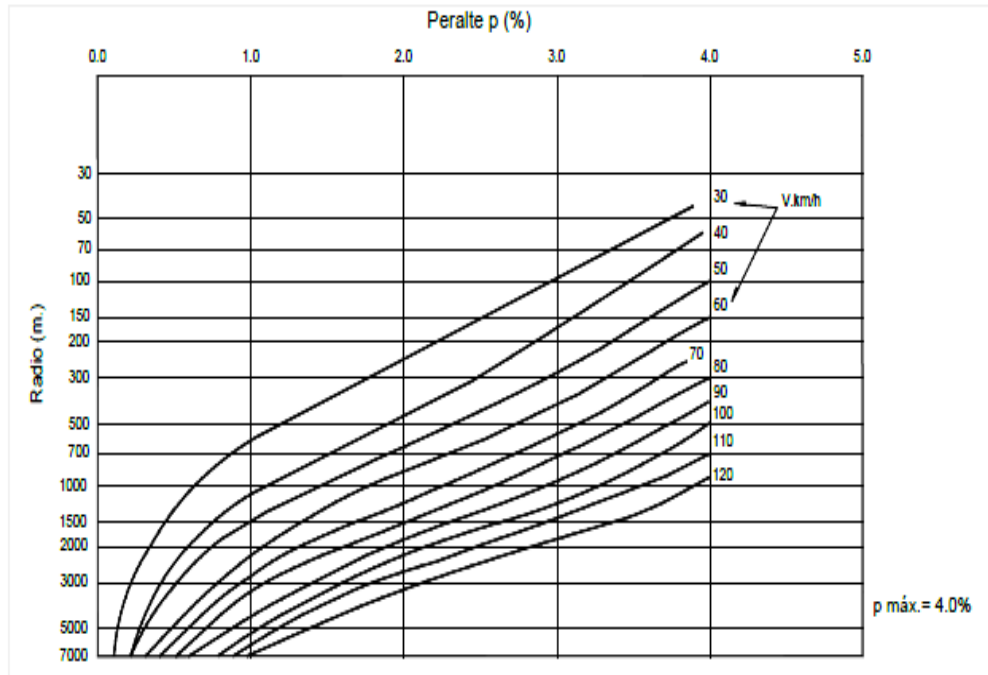
Según la tabla 42, el valor del peralte máximo es de 8%, y en zona urbana 6%. Por criterio de al tener un bombeo de 2.0% se adopta un peralte mínimo de 2.0%.

• **Valores adoptados**

Relación del peralte, radio y velocidad específica del diseño

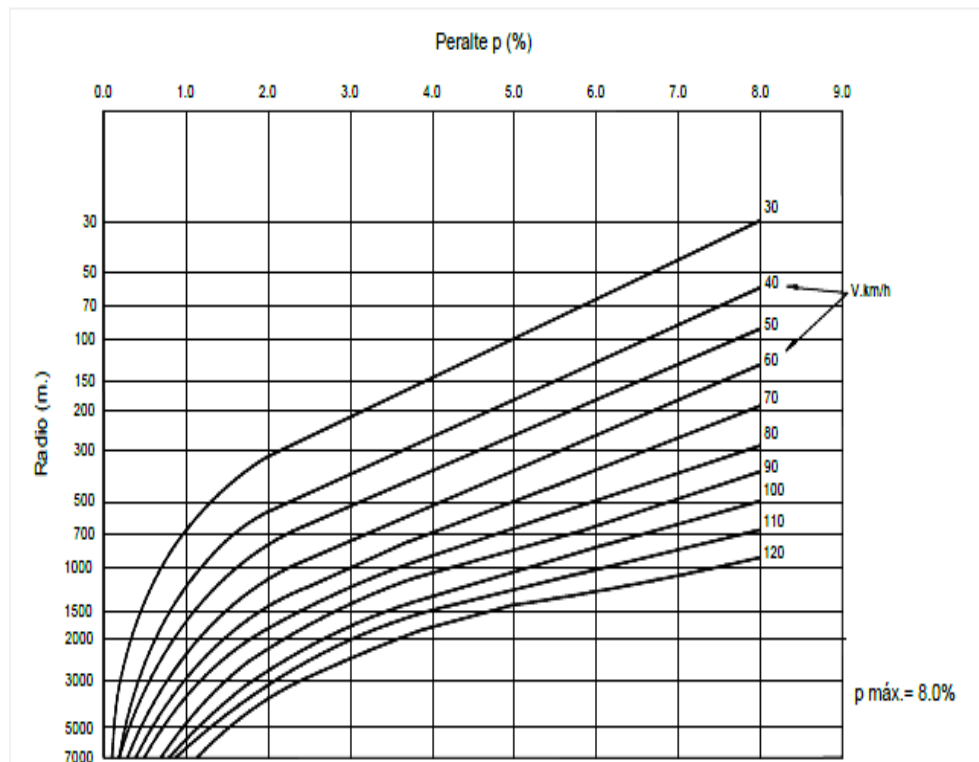
Las siguientes figuras permiten obtener el peralte y el radio, para una curva que se desea proyectar, con una velocidad específica de diseño.

Figura 27. Peralte en cruce de áreas urbanas



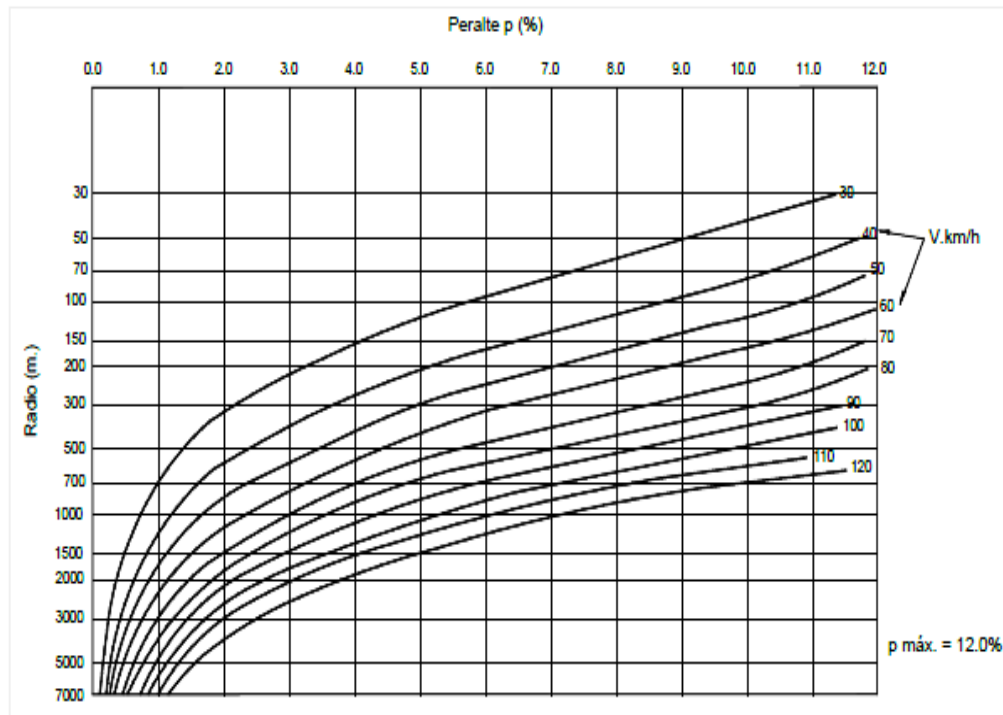
Nota. Manual DG (2018)

Figura 28. Peralte en zona rural (tipo 1, 2 o 3)



Nota. Manual DG (2018)

Figura 29. Peralte en zona rural (tipo 3 o 4)



Nota. Manual DG (2018)

Para el caso de carreteras de Tercera Clase, aplicando la fórmula que a continuación se indica, se obtienen los valores precisados en las tablas 43 y 44.

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127 (0.01 e_{\max} + f_{\max})}$$

Dónde:

- R_{\min} : mínimo radio de curvatura.
- e_{\max} : valor máximo del peralte.
- f_{\max} : factor máximo de fricción.
- V : velocidad específica de diseño

Tabla 43

Fricción transversal máxima en curvas

Velocidad de diseño Km/h	f_{\max}
30 (ó menos)	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

Nota. Manual DG (2018)

Tabla 44

Valores del radio mínimo para velocidades específicas de diseño, peraltes máximos y valores límites de fracción

Velocidad específica Km/h	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción $f_{m\acute{a}x}$	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

Nota. Manual DG (2018)

El valor del peralte asumido se presenta en las planillas de diseño de transiciones en las hojas de cálculo de pavimentos.

El desarrollo de la transición del bombeo al peralte se ha realizado según el criterio de la tabla 45.

Tabla 45

*Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente **

$p < 4,5\%$	$4,5\% < p < 7\%$	$p > 7\%$
0,5 p	0,7 p	0,8 p

Nota. Manual DG (2018)

(*) Las situaciones mínima y máxima, se permiten en aquellos casos en que, por la proximidad de dos curvas, existe dificultad para cumplir con algunas de las condicionantes del desarrollo del peralte.

Derecho de Vía o faja de dominio

Tabla 46

Anchos mínimos de derecho de vía

Clasificación	Anchos mínimos (m)
Autopistas Primera Clase	40
Autopistas Segunda Clase	30
Carretera Primera Clase	25
Carretera Segunda Clase	20
Carretera Tercera Clase	16

Nota. Manual DG (2018)

Entonces, el valor indicado de faja de domino para carreteras de tercera clase, según la tabla 46, es de 16 m.

• Taludes

Taludes de Corte

Los taludes para las secciones en corte, variarán de acuerdo a las características geomecánicas del terreno; su altura, inclinación y otros detalles de diseño o tratamiento, se ha determinado en función al estudio de mecánica de suelos y geológicos correspondientes, condiciones de drenaje superficial y subterráneo, según el caso, además se ha realizado el análisis de estabilidad de taludes correspondiente en zonas de taludes altos, para optar por la solución más conveniente, entre diversas alternativas.

Según la tabla 47 se adoptado los valores para taludes de corte:

H: 1; V: 3 Material suelto

H: 1; V: 4 Roca Suelta

H: 1; V: 10 Roca Fija

Tabla 47

Valores referenciales para taludes en corte (relación H:V)

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

Nota. Manual DG (2018)

Según la tabla 47, se han adoptado los siguientes valores:

Taludes de Relleno:

Suelos : H: 1.5; V: 1

Enrocado : H: 1.0; V: 1

Tabla 48

Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes)

Materiales	Talud (V:H)		
	Altura (m)		
	<5	5-10	>10
Gravas, limo arenoso y arcilla	1:1,5	1:1,75	1:2
Arena	1:2	1:2,25	1:2,5
Enrocado	1:1	1:1,25	1:1,5

Nota. Manual DG (2018)

Los taludes para las secciones en corte y relleno varían de acuerdo a la estabilidad de los terrenos en que están practicados. Las alturas admisibles del talud y su inclinación se determinarán en lo posible, por medio de ensayos y cálculos o tomando en cuenta la experiencia del comportamiento de los taludes de corte ejecutados en rocas o suelos de naturaleza y características geotécnicas similares que se mantienen estables ante condiciones ambientales semejantes.

• **Cunetas**

Según el estudio de hidrología las cunetas son Cunetas Triangular: 1.00m x 0.50 m (General).

4.5.8. Consideraciones para el trazado y diseño del eje

Además de tener como referencia El Manual de Carreteras “Diseño Geométrico (DG-2018)”, según el estudio de campo realizado se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones.

Se debe ampliar la plataforma de 5.00 m, más bermas laterales de 0.50 m, este estándar técnico está orientado a lograr circulación permanente en mejores condiciones de seguridad, respetando el trazado existente y mejorando las condiciones del sistema de drenaje y estabilidad de la vía, así mismo en zonas urbanas se debe ajustar el trazo a las condiciones actuales de la vía en pendiente y alineamiento.

Para la realización de este trabajo se ha tenido en cuenta los levantamientos topográficos concluidos obteniendo la longitud real correspondiente al tramo, por esta vía circulara a futuro el excedente de producción agrícola y pecuario de extensas aéreas incorporadas por la vía, teniendo en cuenta que será una carretera de dos carriles, cuyas dimensiones finales serán indicadas en el siguiente informe, así mismos, esta vía contará con todos los elementos necesarios para garantizar su óptimo funcionamiento tales como bermas laterales de 0.50 m, alcantarillas de TMC y revestimiento de cunetas en los tramos necesarios, comprendiendo también la construcción de pontones, pases de agua.

4.5.9. Planos de diseño del eje

Los planos definitivos de diseño se presentarán conforme a lo estipulado en los TDR, del presente estudio. Se ha obtenido los siguientes parámetros básicos de diseño

-Características Técnicas generales para la propuesta:

Longitud Mejoramiento de la Carretera	:7+769 Km
Tipo Pavimento	: Bi capa
Estructura del Pavimento	

Sub-base	:30-20 cm	
Base	:20-15 cm	
Tratamiento Superficial	: 2.5cm	
Clasificación por demanda:	: Carretera de Tercera Clase	
Tráfico (IMDA)	: 330Veh/día	
Número de Carriles	:2 de 2.50m cada uno	
Terreno Ondulado (Tipo 2)	: Km. 0+000- 7+769	
Pendiente transversal	:11% y 50%	
Pendiente longitudinal	:3% y 6%	
Vehículo de diseño	:C2	
Velocidad de diseño		
Tramo km: 00+000.00 – 07+769	:Vd. = 30 Km/h	
Radio Mínimo		
Tramo km 00+000.00 – 07+769	:Rmin = 15 m; Rmax=50 m	
Pendiente		
Pendiente mínima	:0.5%	
Pendiente máxima		
Tramo:00+000.00 – 07+769km	:9.05%	
Bermas	:0.50 m a Cada lado	
Ancho Superficie Rodadura	:6.0m	
Bombeo	:2.0%	
Peralte		
Peralte Máximo	: 8.00%	
Peralte Mínimo	:2.0%	
Derecho Vía	:16 m	
Taludes		
Taludes de Corte		
Material Suelto	:H: 1; V: 3	
Roca Suelta	:H: 1; V: 4	
Taludes de Relleno		
Material Suelto	:H: 1.5; V: 1	
Enrocado	:H: 1.0; V: 1	
Cunetas		
Triangular	:0.90m x 0.30 m	(General)

4.5.10. A nivel afirmado

- **CBR de diseño de la sub rasante**

Según el Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para la obtención del CBR de diseño se tomó el valor promedio del subsector comprendido entre el km 1+000 y el km 7+000 los cuales poseen valores de CBR similares, dando como resultado un valor promedio de 10%. Una vez definido el CBR de diseño, la categoría de subrasante a la que pertenece el sector se determina según lo siguiente:

Tabla 49*Diseño de la sub rasante*

Categorías de Sub rasante	CBR
S0:Sub rasante inadecuada	CBR<3%
S1:Sub rasante insuficiente	De CBR \geq 3% A CBR < 6%
S2:Sub rasante regular	De CBR \geq 6% A CBR < 10%
S3:Sub rasante buena	De CBR \geq 10% A CBR < 20%
S4:Sub rasante muy buena	De CBR \geq 20% A CBR < 30%
S5:Sub rasante excelente	CBR \geq 30%

La subrasante de la carretera se encuentra dentro de la categoría S3: Sub Rasante buena.

- **Numero de Repeticiones de Ejes Equivalentes (EE)**

Para el cálculo del número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn en el periodo de diseño, se utilizará la siguiente expresión]

$$N_{rep \text{ de EE } 8.2 \text{ tn}} = \sum [EE_{\text{dia-carril}} \times F_{ca} \times 365]$$

Los parámetros de la ecuación se describen a continuación:

Figura 30. Parámetros para el cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes

Parámetros	Descripción
Nrep de EE 8.2t	Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn
EE_{dia-carril}	<p>EE_{dia-carril} = Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño. Resulta del IMD por cada tipo de vehículo pesado, por el Factor Direccional, por el Factor Carril de diseño, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de neumáticos. Para cada tipo de vehículo pesado, se aplica la siguiente relación:</p> $\mathbf{EE_{dia-carril} = IMD_{p_i} \times F_d \times F_c \times F_{vp_i} \times F_{p_i}}$ <p>donde:</p> <p>IMD_{p_i}: corresponde al Índice Medio Diario según tipo de vehículo pesado seleccionado (i)</p> <p>F_d: Factor Direccional, según Cuadro N°6.1.</p> <p>F_c: Factor Carril de diseño, según Cuadro N°6.1.</p> <p>F_{vp_i}: Factor vehículo pesado del tipo seleccionado (i) calculado según su composición de ejes. Representa el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo el total de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado.</p> <p>F_p: Factor de Presión de neumáticos, según Cuadro N° 6.13.</p>
Fca	Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado (según cuadro 6.2)
365	Número de días del año
Σ	Sumatoria de Ejes Equivalentes de todos los tipos de vehículo pesado, por día para el carril de diseño por Factor de crecimiento acumulado por 365 días del año.

Nota. Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos

De acuerdo al Manual anteriormente citado y tomando el vehículo C2 como vehículo de diseño, se obtienen los siguientes resultados para la carretera proyectada:

EE 8.2 tn
289857.23

Para caminos no pavimentados con afirmado tendrán un rango de aplicación de Número de Repeticiones de EE en el carril y periodo de diseño de hasta 300000 EE:

Tabla 50

Numero de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2 en el carril de diseño para caminos no pavimentados

Tipos de Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
TNP1	≤25000 EE
TNP2	> 25000 EE ≤75000 EE
TNP3	> 75000 EE ≤150000 EE
TNP4	> 75000 EE ≤300000 EE

Nota. Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos

La carretera proyectada se encuentra dentro del tipo TNP4.

● **Espesor del Afirmado**

Se presentan los espesores de afirmado propuestos considerando sub rasantes con CBR>6% hasta un CBR>30% Y tráfico con número de repeticiones de hasta 300000 ejes equivalentes.

El CBR de diseño de la subrasante en la carretera proyectada es de 10 % y se encuentra dentro de la categoría de Sub rasante S3 (Sub rasante buena), por lo cual se determinó de manera directa el espesor del pavimento al ingresar es el siguiente:

Tabla 51

Espesores de afirmado en mm para valores de CBR de diseño y ejes equivalentes

CBR%	EJES EQUIVALENTES																			
	10,000	20,000	25,000	30,000	40,000	50,000	60,000	70,000	75,000	80,000	90,000	100,000	110,000	120,000	130,000	140,000	150,000	200,000	300,000	
Diseño	ESPESOR DE MATERIAL DE AFIRMADO (mm)																			
6	200	200	250	250	250	250	250	250	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	350
7	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300	300	300	300
8	150	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300
9	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
10	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250
11	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250
12	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
13	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
14	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
15	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200
16	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200
17	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200
18	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200
19	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
20	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
21	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150

Nota. Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos

● **Tipo de Afirmado**

Según el catálogo de capas de revestimiento granular usado, el tipo de afirmado a usar es un afirmado tipo 1 el cual presenta las siguientes características:

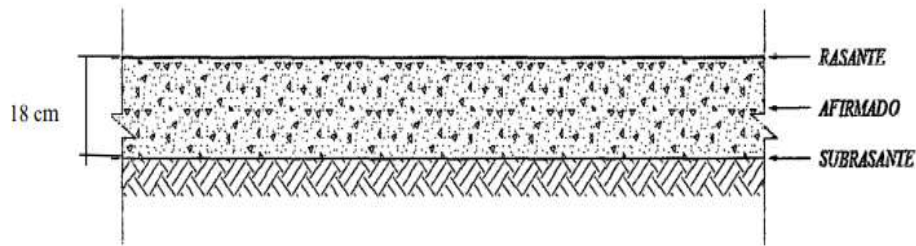
- Corresponde a un material granular o grava seleccionada por zarandeo.
- Presenta un índice de plasticidad hasta 6.25, excepcionalmente se podrá incrementar la plasticidad hasta 12, previa justificación técnica.

● **Características de los Materiales**

- Baja permeabilidad
- Propiedades Cohesivas
- Buena capacidad de distribución de esfuerzos
- Resistencia al deslizamiento
- Estabilidad en condiciones seca y húmeda
- Facilidad para su conformación y compactación
- Brindar una superficie lisa (baja rugosidad)
- Resistencia a la pérdida de grava y a la erosión.

● **Estructura del afirmado**

Los espesores calculadores se han realizado con métodos que son específicos para el diseño de afirmados, si es que hubiésemos empleado métodos tradicionales para el Diseño de Pavimentos, se habrían obtenido valores mucho más altos, que no se justificaría para el presente proyecto. Por lo tanto, se recomienda la siguiente estructura de afirmado:



4.5.11. Señalización

Con la señalización y seguridad vial, en las tareas de diseño, construcción y mantenimiento vial, no sólo se logrará uniformizar los dispositivos de control de tránsito, sino que se contribuirá a mejorar la seguridad en las vías urbanas, interurbanas y rurales del país.

Para ser efectivo un dispositivo de control del tránsito es necesario que cumpla con los siguientes requisitos:

- Que exista una necesidad para su utilización.
- Que llame positivamente la atención.
- Que encierre un mensaje claro y conciso.
- Que su localización permita al usuario un tiempo adecuado de reacción y respuesta.
- Infundir respeto y ser obedecido.
- Uniformidad.

a. Señalización vertical permanente.

- Señales Verticales

Definición

Las señales de tránsito son dispositivos instalados a nivel de la vía o sobre ella, destinados a reglamentar el tránsito y advertir o informar a los conductores mediante palabras o símbolos determinados.

Clasificación

Las señales se clasifican en:

Señales reguladoras o de reglamentación.

Señales de prevención.

Señales de información.

- Señales Regulatoras o de Reglamentación

Definición

Tienen por objeto indicar a los usuarios de la vía, las limitaciones o restricciones sobre su uso. Su violación constituye una falta.

Estas señales tienen forma redonda, con fondo blanco, símbolos en negro y borde en rojo. Cuando prohíben algo, tienen una banda roja que las cruza.

Existen tres excepciones: PARE, que es octogonal; CEDA EL PASO que es un triángulo parado en una punta; y la Dirección de Circulación que es un rectángulo con una flecha blanca sobre fondo negro.

Ubicación.

Para la ubicación y diseño de la señalización se tiene el diseño de la carretera en estudio, se tomó en cuenta la ubicación de la carretera, tomando como base teórica el Manual de Señalización y el Manual de Tránsito, donde se detalla el uso de cada una de las señales de tránsito.

Clasificación

Las señales de reglamentación se clasifican en:

Señales relativas al derecho de paso.

Señales prohibitivas o restrictivas.

Señales de sentido de circulación.

Para el Tramo de esta carretera se ha tomado en cuenta señales reglamentarias relativas a derecho de paso, las que describimos a continuación.

(R-1)SEÑAL DE «PARE»

Señal de forma octogonal de 0.75 m. entre lados paralelos, de color rojo con letras y marco blanco. Utilizada en el Tramo que indicará a los conductores que deberán efectuar la detención de su vehículo.

(R-30) SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas o restrictivas.

Utilizada para indicar la velocidad máxima permitida a la cual podrán circular los vehículos.

SIMBOLOGÍA



“Pare” (R-1)



“Velocidad Máxima” (R-30)

- Señales Preventivas

Definición

Estas señales tienen por objeto advertir al usuario, la existencia de una condición peligrosa y la naturaleza en la vía. Estas señales se identifican por el código general SP, que van del 01 al 70 y las especiales SP-101 Y SP-102.

Se representan con símbolos negros sobre un fondo amarillo

Ubicación

Deberán colocarse a una distancia del lugar que se desea prevenir, de modo tal que permitan al conductor tener tiempo suficiente para disminuir su velocidad; la distancia será determinada de tal manera que asegure su mayor eficacia tanto de día como de noche, teniendo en cuenta las condiciones propias de la vía.

La ubicación de las señales de tránsito de este tipo, se colocaron a la derecha en ángulo recto frente al sentido de circulación y teniendo en cuenta lo siguiente:

En zona urbana 60m - 75m.

En zona rural 90m - 180m.

(P-1 A) SEÑAL CURVA PRONUNCIADA a la derecha, (P-1 B) a la izquierda

Se usará para prevenir la presencia de curvas de radio menor de 40m y para aquellas de 40 a 80m de radio cuyo ángulo de deflexión sea mayor de 45°.

(P-2 A) SEÑAL CURVA a la derecha, (P-2B) a la izquierda

Se usarán para prevenir la presencia de curvas de radio de 40m a 300m con ángulo de deflexión menor de 45° y para aquellas de radio entre 80 y 300m cuyo ángulo de deflexión sea mayor de 45°.

(P-3A) SEÑAL CURVA Y CONTRA CURVA PRONUNCIADAS a la derecha, (P-3B) a la izquierda

Se emplearán para indicar la presencia de dos curvas de sentido contrario, separadas por una tangente menor de 60m, y cuyas características geométricas son las indicadas en las señales de curva para el uso de la señal (P-1).

Se emplearán para indicar la presencia de dos curvas de sentido contrario, con radios inferiores a 300 metros y superiores a 80m, separados por una tangente menor de 60m.

(P-4 A) SEÑAL DE CURVA Y CONTRA CURVA a la derecha, (P-4B) a la izquierda

Se emplearán para indicar la presencia de dos curvas de sentido contrario, con radios inferiores a 300 metros y superiores a 80m, separados por una tangente menor de 60 m.

(P-5-1) SEÑAL CAMINO SINUOSO

Se empleará para indicar una sucesión de tres o más curvas, evitando la repetición frecuente de señales de curva. Por lo general, se deberá utilizar la señal (R-30) de velocidad máxima, para indicar complementariamente la restricción de la velocidad.

(P – 5 - 2A) CURVA EN U - derecha, (P-5-2B) CURVA EN U – izquierda

Se emplearán para prevenir la presencia de curvas cuyas características geométricas la hacen sumamente pronunciadas.

(P – 19) REDUCCIÓN DE LA CALZADA

Esta señal se empleará para advertir la proximidad a una reducción en el ancho de la calzada, con desplazamiento del eje hacia la izquierda y disminución del número de canales, conservando la circulación en ambos sentidos.

(P – 20) REDUCCIÓN DE LA CALZADA

Esta señal se empleará para advertir la proximidad a una reducción en el ancho de la calzada, con desplazamiento del eje hacia la derecha y disminución del número de canales, conservando la circulación en ambos sentidos.

(P – 34) SEÑAL BADEN

Se utilizará para advertir al conductor de la proximidad de un badén.

(P – 35) SEÑAL PENDIENTE PRONUNCIADA

Se utilizará para indicarla proximidad de un tramo de pendiente pronunciada, sea. Subida o bajada.

(P – 37) SEÑAL ZONA DE DERRUMBES

Se utilizará para advertir la proximidad de un tramo de la vía en que existe posibilidad de encontrar derrumbes.

(P – 40) SEÑAL PUENTE ANGOSTO

Se utilizará para advertir la proximidad de un puente cuando la calzada es de ancho menor al de la vía.

(P – 49) SEÑAL ZONA ESCOLAR

Se utilizará para indicar la proximidad de una zona escolar. Se empleará para advertir la proximidad de un cruce escolar.

(P – 53) SEÑAL CUIDADO ANIMALES EN LA VÍA

Se utilizará para advertir la proximidad de zonas donde el conductor pueda encontrar animales en la vía.

(P – 56) SEÑAL ZONA URBANA

Se utilizará para advertir al conductor de la proximidad de un poblado, con el objeto de adoptar las debidas precauciones. Se colocará a una distancia de 200 m. a 300 m. antes del comienzo del centro poblado, debiéndose completar con la señal R – 30 de velocidad máxima; que establezca el valor que corresponde al paso por el centro poblacional.

SIMBOLOGÍA



P-1A



P-1B



P-2A



P-2B



P-5-1

P-3A



P-5-2A

P-3B



P-5-2B



P-40



P-56



P-34



P-49

- Señales Informativas

Definición

Las señales de información tienen como fin el de guiar al conductor de un vehículo a través de una determinada ruta, dirigiéndolo al lugar de su destino.

Tienen también por objeto identificar puntos notables tales como: ciudades, ríos, lugares históricos, etc. y dar información que ayude al usuario cuando

va por la vía. En algunos casos incorporar señales preventivas y/o reguladoras así como indicadores de salida en la parte superior.

Forma

La forma de las señales informativas será la siguiente:

Señales de Dirección y Señales de Información General, a excepción de las señales auxiliares, serán de forma rectangular con su mayor dimensión horizontal.

Las señales Indicadores de Ruta, serán de forma especial, tal como se indica en los diseños que se muestran en el presente Manual de tránsito.

Las Señales de Servicios Auxiliares serán rectangulares con su mayor dimensión vertical.

Dimensiones

Las dimensiones serán, teniendo en cuenta la siguiente clasificación.

Señales de dirección y señales de dirección con indicación de distancias

El tamaño de la señal dependerá, principalmente, de la longitud del mensaje, altura y serie de las letras utilizadas para obtener una adecuada legibilidad.

Señales indicadores de ruta

Estas serán de dimensiones especiales de acuerdo al diseño mostrado en el presente el Manual de Señalización del MTC.

Señales de información general

Estas son de dimensiones especiales las cuales se especifican en el manual de señales de tránsito del MTC.

Ubicación

Las señales de información por regla general deberán colocarse en el lado derecho de la carretera o avenida para que los conductores puedan ubicarla en forma oportuna y condiciones propias de las autopista, carretera, avenida

o calle, dependiendo, asimismo de la velocidad, alineamiento, visibilidad y condiciones de la vía, ubicándose de acuerdo al resultado de los estudios respectivos.

Bajo algunas circunstancias, las señales podrán ser colocadas sobre las islas de canalización o sobre el lado izquierdo de la carretera.

Los requerimientos operacionales en las carreteras o avenidas hacen necesaria la instalación de señales elevadas en diversas localizaciones.

Clasificación

Las señales de información se agrupan de la siguiente manera:

Señales de Dirección

Señales de destino

Señales de destino con indicación de distancias

Señales de indicación de distancias

Señales Indicadoras de Ruta

Señales de Información General

Señales de Información

Señales de Servicios Auxiliares

Las Señales de Dirección, tienen por objeto guiar a los conductores hacia su destino o puntos intermedios. Los Indicadores de Ruta sirven para mostrar el número de ruta de las carreteras, facilitando a los conductores la identificación de ellas durante su itinerario de viaje. Las Señales de Información General se utilizan para indicar al usuario la ubicación de lugares de interés general así como los principales servicios públicos conexos con las carreteras (Servicios Auxiliares).

A continuación, se describe las señales de este tipo que fueron utilizadas para la carretera.

(I-5) SEÑALES DE DESTINO

Se utilizarán antes de una intersección, a fin de guiar al usuario en el itinerario a seguir para llegar a su destino.

Sus dimensiones varían de acuerdo al mensaje a transmitir.

Llevarán, junto al nombre del lugar, una flecha que indique la dirección a seguir para llegar a él. Para el diseño de la señal se tendrá en cuenta algunas normas.

Tabla 52

Localización de señales de destino

	Velocidad (Km/h)	1ra. Señal Indicativa Distancia de la intersección	2da. Señal Confirmativa Distancia de la inserción
1	50 - 70	90 - 150 m	60 m
2	70 - 10	150 - 300 m	60 - 75 m

(I-8) HITO O POSTE DE KILOMETRAJE

Se utilizarán para indicar la distancia al punto de origen de la vía. Para establecer el origen de cada carretera se sujetará a la reglamentación respectiva, elaborada por la Dirección General de Caminos. Los postes de kilometraje se colocarán a intervalos de 1 a 5 km considerando a la derecha los números pares y a la izquierda los impares. En algunas carreteras, la Dirección general de Caminos podrá considerar innecesaria la colocación de postes de kilometraje.

Especificaciones:

Concreto: 140 kg/ cm².

Armadura: 3 fierros de 3/8" con estribos de alambre No 8 a 0.20m.

Longitud de 1.20m.

Inscripción: en bajo relieve de 12mm. de profundidad.

Pintura: los postes serán pintados en blanco con bandas negras de acuerdo al diseño, con tres manos de pintura al óleo.

Cimentación: 0.50 x 0.50 m de concreto ciclópeo.

(I-18)SEÑALES DE LOCALIZACIÓN

Servirán para indicar poblaciones o lugares de interés tales como: ríos, poblaciones etc. Serán de forma rectangular con su mayor dimensión horizontal.

La mínima dimensión correspondiente al rectángulo de la señal será de 0.50m.

A continuación, se presentan modelos de estas señales:

SIMBOLOGÍA



I – 8

b. Delineadores reflectivos

Los delineadores Reflectivos consisten en simples «ojos de gato». Agrupaciones de «ojos de gato», pequeños paneles cubiertos de material reflectivo o artefactos similares, se emplean mucho para demarcar obstrucciones y otros peligros o en series para indicar el alineamiento de la vía. En este caso se llaman delineadores. Aunque, como las señales, estas unidades reflectivas son montadas en postes y emiten una advertencia al conductor, están mucho más relacionadas a las demarcaciones de obstrucciones o línea «guía» y para el propósito de este Manual son tratadas como tales.

Delineadores

Los demarcadores que delinear los bordes de carreteras son grandes ayuda para la conducción nocturna. Los delineadores deben considerarse como guías y no como advertencia de peligro.

Pueden ser usados en tramos largos y continuos de carreteras o en partes cortas donde el alineamiento pueda confundir en transiciones de ancho de pavimento. Importante ventaja de los delineadores para ciertas regiones, es que se quedan visibles cuando existen ciertas restricciones de visibilidad de origen atmosférico. Los delineadores deben ser unidades reflectivas capaces de reflejar la luz con claridad, visibles bajo condiciones normales atmosféricas desde una distancia de 3.50m cuando son iluminadas por las luces altas de un automóvil estándar.

Los delineadores deben ser montados sobre soportes adecuados a una altura tal que la parte superior del reflector esté a 1.20m. Encima del pavimento o borde de la vía. En ningún caso deben situarse a más de 3.60m ni más de 1.50m del borde exterior de la berma. Los delineadores son elementos verticales que se colocan en curvas horizontales y en estrechamiento de la vía con el fin de hacer resaltar el borde de la superficie de rodadura. Se utilizan por lo regular en los tramos en relleno para evitar peligros de accidente a los conductores, sobre todo en las noches y en horas de escasa visibilidad.

- Delineadores de Madera

Se utilizarán en carreteras menos importantes y en zonas donde su uso resulta económico. Tendrán forma cilíndrica con una base de 15 cm. de diámetro y una altura de 1 metro. La madera que se utilice será de buena calidad, seca, sana y descortezada.

- Espaciamiento de delineadores

El espaciamiento de los delineadores será determinado por el Ingeniero Residente de acuerdo con las características de la curva horizontal o del estrechamiento del camino, pero por lo regular varía entre 5 y 20 metros. En

la Tabla 53 se presenta espaciamentos recomendados en función del radio de la curva horizontal.

Tabla 53

Espaciamiento de delineadores

Radio de la Curva horizontal m.	Espaciamiento m.
30	4.00
40	5.00
50	6.00
60	7.00
70	8.00
80	9.00
100	10.00
150	12.50
200	15.00
250	17.00
300	18.50
400	20.00

4.6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

4.6.1. Generalidades

Este capítulo contiene el estudio de los diferentes impactos ambientales que se dan en este estudio “Propuesta De Mejoramiento De La Carretera A Nivel De Afirmado Entre Los Tramos Puente Pomagón – Centro Poblado El Tambo, Distrito Bambamrca – Provincia Huagayoc – Cajamarca, 2020”, determinando los impactos, las medidas de corrección y el manejo del plan ambiental en el momento de la ejecución y operación del proyecto. Se evaluarán los impactos generados en el tiempo de ejecución de las actividades programas del proyecto y así constituir medidas preventivas y de mitigación para la conservación del medio ambiente y alterar el medio ambiente lo menos posible, conservando los recursos hídricos de flora y fauna durante toda la ejecución.

4.6.2. Objetivo

El estudio de impacto ambiental (EIA) tuvo como propósito identificar los impactos ambientales potenciales asociados a las distintas actividades del proyecto en sus etapas de construcción y funcionamiento, a fin de proponer las medidas adecuadas que permitan prevenir, atenuar o mitigar los impactos ambientales negativos, así como fortalecer los impactos positivos; logrando de este modo que la construcción y funcionamiento del proyecto vial se realice en armonía con la conservación del medio ambiente.

4.6.3. Legislación y normas que enmarcan el estudio de impacto ambiental (EIA)

En el país, en las últimas décadas se ha logrado un significativo avance en el campo de la legislación ambiental. En efecto, han sido promulgadas importantes normas que sirven como instrumentos jurídicos para regular la relación entre el hombre y su ambiente, con el propósito de lograr el desarrollo sostenible del país. El cumplimiento de estas normas se viene fortaleciendo en los últimos años, en la medida que los actores del desarrollo van tomando conciencia sobre la necesidad de hacer un uso responsable de los recursos naturales y el ambiente en general.

a. Constitución política del Perú

Los logros normativos en el ámbito ambiental en nuestro medio se inician formalmente con la Constitución Política del Perú de 1979, la cual en su artículo 123 establece:

“Todos tienen el derecho de habitar en ambiente saludable, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida y la preservación del paisaje y la naturaleza. Es obligación del Estado prevenir y controlar la contaminación ambiental”. Aspecto que se ratifica en la Constitución Política de 1993, señalando en su artículo 2, inciso 22 que: “Toda persona tiene derecho a: la paz, la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como gozar de un ambiente equilibrado y adecuado de desarrollo de su vida”. Asimismo, en los artículos 66, 67, 68 y 69 se señala que los recursos naturales renovables y no renovables son patrimonio de la

nación, promoviendo el Estado el uso sostenible de éstos; así como, la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

Asimismo, la Constitución protege el derecho de propiedad y así lo garantiza el Estado, pues a nadie puede privarse de su propiedad (Art. 70). Sin embargo, cuando se requiere desarrollar proyectos de interés nacional, declarados por Ley, éstos podrán expropiar propiedades para su ejecución; para lo cual, se deberá indemnizar previamente a las personas y/o familias que resulten afectadas.

b. Código el Medio Ambiente Y los Recursos Naturales

Este código dado en el país, obliga a los postulantes de proyectos a realizar los estudios del impacto ambiental (EIA). También menciona que tienen la obligación de preservar la diversidad y la utilización de las especies en sus ecosistemas, conservar los recursos naturales renovables.

c. Ley de Consejo Nacional del Ambiente (CONAM)

Mediante Ley N° 26410, del 02-12-94, fue creado el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) como organismo descentralizado, con personería jurídica de derecho público interno, con autonomía funcional, económica, financiera, administrativa y técnica, que depende del Presidente del Consejo de Ministros.

Es el organismo rector de la política nacional ambiental que tiene finalidad, planificar, promover, coordinar, controlar y velar por el ambiente y patrimonio natural de la Nación. Se encuentra integrado por; a) Un Órgano Directivo, b) Órgano Ejecutivo (Secretaría Ejecutiva) y un Órgano Consultivo (Comisión Consultiva).

d. Ley marco para el crecimiento de la inversión privada

El gobierno cree conveniente reafirmar el programa de Reformas Estructurales en la economía, para ello se extiende esta Ley que tenga todos los requerimientos para el crecimiento de la inversión privada en todos los sectores de la economía.

Para que se cumpla esta finalidad es necesario eliminar toda clase de amarres y trámites administrativas que interrumpen dichas actividades y no dejan a la libre iniciativa a la empresa privada. También es necesario reglamentos que les den

seguridad a los inversionistas e implantar un bosquejo que se ajuste a la inversión privada con la conservación del medio ambiente.

e. Ley de evaluación de impacto ambiental para obras y actividades

Ley N° 26786, del 13-05-1997. Establece que los Ministerios deberán comunicar al Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) las regulaciones al respecto. Esta Ley no modifica las atribuciones sectoriales en cuanto a las autoridades ambientales competentes.

Las actividades a realizarse no requerirán una coordinación directa con el CONAM. La Autoridad Competente Ambiental para dichas hará de conocimiento respectivo al CONAM, si el caso lo requiriese.

f. Ley del sistema nacional de evaluación del impacto ambiental

Ley N° 27446, del 23-04- 2001. Este dispositivo legal establece un sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas expresadas a través de los proyectos de inversión.

La norma señala diversa categorías en función al riesgo ambiental. Dichas categorías son las siguientes: Categoría I – Declaración de Impacto Ambiental; Categoría II – Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado, Categoría III – Estudio de Impacto Ambiental Detallado. Cabe precisar que hasta la fecha no se ha expedido el reglamento de esta Ley.

La Ley 27446 ha creado el Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA), como el marco legal general aplicable a la evaluación de impactos ambientales. Esta norma se encuentra vigente en la actualidad; sin embargo, la propia Ley señala que las normas sectoriales respectivas seguirán siendo aplicables en tanto no se opongan a esta nueva norma.

La promulgación de esta nueva norma ha tenido como fundamento la constatación de múltiples conflictos de competencias entre sectores, y la existencia de una diversidad de procedimientos de evaluación ambiental. Esta norma busca ordenar la gestión ambiental en esta área estableciendo un sistema único, coordinado y uniforme de identificación, prevención, supervisión,

corrección y control anticipada de los impactos ambientales negativos de los proyectos de inversión.

4.6.4. Características del proyecto

Se tiene como propósito de mejorar la red vial con la finalidad de proveer un sistema de caminos integrales y transitables, dentro de un plan global de mejoramiento de la red vial local.

La construcción de estas vías se realiza generalmente en zonas apartadas donde hay poco tránsito vehicular y poblaciones con estilos de vida ancestrales lo que determina un Medio Ambiente poco impactado. Por esta razón, un Estudio de Impacto Ambiental se hace aún más relevante, pues con ella podremos identificar y evaluar los posibles impactos no sólo en la Naturaleza, sino también en las personas que habitan en ella. Una vez conocidos estos impactos se podrá adoptar los mecanismos necesarios para evitar o mitigar los impactos desfavorables e incentivar los favorables.

En un inicio estas medidas pueden dar lugar a incurrir en mayores costos en la actualidad, pero es preferible aceptarlos, pues en el futuro estos costos se incrementarán grandemente, lo que no excluye que se busque minimizar este efecto negativo sobre las variables económicas.

En el proyecto es necesario realizar las siguientes actividades las cuales son generadoras de impactos ambientales:

- Movilización de equipos y maquinarias.
- Cortes y rellenos.
- Conformación de terraplenes de la calzada.
- Explotación de material de canteras.
- Transporte de materiales de cantera y excedentes de obra.
- Construcción de alcantarillas de paso

4.6.5. Alcances

El EIA incluye, entre los aspectos principales, una descripción de las características técnicas del proyecto; un diagnóstico del ambiente del área de influencia del

proyecto que podría ser impactado por éste; la identificación de los impactos positivos y negativos que podrían ocurrir en el ambiente; así como un Plan de Manejo Ambiental, que contiene un conjunto de medidas estructuradas en programas de manejo ambiental que permitirán mitigar, controlar o evitar los impactos ambientales negativos, tanto durante la construcción del proyecto vial como durante su funcionamiento.

4.6.6. Metodología

El procedimiento metodológico seguido para realizar la identificación y evaluación de los impactos ambientales del proyecto en referencia fue planificado de la siguiente manera:

- Análisis del Proyecto.
- Análisis de la situación ambiental del área de influencia del proyecto.
- Identificación de los impactos ambientales potenciales.
- Evaluación de los principales impactos ambientales potenciales.

Posteriormente, habiendo identificado y evaluado los impactos ambientales potenciales, se elaboró el Plan de Manejo Ambiental.

a. Método de análisis

Para el análisis de los impactos ambientales potenciales del proyecto se ha utilizado el método matricial, el cual es un método bidimensional que posibilita la integración entre los componentes ambientales y las actividades del proyecto. Consiste en colocar en las filas el listado de las acciones o actividades del proyecto que pueden alterar al ambiente, y sobre sus columnas se coloca el listado de los elementos/componentes y atributos del ambiente que pueden ser afectados por las actividades del proyecto.

En la predicción y evaluación de impactos ambientales mediante el método matricial se puede elaborar una o más matrices, lo cual depende del criterio de la entidad o de los profesionales encargados de dicha tarea. En el presente caso, para facilitar la comprensión del análisis se ha confeccionado dos matrices: una primera matriz denominada Matriz de Identificación de Impactos Ambientales Potenciales, que permite identificar los impactos ambientales potenciales

mediante las interacciones entre las actividades del proyecto y los componentes del ambiente, y otra matriz denominada Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales Potenciales, donde se evalúan los impactos identificados en la matriz anterior.

En ambas en lo posible es importante la participación de un equipo multidisciplinario de profesionales, pues el análisis multicriterio permite que la valoración de los impactos sea lo menos subjetiva posible, lo que a su vez permitirá un mayor acercamiento a lo que realmente pueda suceder en la interacción proyecto-ambiente y viceversa; facilitando así la selección y dimensionamiento de las medidas ambientales que sea necesario aplicar para garantizar que dicha interacción sea lo más armónica posible.

b. Criterio para la evaluación de impactos ambientales potenciales

Los impactos ambientales potenciales han sido evaluados considerando su condición de adversos y favorables, así como su magnitud, extensión y duración del impacto, según se describe a continuación.

- **Calificación por naturaleza favorable o adversa:** Se determinó inicialmente la condición favorable o adversa de cada uno de los impactos; es decir, la característica relacionada con la mejora o reducción de la calidad ambiental. Es favorable si mejora la calidad de un componente del medio ambiente. Es adverso si en cambio reduce la calidad del componente.
- **Calificación por magnitud:** Esta característica está referida al grado de incidencia o afectación de la actividad sobre un determinado componente ambiental, en el ámbito de extensión específica en que actúa. Es la dimensión del impacto; es decir, la medida del cambio cuantitativo o cualitativo de un parámetro ambiental, provocada por una acción. La calificación comprendió la puntuación siguiente: (B) pequeña magnitud, (M) moderada magnitud y (A) alta magnitud.
- **Calificación por duración:** Es el tiempo que se presume afectará un impacto. El impacto puede ser de corta duración si es de pocos días a semanas (B), moderada si es de meses (M) y permanente si dura de uno a más años (A).

Asimismo, la duración puede calificarse como estacional, si está determinada por factores climáticos.

- **Calificación por extensión o área de influencia:** Es una evaluación de la influencia espacial del impacto. Está relacionado con la superficie afectada; pudiendo ser puntual, por ejemplo, si se restringe a áreas muy pequeñas aledañas al tendido de las redes (B); local si su área de influencia se extiende hacia áreas mayores (M) y regional si se extiende a toda el área del proyecto, incluyendo zonas de canteras y campamentos; pudiendo incluir poblados vecinos a las obras (A).

c. Identificación de impactos ambientales potenciales

Tabla 54

Impactos ambientales potenciales

Criterios de Evaluación	Nivel de Incidencia Potencial	Valor de Ponderación
Tipo de Impacto (t)	Positivo	+
	Negativo	-
Magnitud (m)	Baja	B
	Moderada	M
	Alta	A
Extensión (e)	Puntual	B
	Local	M
	Zonal	A
Duración (d)	Corta	B
	Moderada	M
	Permanente	A

- Selección de componentes interactuantes

Antes de proceder a identificar y evaluar los potenciales impactos del proyecto vial, es necesario realizar la selección de componentes interactuantes. Esta operación consiste en conocer y seleccionar las principales actividades del proyecto y los componentes o elementos ambientales del entorno físico, biológico, socioeconómico y cultural que intervienen en dicha interacción. En

la selección de actividades se optó por aquéllas que deben tener incidencia probable y significativa sobre los diversos componentes o elementos ambientales. Del mismo modo, en lo concerniente a elementos ambientales se optó por aquellos de mayor relevancia ambiental.

Actividades del proyecto con potencial de causar impacto

A continuación, se listan las principales actividades del proyecto con potencial de causar impactos ambientales en su área de influencia. Estas actividades se presentan según el orden de las etapas del proyecto.

Tabla 55

Actividades del proyecto con potencial de causar impacto

ETAPAS	ACTIVIDADES
Etapas de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> • Campamento – Almacén. • Movilización Y Desmovilización De Equipo Mecánico. • Derecho de cantera. • Limpieza y deforestación. • Trazo y Replanteo • Movimientos de tierra. • Carpeta asfáltica.
	<ul style="list-style-type: none"> • Alcantarilla tipo I • Badén tipo I
Etapas de Funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento de la vía • Manejo de Residuos.

Componentes del ambiente potencialmente afectables

A continuación, se listan los principales componentes ambientales potencialmente afectables por el desarrollo de las actividades del Proyecto. Estas actividades se presentan ordenadas según subsistema ambiental.

Tabla 56

Componentes del ambiente potencialmente afectables

SUB-SISTEMA AMBIENTAL	COMPONENTES AMBIENTALES
Medio Físico	Agua
	Aire
	Suelo
	Paisaje

Medio Biológico	Flora
	Fauna
Medio Socioeconómico y Cultural	Salud Pública
	Salud y seguridad
	Empleo
	Economía

- Identificación de impactos ambientales

Cumplido el proceso de selección de elementos interactuantes, se da inicio a la identificación de los impactos ambientales potenciales del proyecto vial, para cuyo efecto se hace uso de la matriz de interacción.

d. Área de influencia del proyecto

- Área de influencia directa

Comprende la carretera que inicia en el Puente Pomagon y llega hasta la entrada del C.P. Tambo, tiene una longitud de 7769.00 m.

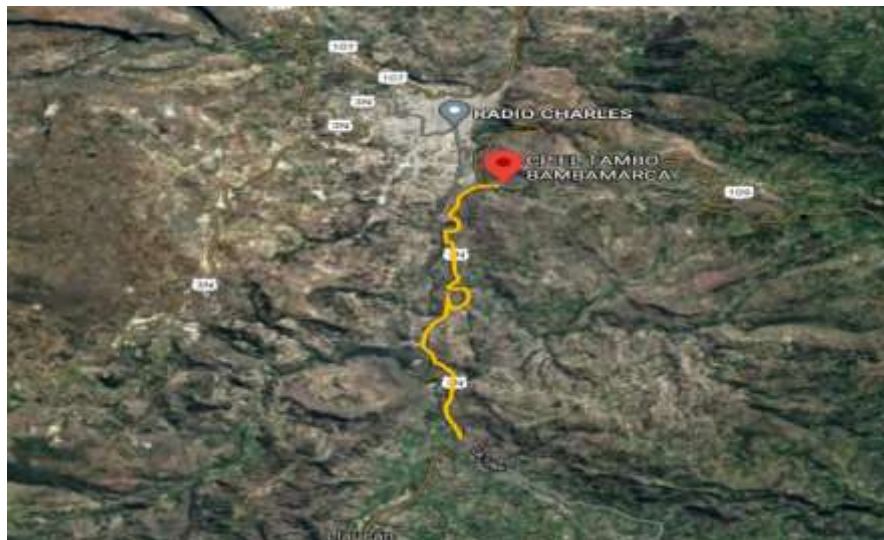


Figura 31. Área de influencia directa

- Área de influencia indirecta

Esta zona de influencia indirecta ha sido delimitada en función a la ubicación hidrográfica, dentro de las cuales se enmarca el proyecto; tiene una connotación local desde el punto de vista socioeconómico y sus interrelaciones con las potencialidades disponibles de sus recursos naturales. Involucra comunidades campesinas, centros poblados y otros distritos aledaños.

f. Descripción de impactos ambientales potenciales

- Durante la fase de construcción

Impactos positivos

Empleo

Generación de empleo: Considerando que se dará preferencia a la mano de obra local, la construcción de la obra proyectada, implicará un incremento en la demanda de mano de obra en la ciudad de Bambamarca, especialmente del centro poblado “El Tambo”.

La generación de empleo permitirá elevar los niveles de ingreso de la población relacionada directa o indirectamente a las obras. Esta condición a su vez se traducirá en un aumento de la capacidad adquisitiva de dichos pobladores, generando mejores condiciones para el acceso a los servicios de salud, educación, transporte, entre otros.

En términos generales, este impacto ha sido calificado como de baja magnitud, pues el número de trabajadores requerido será pequeño, siendo de duración variable entre temporal y moderada, según las actividades del proyecto, y de extensión local.

Economía

Dinamización de la economía local: La demanda de materiales y alquiler de equipos de tiendas comerciales de la zona, necesarios para la construcción de la obra proyectada, permitirá dinamizar la economía local.

Este impacto ha sido calificado como de baja magnitud, de duración variable entre moderada y temporal y de influencia local

Impactos negativos

En el aire

Alteración de la calidad del aire: De modo general, se estima que los efectos en la calidad del aire podrían manifestarse por la emisión de material particulado y ruido, principalmente por los movimientos de tierra, excavaciones, traslado de maquinaria pesada y de equipos. También en el

acarreo de materiales y de tierra para compactación. En estos casos, los impactos presentan alta posibilidad de aplicación de medidas de mitigación, que reducirían sustancialmente sus efectos.

En el agua

Riesgo de afectación de la calidad del agua: El impacto en este componente ambiental está referido al riesgo de alteración de la calidad del agua de la fuente (manante) en caso de ocurrir vertimientos accidentales o deliberados de residuos (residuos de concreto, cemento, etc.).

De producirse dichos derrames, sus efectos se manifestarían aguas debajo; sin embargo, por la pequeña dimensión de las obras proyectadas, se estima que los efectos serían de pequeña magnitud, solo temporales y con alta posibilidad de aplicación de medidas de prevención y mitigación.

En el suelo

Riesgo de afectación de la calidad del suelo: La calidad del suelo podría verse afectada por la posible disposición inadecuada de desechos como: restos de concreto, saldo de agregado, envases plásticos, restos de tubería PVC, acero, alambre, clavos, bolsas vacías de cemento, etc., que se generen durante el proceso constructivo.

La probable pérdida de la calidad del suelo que se extrae al socavar el área donde se construya la carretera y la ligera contaminación de los suelos y de la vegetación circundante, debido a derrames o vertidos accidentales de combustibles, lubricantes y grasas de vehículos, maquinarias y equipos, que es probable pueda ocurrir en la zona de trabajo. Desforestación y alteración de la cobertura vegetal por desbroce en áreas donde se construirán las diferentes obras.

En el paisaje

Afectación de la calidad del paisaje: La calidad del paisaje del lugar, durante la etapa de construcción de las obras podría verse afectada por el desarrollo de las operaciones constructivas en su conjunto. La construcción de las diferentes

obras modificará ligeramente el paisaje natural. De igual forma, el verter materiales de desecho, desmonte y de exceso genera una alteración del terreno.

En la flora

Afectación de la cobertura vegetal: Se estima que, principalmente durante las operaciones de deforestación, se produzca una ligera reducción de la cobertura vegetal compuesta básicamente por gramíneas que conforman el tapiz vegetal del área de influencia directa del proyecto. Por tales consideraciones, este impacto ha sido calificado como de baja magnitud, aunque de duración variable entre temporal y moderada.

En la fauna

Perturbación de la fauna: Considerando que el entorno del área del proyecto se encuentra intervenida por actividades antrópicas (explotaciones agrícolas y pecuarias), se estima que el incremento de la presencia humana y de maquinarias durante el proceso constructivo de las obras no causará mayor perturbación en la fauna que pueda dar lugar a eventos migratorios de consideración.

En la salud y seguridad

Riesgo de afecciones respiratorias y de accidentes: Este impacto está referido a la posibilidad de afectación de la salud del personal de obra, principalmente por las emisiones de material particulado durante los movimientos de tierra (corte y relleno) para la construcción de los componentes del sistema.

Durante el desarrollo del proceso constructivo de la obra proyectada, también existe el riesgo de ocurrencia de accidentes, tanto del personal de obra como de la población de Bambamarca; ésta última, principalmente durante los trabajos de corte y relleno con material seleccionado.

De modo general, este impacto ha sido calificado como de magnitud variable entre moderada y baja, de influencia puntual y de duración variable entre temporal y moderada; presentando alta posibilidad de aplicación de medidas de mitigación y prevención.

- Durante la fase de funcionamiento

Impactos positivos

Salud pública

Mejora de la salud pública: Permitirá mejorar las condiciones de salubridad en la localidad de Bambamarca, lo cual se traducirá en beneficios para la salud e higiene de la población, reduciendo la posibilidad de ocurrencia de enfermedades asociadas a la generación de material particulado. En mérito a ello, este impacto ha sido calificado como de alta magnitud y de duración permanente.

Empleo

Generación de empleo: Este impacto está referido, por un lado, a los puestos de trabajo que por sí demandarán las acciones de operación y mantenimiento de los componentes del sistema, por otro, a los puestos de trabajo que indirectamente se pueden generar ante un incremento de la inversión en el poblado de Bambamarca, impulsado por la carretera que unirá Bambamarca y Ilaucan. Sin embargo, considerando que la generación de empleo depende además de la incidencia de otros factores, este impacto ha sido calificado como de baja magnitud, de influencia local, duración permanente.

Impactos negativos

No se ha previsto la ocurrencia de impactos negativos durante esta etapa.

Acciones de Prevención y Mitigación de Posibles Riesgos Ambientales: De la identificación y evaluación de los posibles impactos ambientales causados por las actividades y acciones del proyecto sobre sus principales elementos que conforman el medio ambiente, se puede apreciar que los efectos producidos en la etapa de construcción e implementación de la estructura vial, son mayormente durante la construcción de las obras. En todo caso, la prevención y mitigación de estos efectos serán superados por los potenciales contratistas de obras (proveedores / ejecutores).

g. Mejora de la calidad de vida

- **Mejora de la transitabilidad vehicular**

La mejora de la carretera permite un servicio óptimo en el transporte a los conductores que pasan por la vía, reduciendo el tiempo y los costos de viaje, aumentando el interés turístico y el comercio de los productos a nivel local y regional.

- **Reducción en los costos de transporte**

La realización de la carretera permitirá brindar a los conductores un mejor servicio de transporte terrestre; conllevando a brindar un precio cómodo a los pobladores en los pasajes de viaje, la disminución del tiempo de viaje y facilitando la comercialización de productos en general.

- **Aumento del precio del terreno**

El mejoramiento de la carretera traerá beneficios a la población, debido a que permitirá dar un incremento al valor de sus terrenos, así como incentivar la actividad turística en esta parte del país.

h. Impactos naturales adversos

- **Sismos**

La zona donde se desarrolla el mejoramiento de la carretera está sujeta a fenómenos naturales como los sismos para ello se realizó simulacros con el personal encargado de la obra para prevenir encaso que ocurra. En caso que ocurra el personal debe mantener la calma y evitar el pánico, disponiendo la evacuación a zonas seguras y si fuese de noche se usará linternas, no fósforos ni velas.

- **Neblina**

La neblina es otro factor perjudicial para el desempeño de las labores ya que dificulta la visibilidad del personal encargado del mejoramiento de la carretera así como también del desplazamiento de la maquinaria pesada para la ejecución de la obra. Del mismo modo perjudica a los vehículos que están circulando a través de la carretera.

• **Deslizamientos**

De acuerdo al patrón de precipitaciones pluviales de la zona de influencia de la vía existe riesgo de inestabilidad de los taludes y presencia de huaycos en algunos tramos de la vía que impidan el tránsito vehicular y/o peatonal. En coordinación con los organismos públicos y privados, se debe prever la realización de acciones de respuesta, sobre la base de tareas específicas, a fin de proteger la vida, el patrimonio y el medio ambiente de la zona.

Como medida general, se deberá instruir al personal de obra sobre la identificación de las zonas vulnerables; así como la localización de áreas de seguridad adyacentes e información sobre posibles rutas de escape ante la eventualidad de estos fenómenos. Asimismo, se deberá proceder a la señalización respectiva de estos lugares, siendo ésta de preferencia de carácter visual, basándose en carteles o preferentemente usando banderola o pintura en sitios visibles y cercanos a zonas críticas, con símbolos alusivos.

Se uniformizarán y difundirán los detalles de las maniobras de emergencia que deben efectuarse, para salvaguardar el estado de la infraestructura civil, los equipos mecánicos, y sobre todo la vida humana en el caso de ocurrencia de estos fenómenos.

La Empresa Contratista, destacará personal idóneo y capacitado para enfrentar tales emergencias. Asimismo, dentro de un esquema precautorio deberá estar atento a las informaciones climáticas y realizar frecuentes análisis de las estadísticas meteorológicas, teniendo especial cuidado en las zonas donde se localizan quebradas y cauces secos, que son posibles cursos de agua en épocas de lluvias.

i. Plan de Manejo Ambiental.

La secuencia para desarrollar el plan de manejo ambiental para el proyecto es el siguiente:

- Describir las características técnicas del proyecto.
- Realizar una evaluación ambiental de toda el área que abarca el proyecto.
- Identificar los impactos ambientales.

- Evaluar los impactos ambientales.
- Describir los principales impactos ambientales.
- Plan de manejo ambiental.

j. Medidas de mitigación

- Aumento de niveles de emisión de partículas

La empresa contratista encargada de la obra deberá tener a disposición un camión cisterna para regar agua, con el fin de no emitir partículas en los lugares de emisión de material particulado como lo es en las actividades de cortes de terreno natural, manejo de botaderos, entre otros.

- Incrementos de niveles sonoros

La emisión de ruidos será muy frecuente durante el mejoramiento de la carretera, como consecuencia de la maquinaria pesada, el transporte de carga y descarga de los materiales, ampliación de la rasante, etc.,

Cabe recalcar que cuando los niveles sonoros sobrepasan el umbral de los 80 decibeles (dB) genera traumas acústicos, siendo el más perjudicado los obreros.

- Alteración de la calidad del suelo por motivos de tierras, usos de espacios e incrementos de la población

Los desperdicios de concreto como materiales excedentes son removidos y llevados a zonas especiales como los botaderos. En el caso de los combustibles, aceites o grasa en el suelo, se retirará cuidadosamente la sustancia para evitar en derramamiento de ésta, utilizando paños absorbentes y trasladarla a un microrelleno sanitario para su disposición final.

- Alteración directa de la vegetación

Este impacto potencial está referido a la posibilidad de afectación de los cultivos de las áreas agrícolas ubicadas en los alrededores de la carretera, debido a la emisión de material particulado durante el mejoramiento de la carretera.

- Alteración de la fauna

Este impacto está referido a la posibilidad de que afecte a los animales que se encuentran a los alrededores de la carretera, debido a los ruidos de las maquinarias, al personal que elabora, al material excedente, etc.

- Riesgos de afectación a la salud pública

La empresa contratista, durante el proceso de contratar personal, exigirá certificados médicos y de vacuna reciente y con vigencia, siendo estos unos de los requisitos mínimos; en el caso de no tenerlo deberán apersonarse a los Centros de Salud a pasar la evaluación médica respectiva para así evitar el riesgo de propagar dichas enfermedades.

- Mano de Obra

La empresa ejecutora del proyecto informará a las personas interesadas en los detalles de la contratación, así como la cantidad de personal requerido por la empresa.

k. Plan de manejo de residuos sólidos

Todos los residuos sólidos resultantes de los trabajos de construcción, pueden causar desequilibrios al entorno, si no se colocan de manera adecuada en los respectivos depósitos. Es frecuente que en trabajos de construcción de carreteras se coloque los residuos sólidos al lado de la vía, los mismos que pueden obstruir las cunetas en épocas de lluvias y ser arrastrados a otros lugares, emitir polvo en épocas de escasa precipitación, obstruir vías de acceso, causar accidentes, entre otros.

l. Plan de abandono

El objetivo principal es restaurar las áreas ocupadas por las distintas instalaciones utilizadas en el proyecto, evitando daños y conflictos con la población beneficiada y/o terceros.

Se desarrollarán las siguientes actividades:

- Los desechos como resultado de las operaciones de desmontaje serán transportadas a zonas de relleno sanitario previamente establecidos y de acuerdo a normas.
- La respectiva limpieza y acomodo de la capa superficial de la carretera.
- Se procederá a una reforestación en las zonas más afectadas.

m. Programa de control y seguimiento

- Disponer las medidas con las respectivas acciones cuando ocurra un desastre causados por la naturaleza como las inundaciones, sismos, deslizamientos y por los causados por el hombre como los accidentes laborales.
- Tener un mejor control con las herramientas y/o maquinarias para evitar los desastres cumpliendo con las normas de seguridad.
- Realizar las acciones necesarias durante y después de un desastre natural o provocado por el hombre.

n. Plan de contingencias

- Análisis de riesgos

La zona de influencia del proyecto se encuentra sujeta a las probables ocurrencias de fenómenos naturales como lo son los derrumbes, procesos erosivos, huaycos y también eventos de sismos, tomando acciones que se cumplirán en forma conjunta por el personal involucrado en la ejecución del proyecto.

También se darán medidas para los casos de incendio ya sean provocados o por casos accidentales.

- Medidas de contingencia cuando ocurre un incendio.

Para un incendio menor llámese material común, se arrojará agua, de lo contrario se usará extintores para apagar rápidamente el fuego.

Para un incendio mayor como líquidos o gases inflamables, se debe retirar el suministro del producto y apagar el fuego, empleando extintores especiales como los de polvo químico seco o los de espuma, de lo contrario emplear arena seca o tierra.

Para un incendio eléctrico, se corta de inmediato el fluido eléctrico y apagar el fuego empleando extintores de polvo químico seco, dióxido de carbono o utilizar arena seca o tierra.

Estos extintores deberán estar ubicados en lugares estratégicos y apropiados y que puedan ser manipulados fácilmente.

- Medidas de contingencia por accidentes de operarios

En el caso de ocurrencia de accidentes laborales durante la ejecución de la carretera, dañando la integridad física de los trabajadores, comúnmente originados por deficiencias humanas o fallas mecánicas de los equipos utilizados. Las medidas a tomar son las siguientes:

Se deberá comunicar previamente a los Centros Médicos y Postas Medicas más cercanas al proyecto, indicando el inicio de las obras de mejoramiento, para que así estén preparados cuando ocurra algún tipo de accidente durante las labores de trabajo.

El responsable de llevar a cabo el Programa de Contingencias deberá instalar un sistema de alertas y mensajes y auxiliar a los operarios que puedan ser afectados con medicinas, alimentos y otros.

V. CONCLUSIONES

- Según el Levantamiento Topográfico de la carretera en estudio se determinó de acuerdo al análisis de su orografía y al Manual de Diseño Geométrico (DG-2014), que es un Terreno Accidentado (Tipo 03), con pendientes longitudinales promedio de 3% y 6%.
- Se realizó un estudio de suelos, lo cual corresponde en su mayoría es arena Arcillosa de mediana plasticidad (SC) así como Arena Limosa con grava de baja plasticidad (SM) y de menor proporción tenemos grava arcillosa con arena de baja plasticidad (GC), con una humedad entre el 9.06% al 10.10%. El CBR al 95% arroja valores entre 33.00% y 68%, lo cual se interpreta como un suelo regular y bueno.
- En el Estudio Hidrológico se determinó que abajo de las losas de fondo se deberán proteger con contrafuerte cimentado, pues cuando están libres provocan erosiones en la punta debido a la turbulencia del flujo. Asimismo, se deberá proyectar obras de arte de alivio, para mantener la vida útil de la plataforma.
- Se ha determinado para el tramo (Puente Pomagón-CP. TAMBO), un IMDa de 336 vehículos diarios y un número de carriles 2 de 2.5.00m cada uno
- En el Diseño Geométrico la carretera en estudio se clasifica en función a la demanda y con un tráfico IMDa de 336 veh/día, siendo una Carretera de Tercera Clase, con una velocidad directriz de 30 Km/h, como lo establece el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2014.
- Dentro del Estudio de Impacto Ambiental, durante la mejora de la carretera se determinó algunos impactos negativos (Alteración de la calidad del aire, riesgo de afectación de la calidad del agua, afectación de la cobertura vegetal, perturbación de la fauna, etc.). Así mismo se genera impactos positivos (generación de empleo, incremento del intercambio comercial, integración de los caseríos aledaños, comodidad y seguridad a los transportistas, etc.).

VI. RECOMENDACIONES

- El proyecto debe materializarse de manera inmediata, pues con ella se solucionarán los problemas y limitaciones que afrontan los pobladores de la zona y poder así mejor su nivel de vida.
- La ejecución del Proyecto deberá efectuarse de acuerdo a los planos y especificaciones técnicas correspondientes, bajo la dirección de un ingeniero Residente para garantizar la calidad de la obra.
- Realizar operaciones continuas de conservación y mantenimiento de la geometría de la carretera, que permitan el tránsito fluido de los vehículos, así mismo de las obras de arte y drenaje, para garantizar su normal funcionamiento hidráulico.
- Para la disminución significativa en el costo de la mano de obra no calificada, se buscará la participación activa de las comunidades beneficiarias en la ejecución de la carretera.
- Durante la realización del movimiento de tierras se deberá tener cuidado de no afectar a los pobladores y/o viviendas, que se encuentren hacia la parte baja por donde pasará la carretera.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- American Association of State Highway and Transportation Officials (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington D.C.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (2001). *Diseño geométrico de Caminos locales de Muy Bajo Volumen (TMD)*
- Banco Central de Reserva del Perú (2017). *Caracterización del Departamento de Cajamarca*.
- Cárdenas, J. (2000). *Diseño Geométrico de Vías*. 2da ed. Ecoe Ediciones.
- Cárdenas, J. (2012). *Estudio comparativo de metodologías de relevamiento de fallas en caminos no pavimentados*. (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú.
- COMEXPERÚ (2016). Falta de carreteras representan el 20% de la brecha total de infraestructura en el país. p.1. Disponible en <https://gestion.pe/economia/falta-carreteras-representan-20-brecha-totalinfraestructura-pais-146347>.
- Díaz, P. (2017). *Impacto social y económico de la construcción de la carretera entre los Distritos Chota – Bambamarca, Departamento Cajamarca, 2017*. (Tesis de Ingeniería Civil). Universidad Cesar Vallejo.
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2008). *Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de Tránsito - 2018 – Perú*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones
- Dirección General de Servicios Técnicos (2018). *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras México*, Subsecretaría de Infraestructura.
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico. DG - 2018 – Perú*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos*.
- Ibáñez, W. (2011). *Costos y Tiempos en Carreteras*. Editora Macro E.I.R.L.
- Granados, F. (2017). *Estudio de pre factibilidad del Proyecto Mejoramiento del tramo de carretera Empalme Malpaisillo–Villa 15 de Julio, longitud 36.40 km*.

Universidad Nacional de Ingeniería.

Gómez, K., Rodríguez, R. y Ruíz, J. (2018). *Medidas de Mitigación y Adaptación ante los deslizamientos en el Poblado El Carmen del Proyecto vial. Mejoramiento de Carretera Tramo El Jícaro –Murra 17.61 km.* Universidad Centroamericana.

Haro, M. (2017). *Diseño del mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado, Tramo Intersección Carretera Calorco - Ingacorrall – Sector El Capulí, Distrito de Cachicadán, Provincia De Santiago De Chuco, La Libertad.* Universidad César Vallejo.

Herrera, V. (2018). Cajamarca solo tiene dos carreteras asfaltadas mientras el resto de vías están afirmadas. Red de Comunicación Regional [En línea] p.1. Disponible en <https://rcrperu.com/cajamarca-solo-tiene-dos-carreterasasfaltadas-mientras-el-resto-de-vias-estan-afirmadas/>.

Huaraz, L. y Sánchez, A. (2017). *Diseño del mejoramiento de la carretera a nivel afirmado, tramo San Luis – Santa Cecilia, distrito de Usquil, Otuzco, La Libertad* (Tesis de Ingeniería Civil). Universidad Cesar Vallejo.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). *Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*, p. 24 y p. 92.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2017). *Manual de Seguridad Vial. MSV2017.* 465pp.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). *Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.* 205 pp.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2006). *Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Caminos de Bajo Volumen de Tránsito.*

Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC) (2001). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2001.*

Municipalidad Provincial de Hualgayoc- Bambamarca (2017). *Plan Estratégico Institucional 2016-2018.*

Reyes, D. (2017). *Diseño de la carretera en el Tramo, El Progreso –Tiopampa, distrito de Chugay, provincia de Sánchez Carrión, Departamento de la Libertad.*

Trujillo. Universidad César Vallejo.

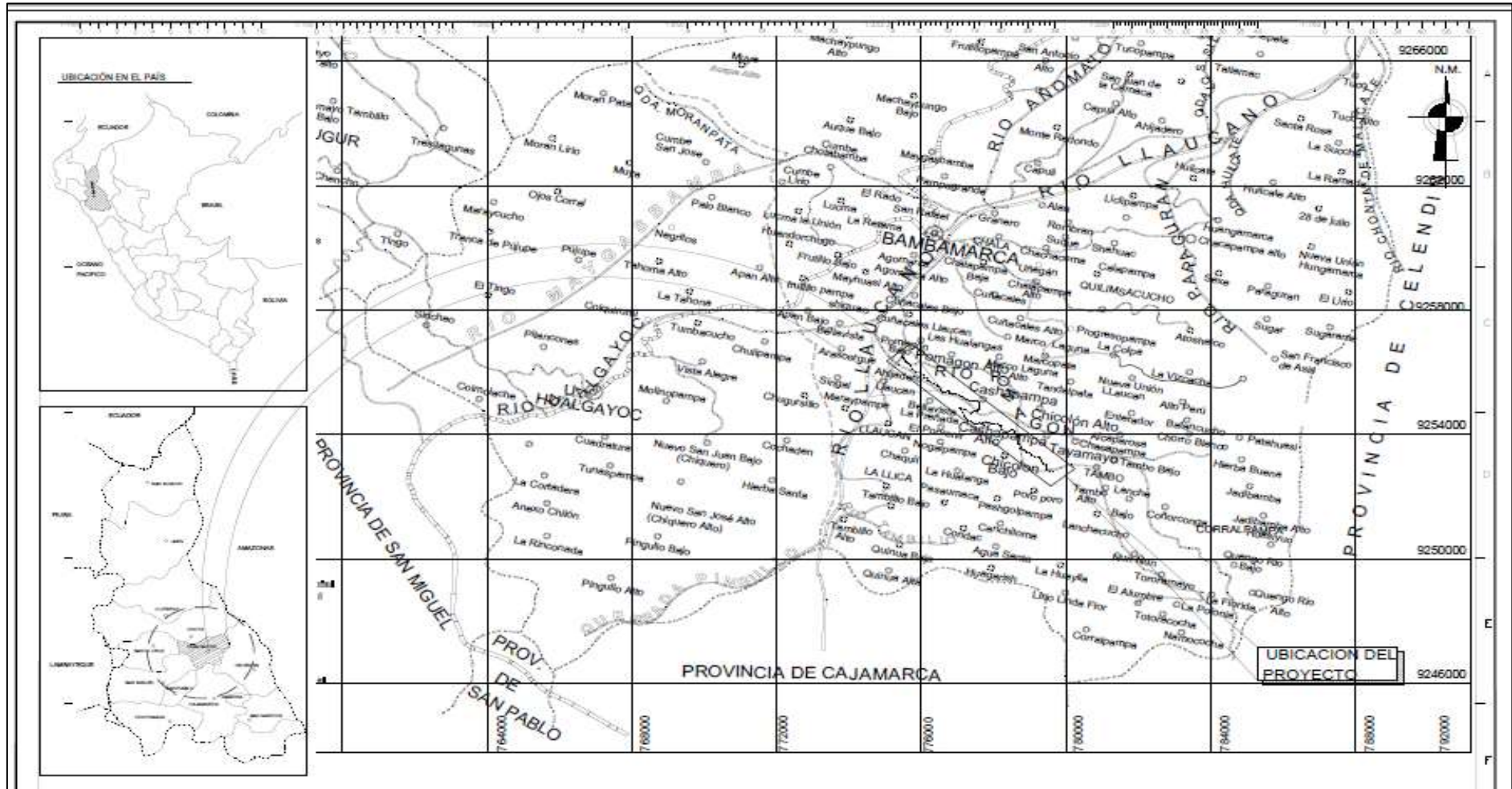
Saucedo, J. (2018). *Diseño definitivo de la carretera desde la ciudad de Bambamarca hasta el caserío Chilcapampa, provincia de Hualgayoc, Cajamarca – 2018.*

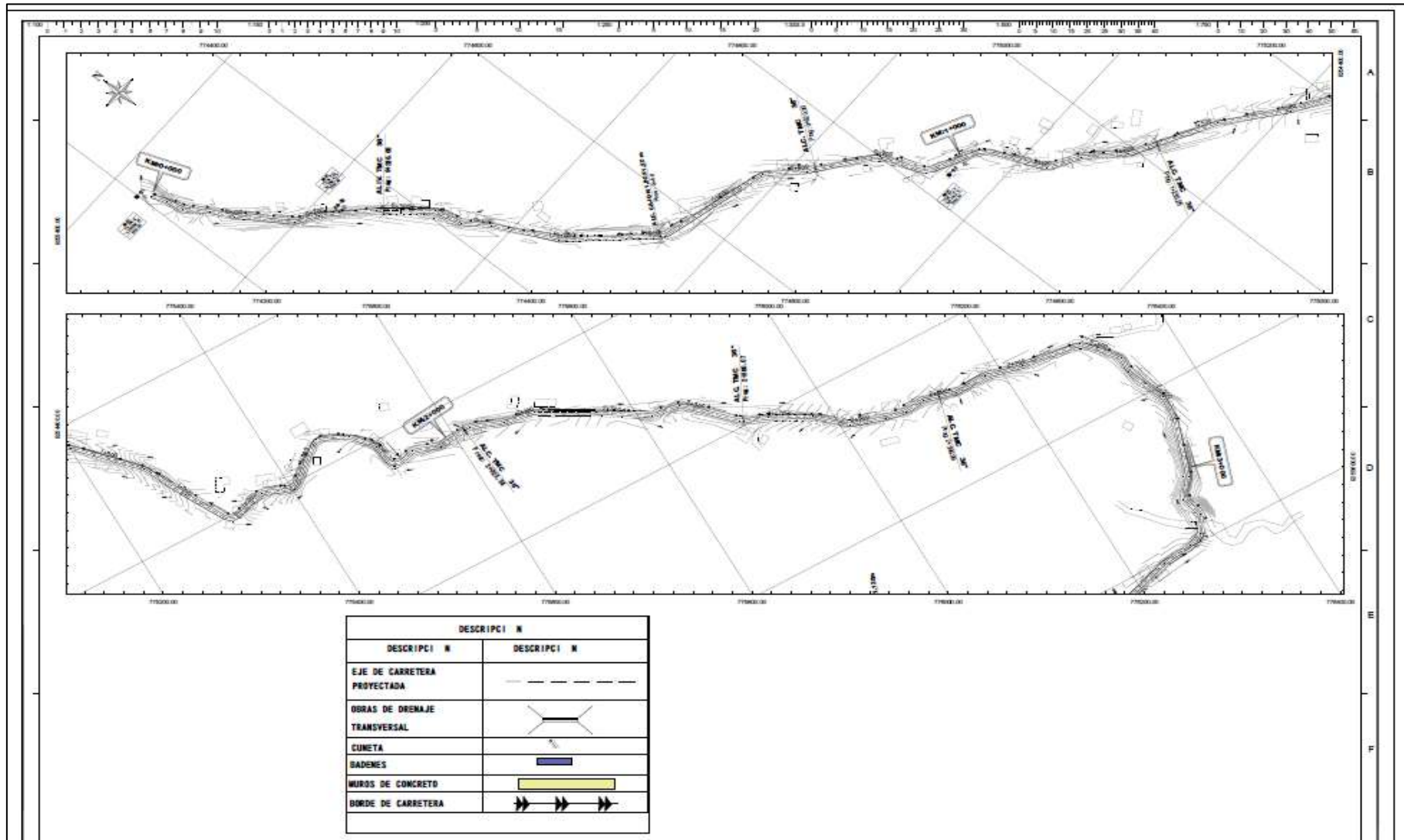
(Tesis de Ingeniería Civil). Universidad Cesar Vallejo.

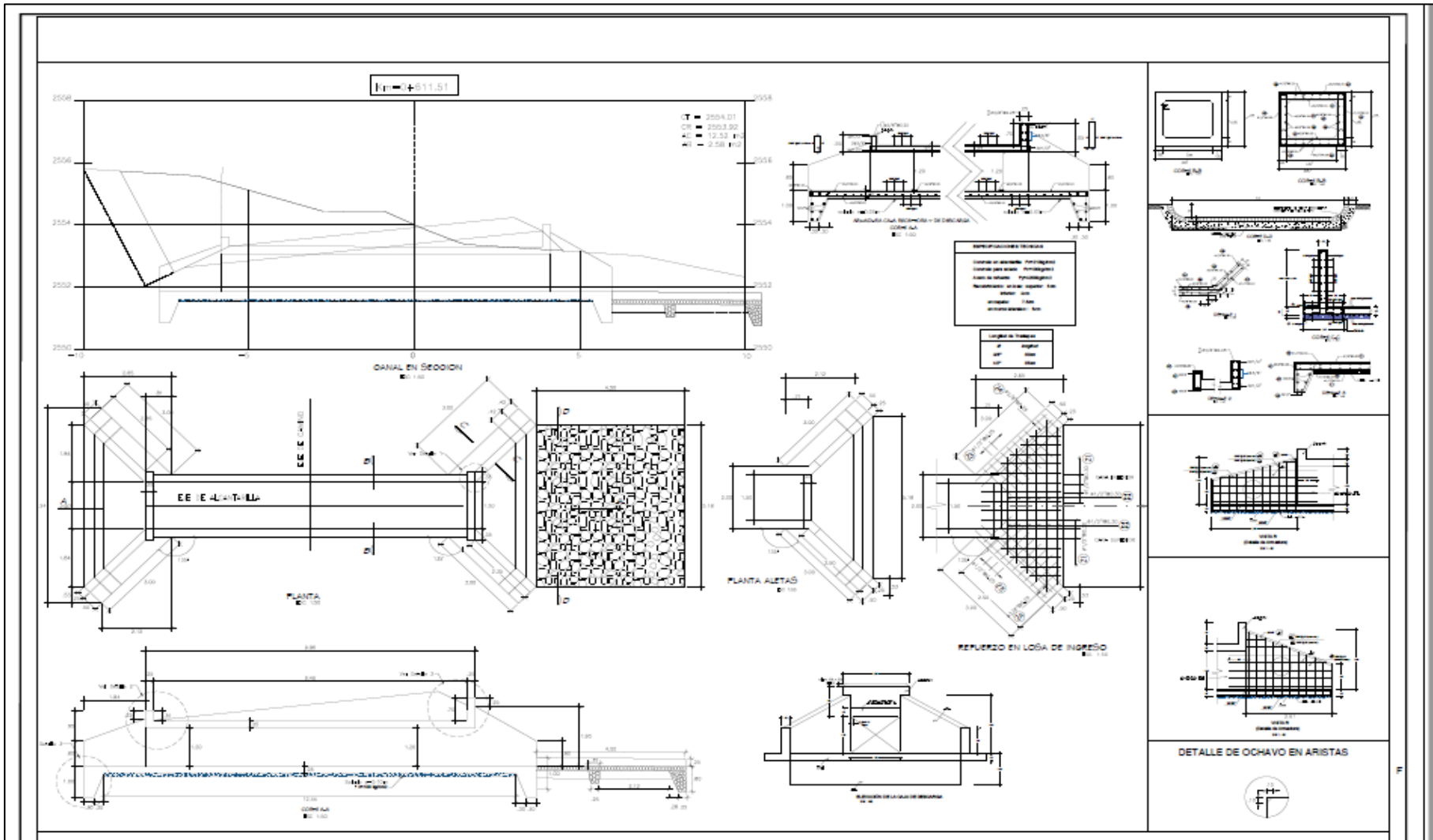
Valecillo, E. (2019). *Estudio de Pre Factibilidad para el Mejoramiento de la Carretera Rosita - Bonanza (32.00 km).* (Tesis de Maestría en Gerencia de Proyectos de

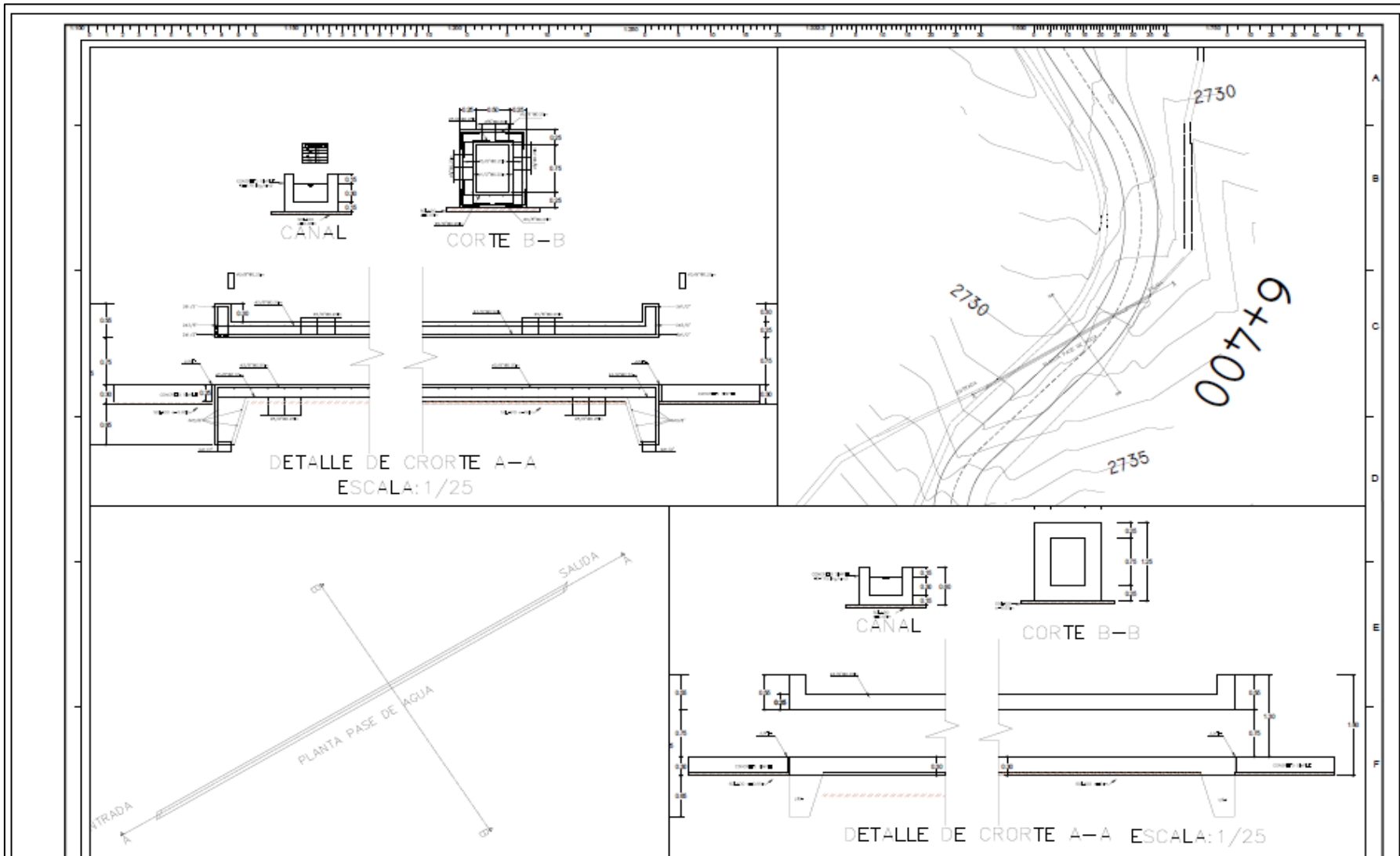
Desarrollo). Universidad Nacional de Ingeniería.

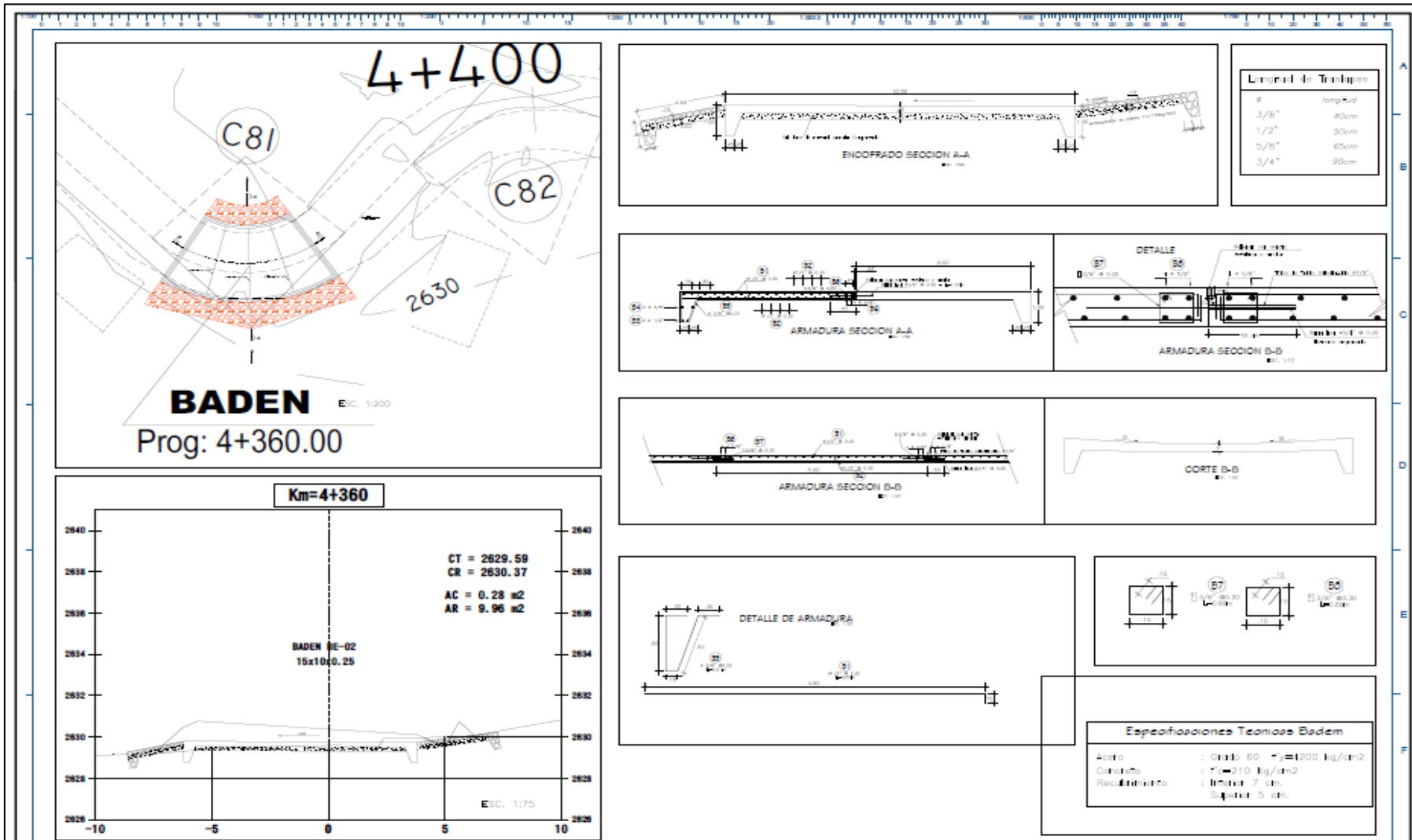
VIII. ANEXOS Y PLANOS

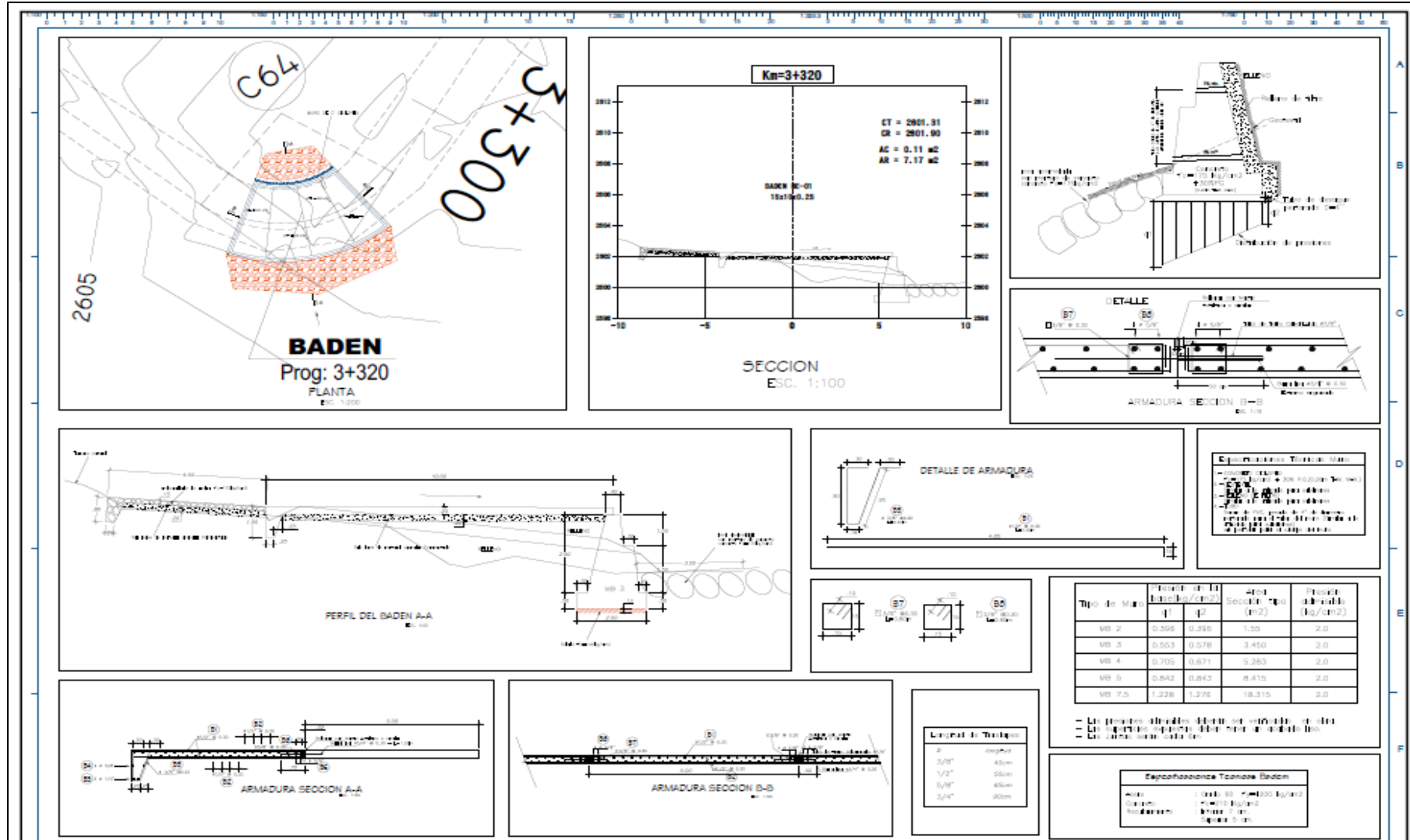


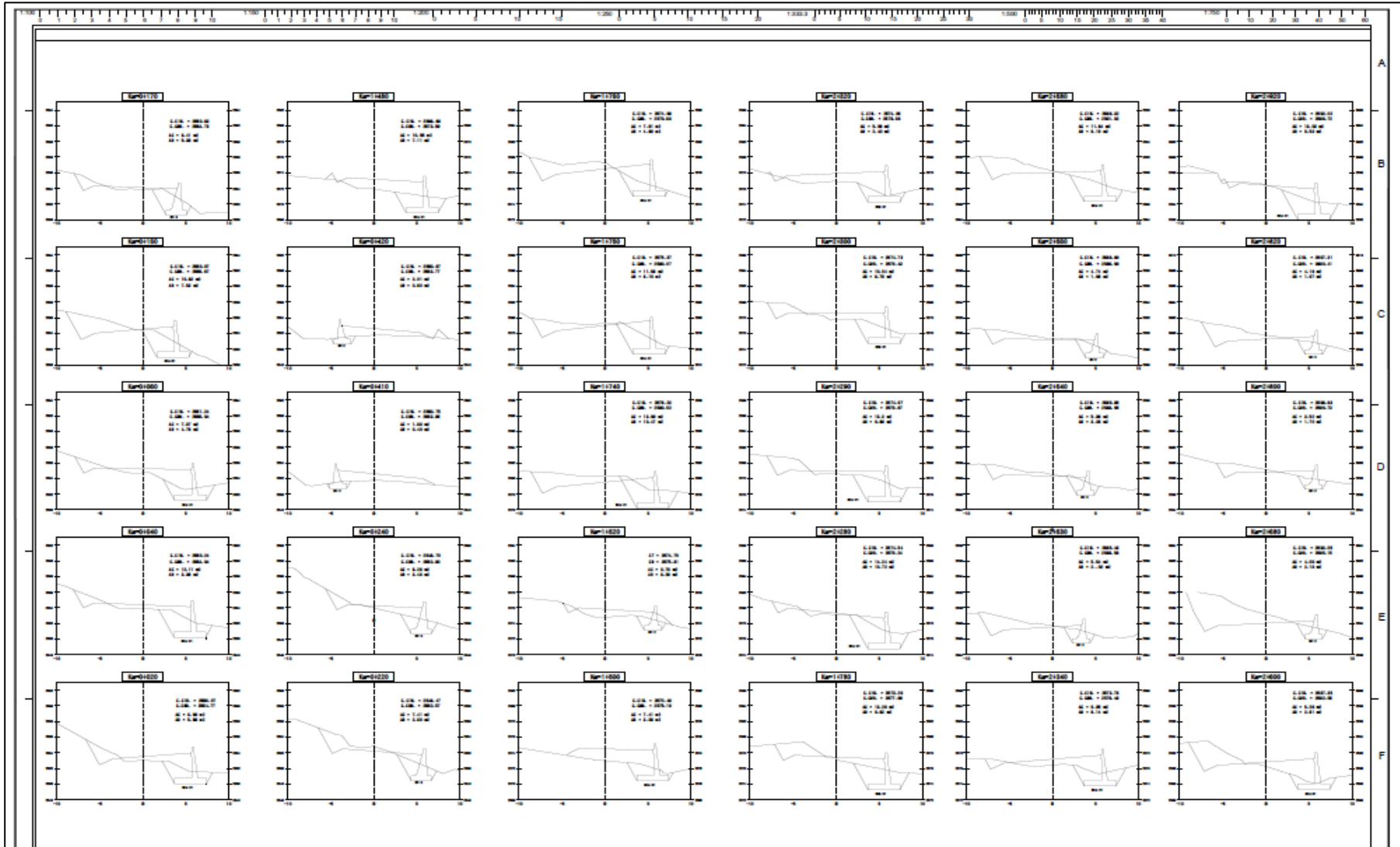


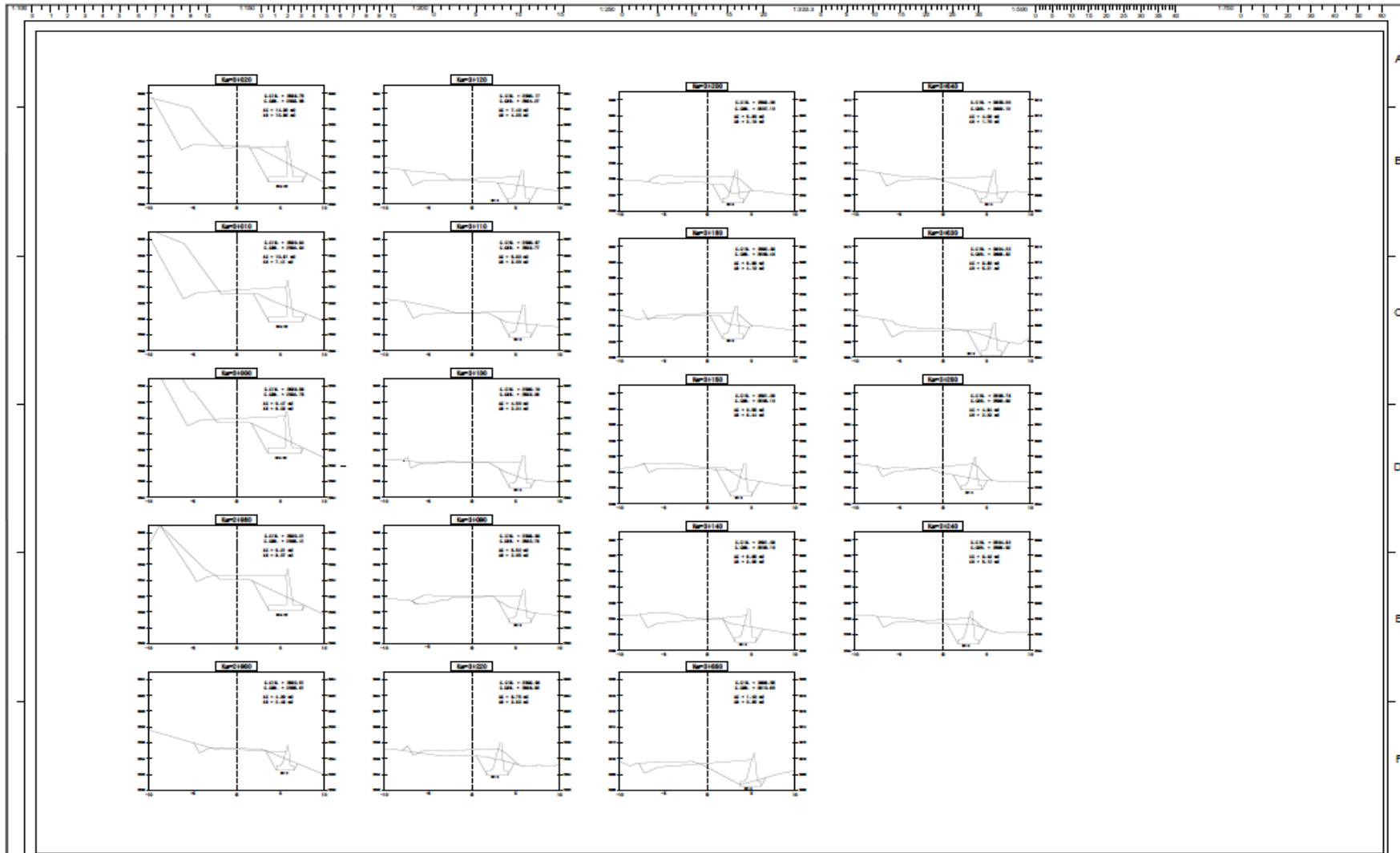


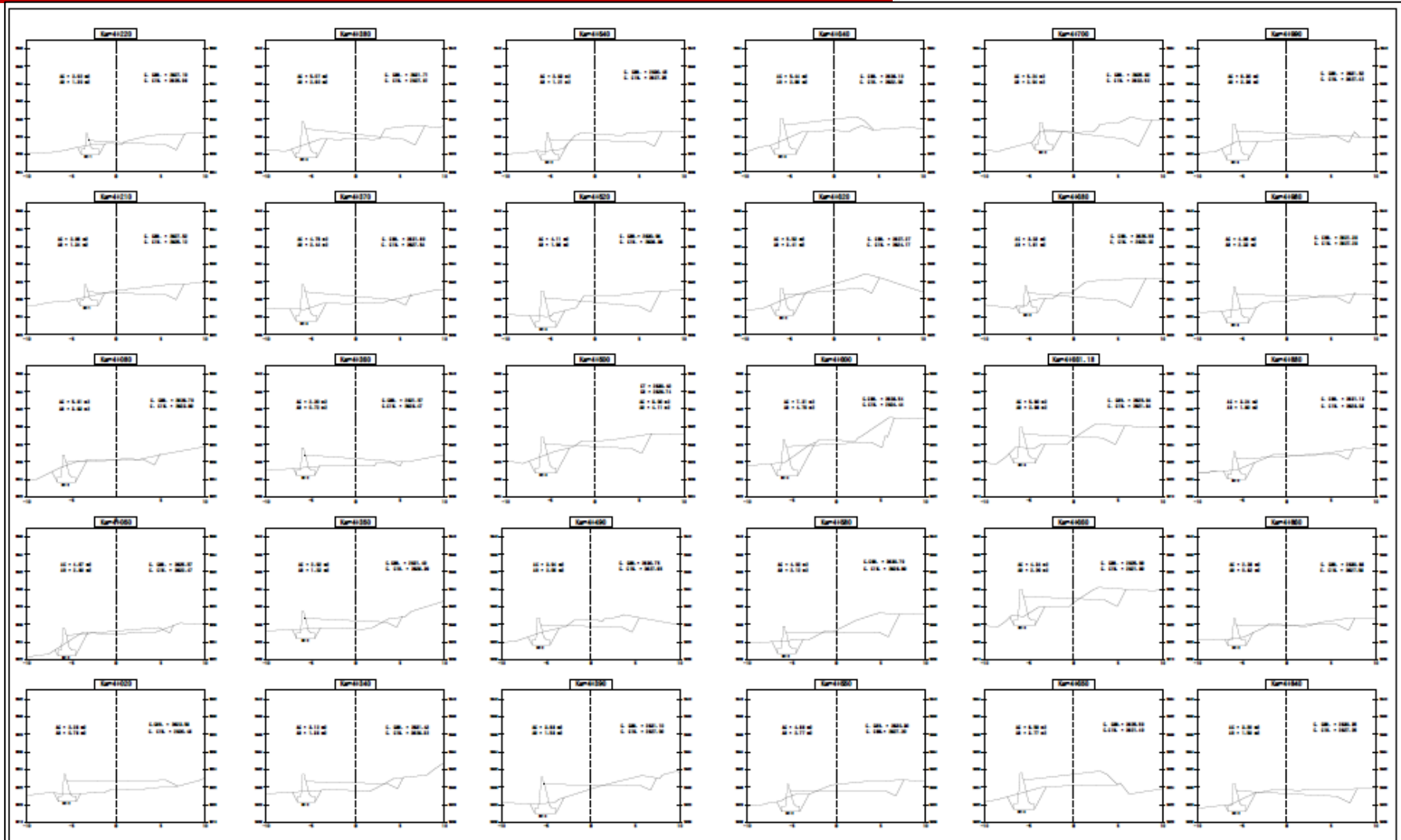


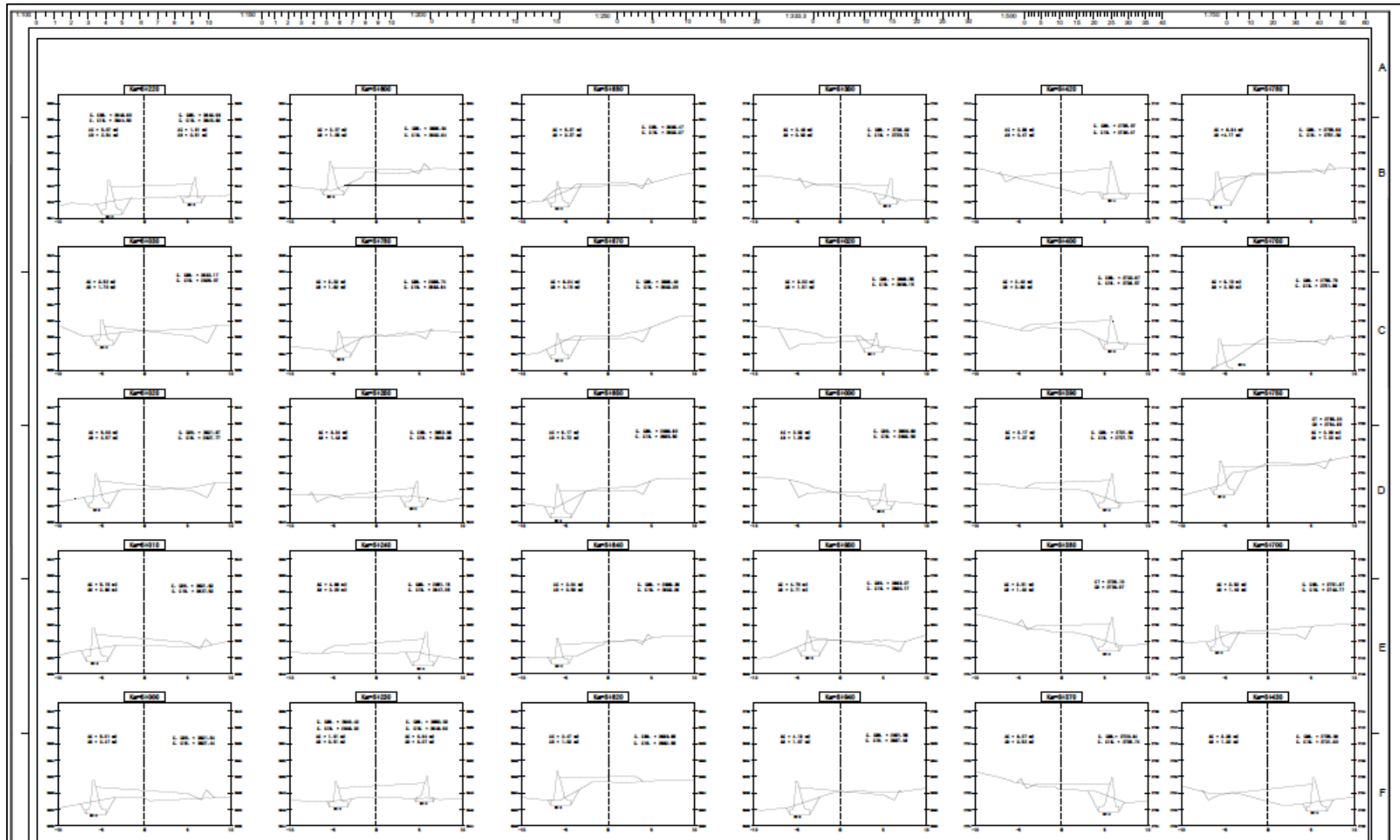


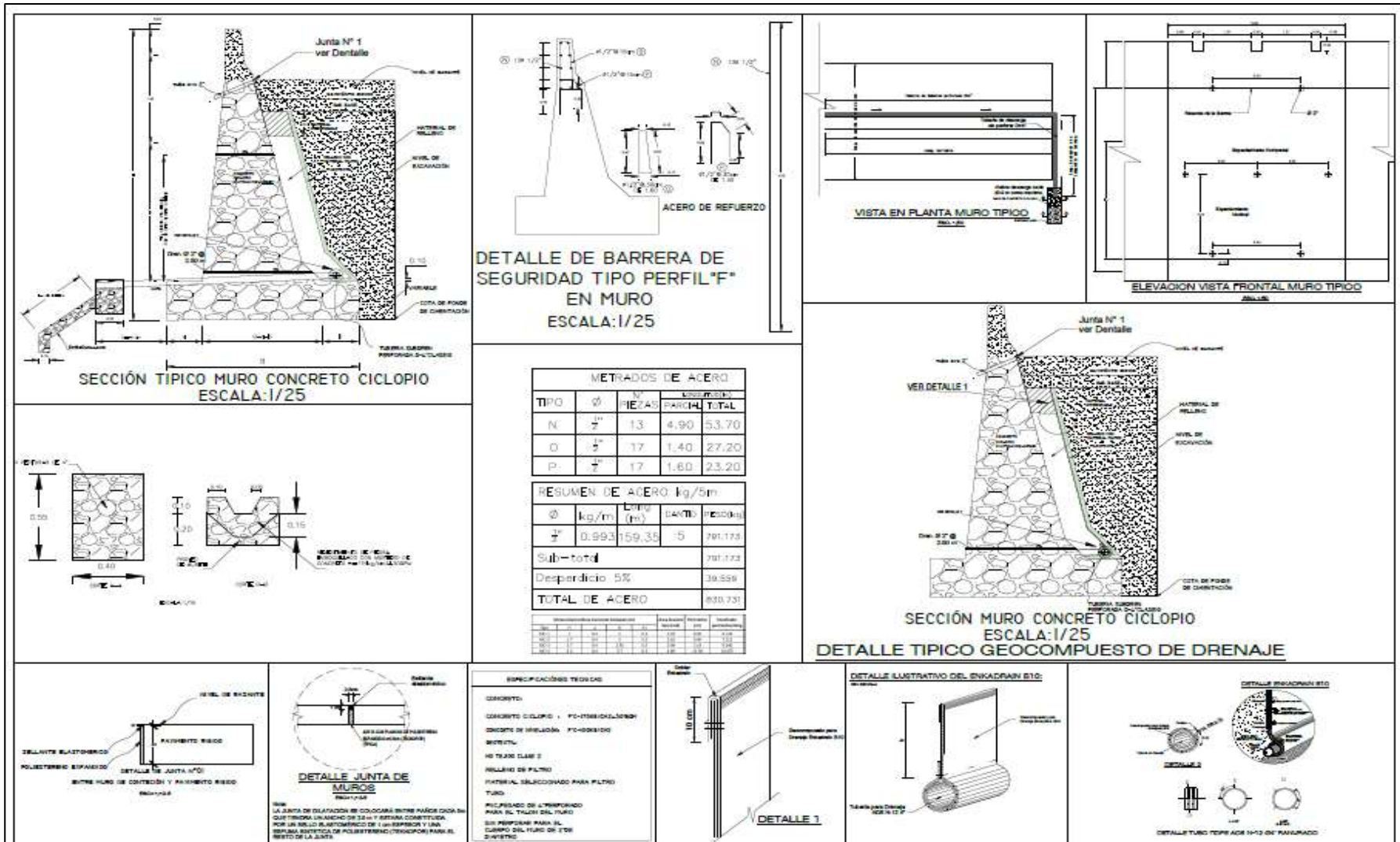


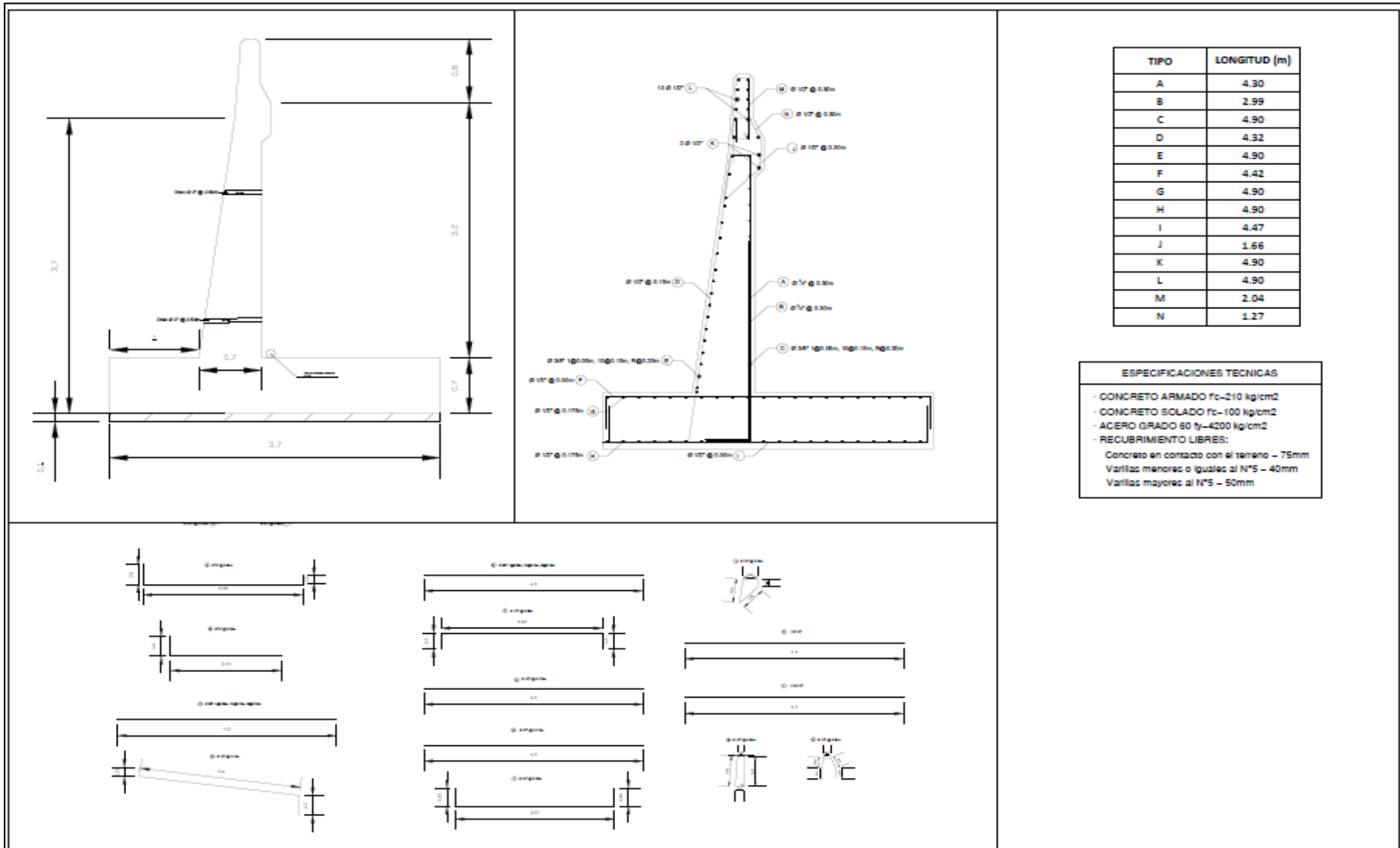


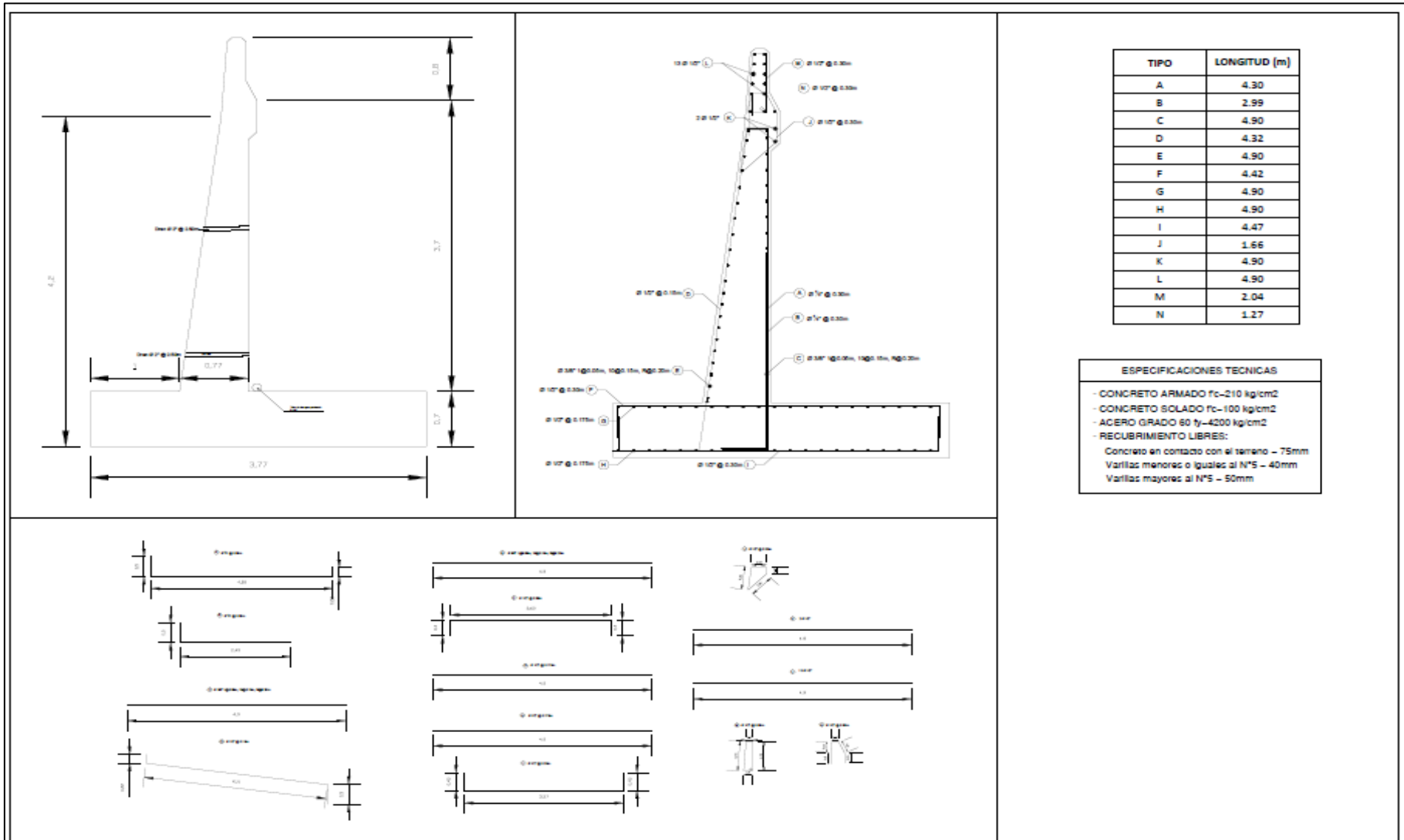


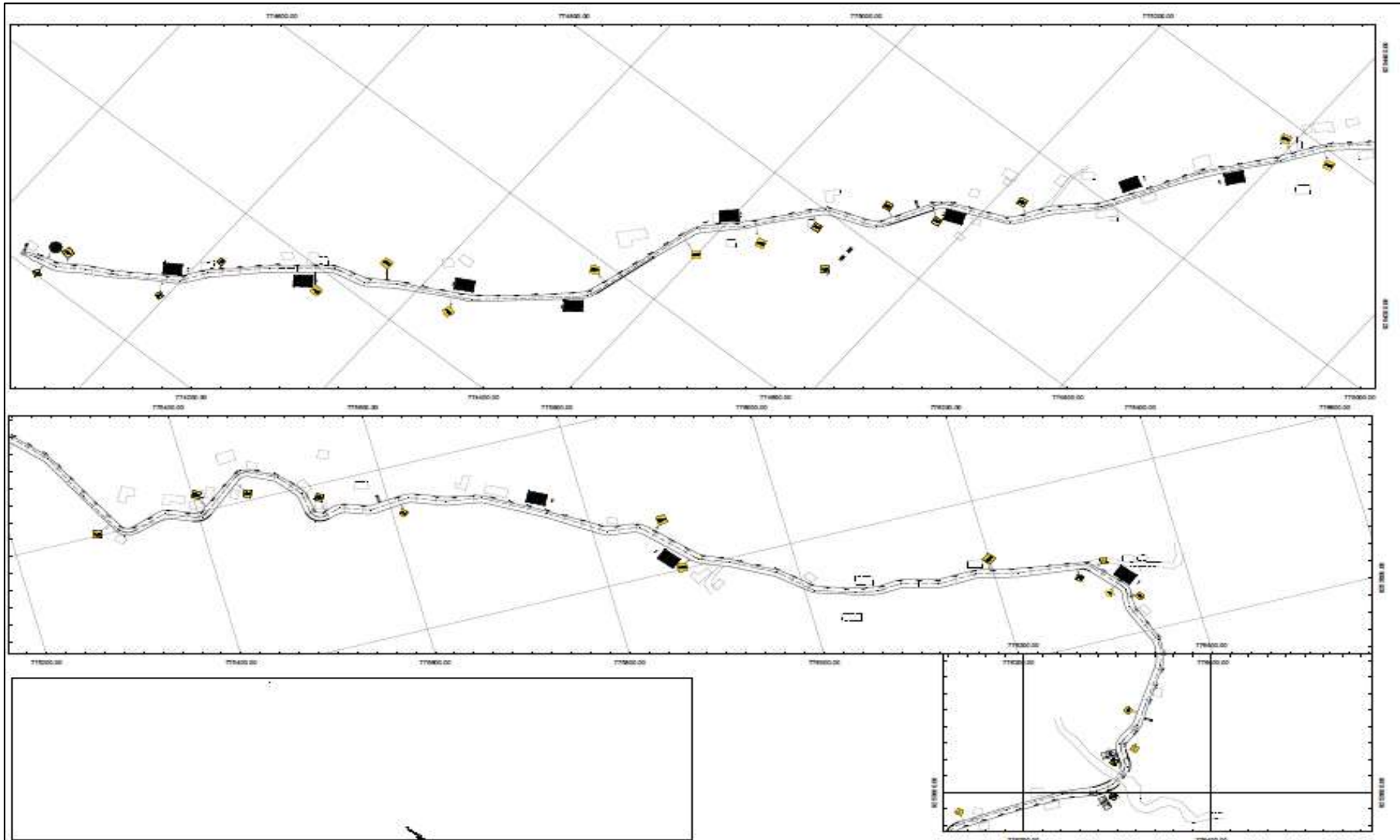


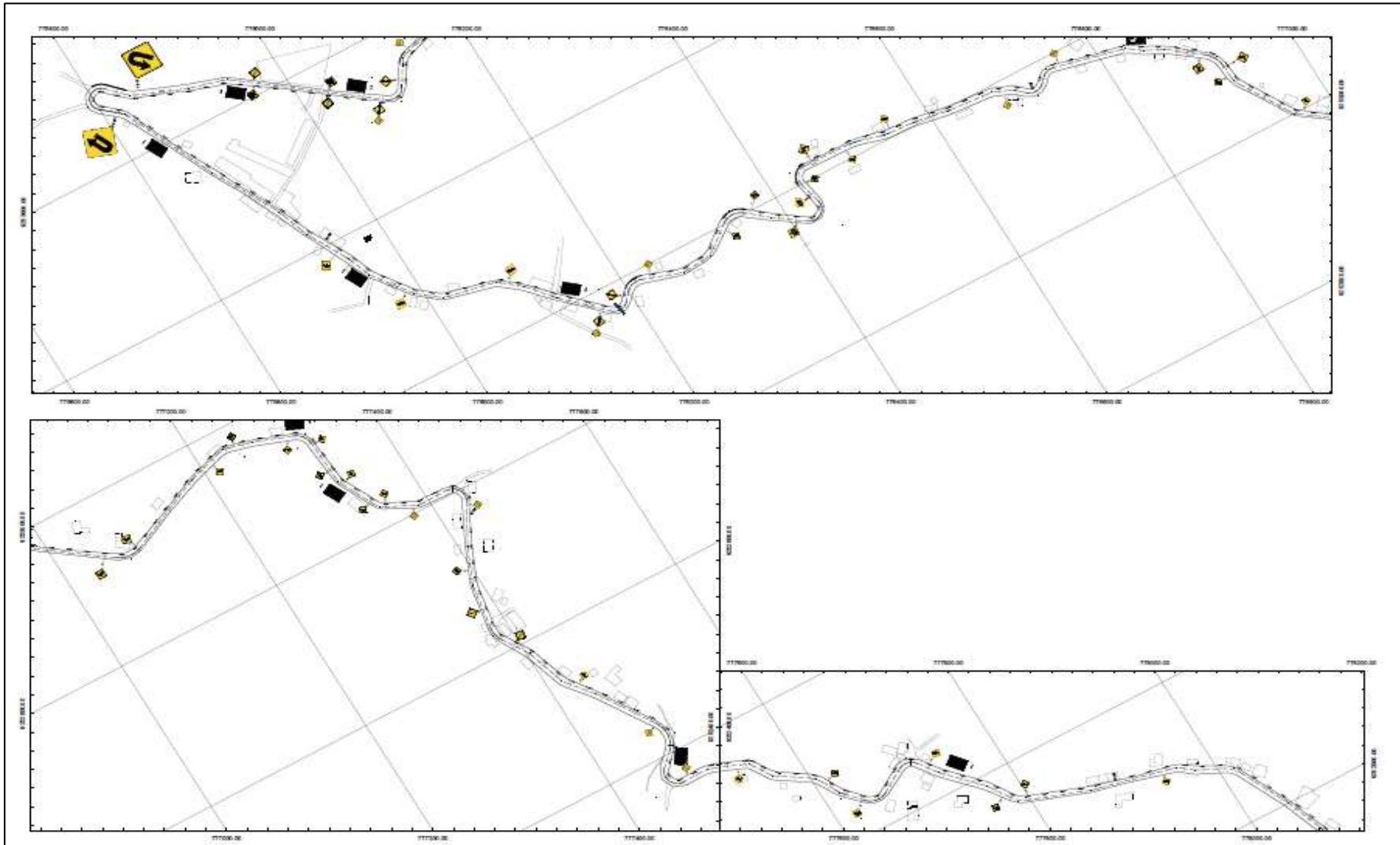


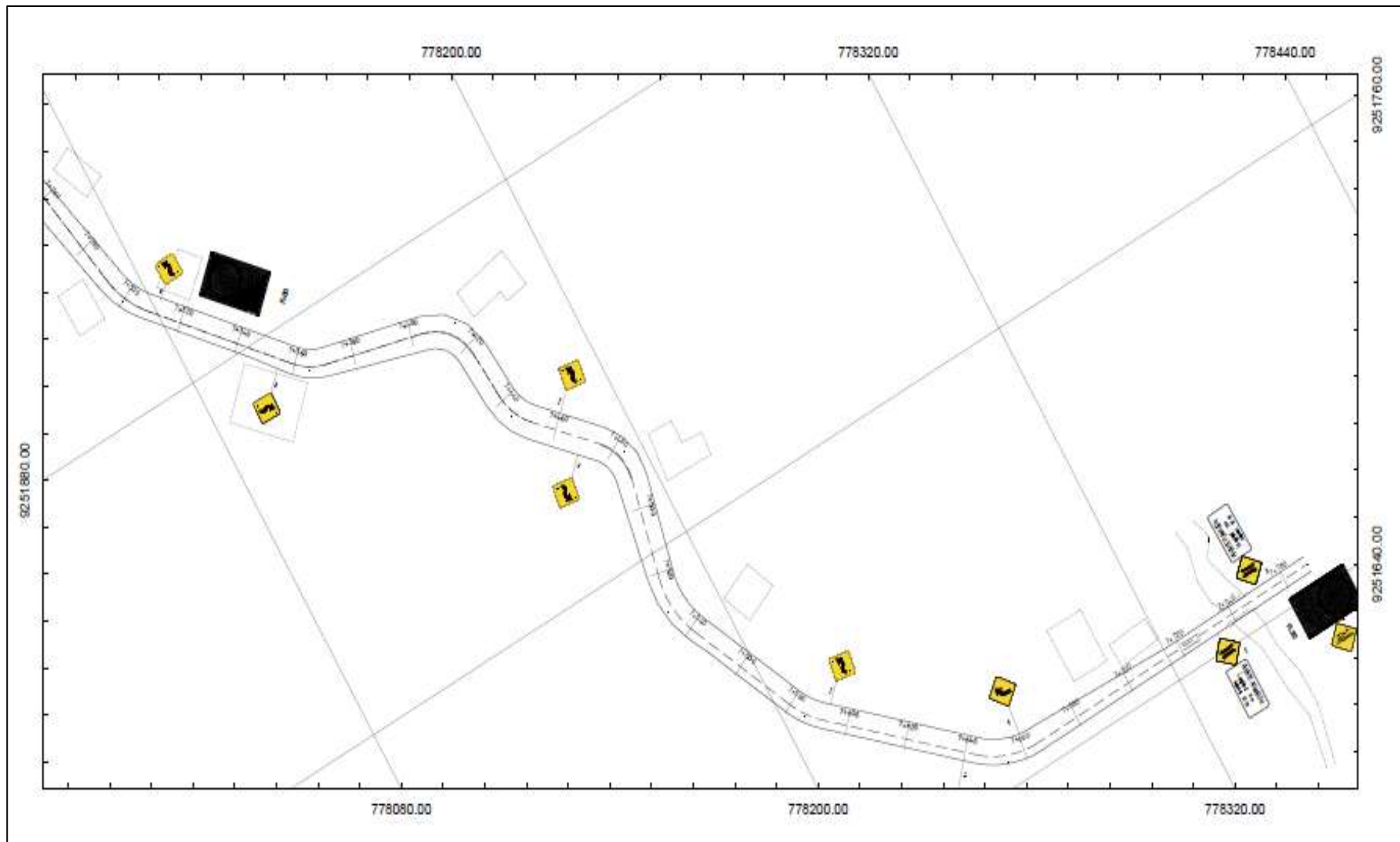


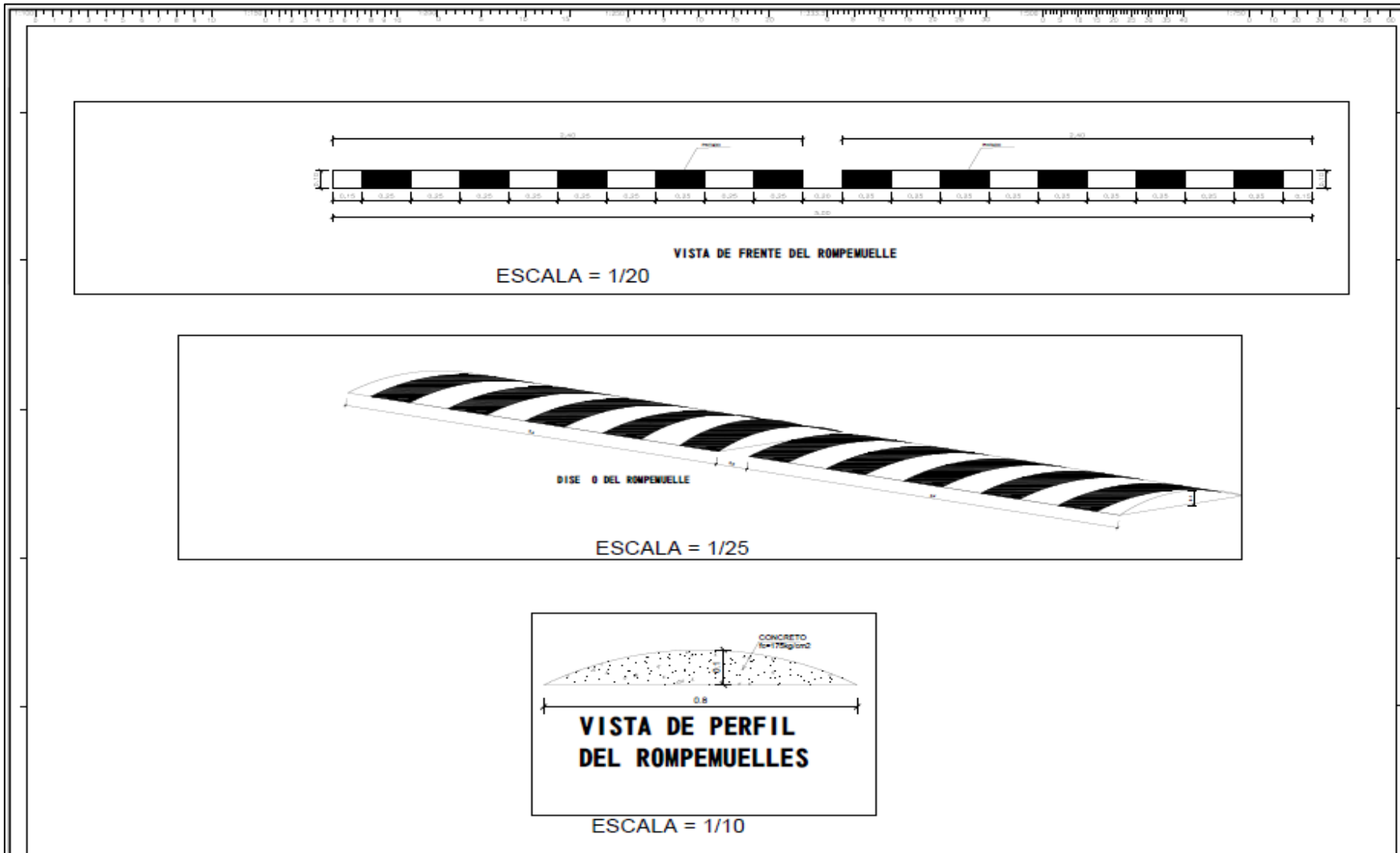


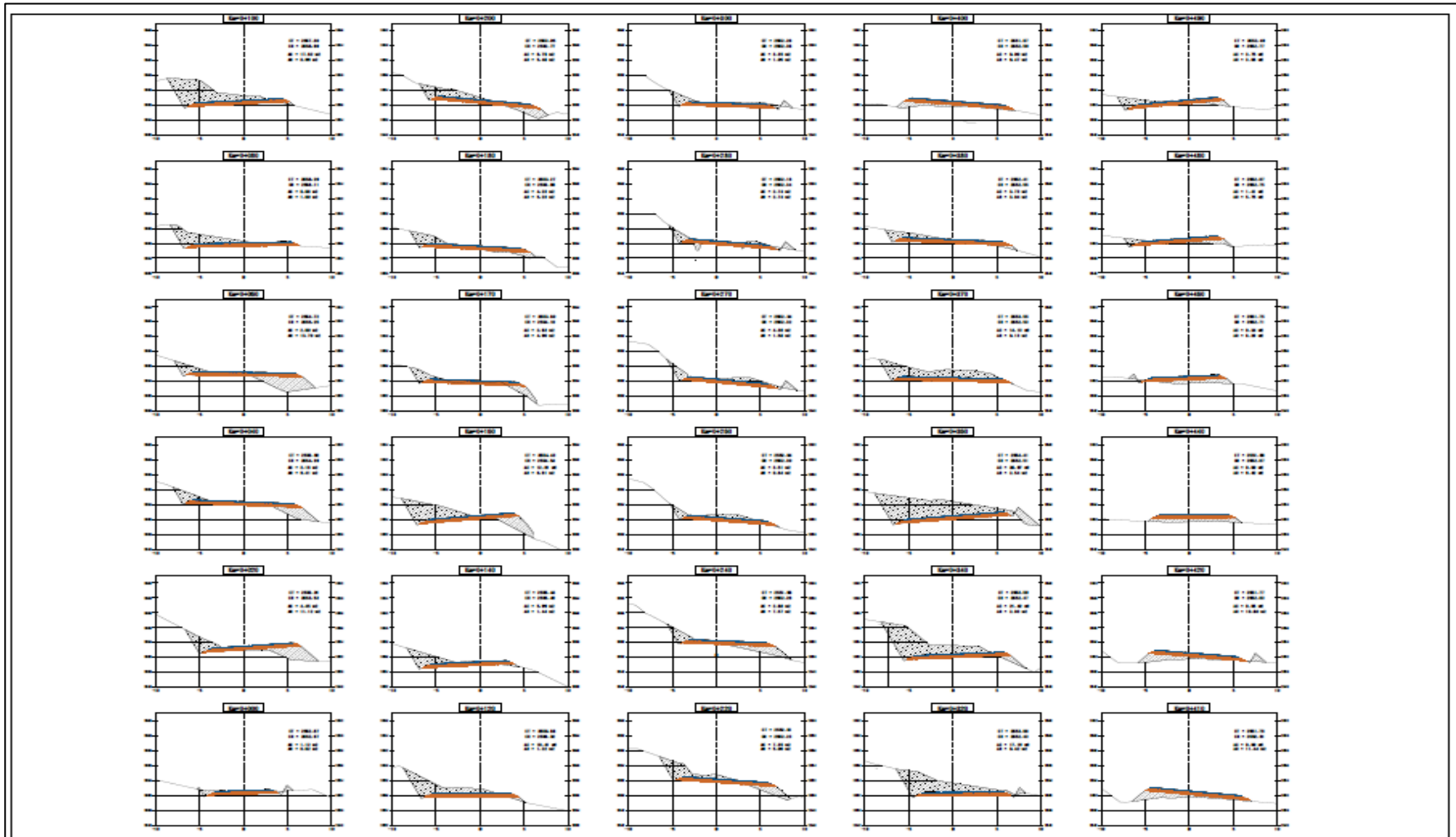


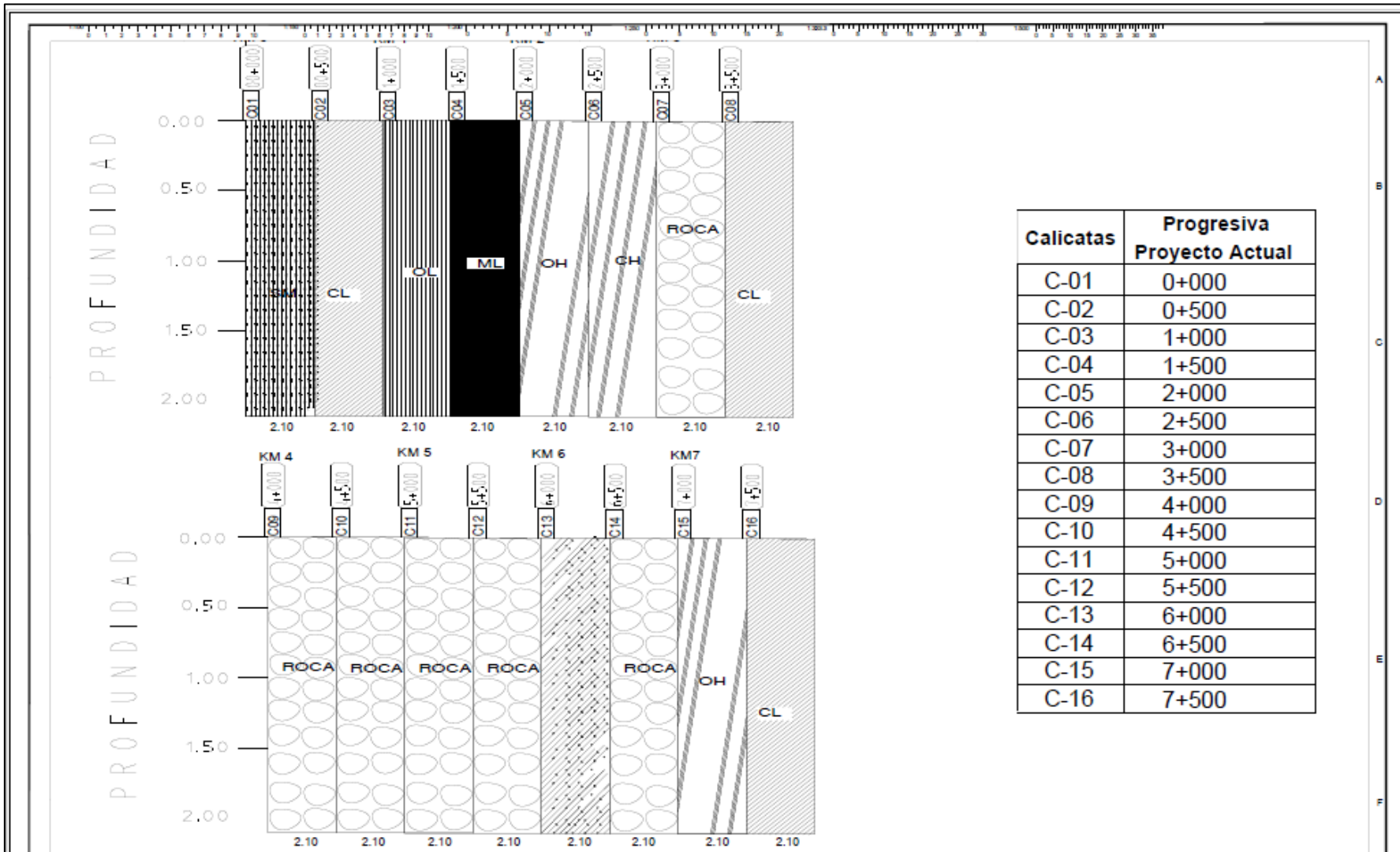


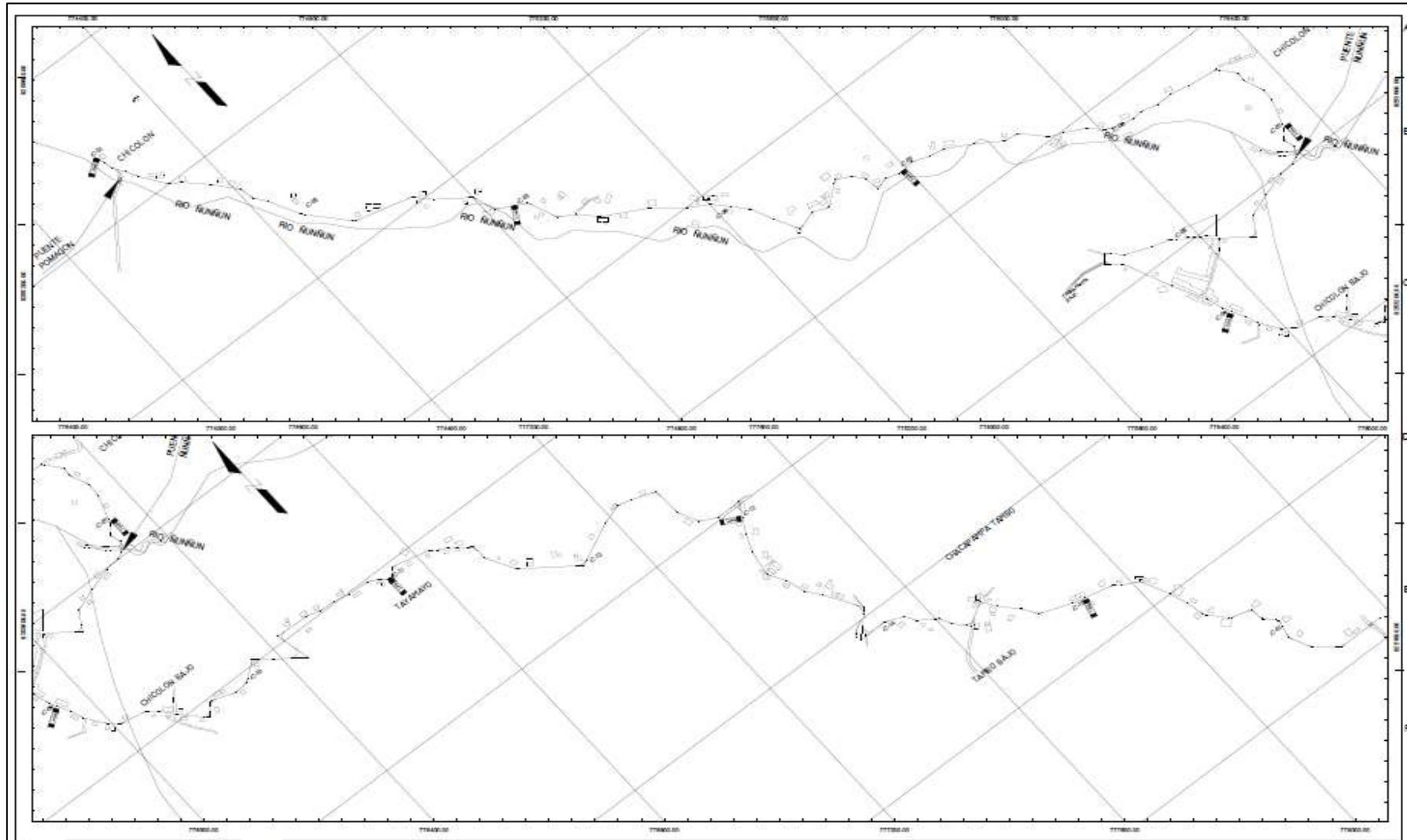




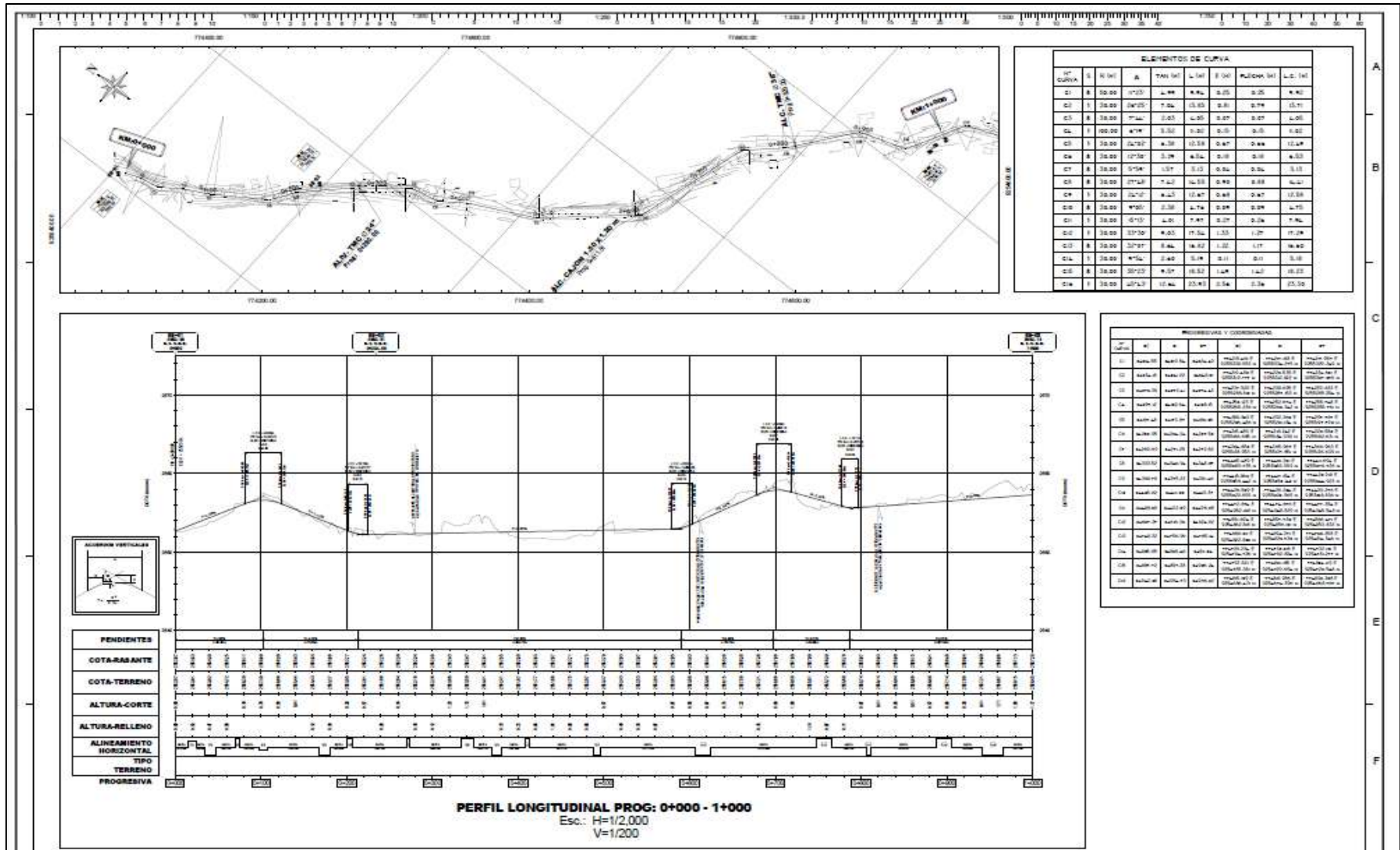


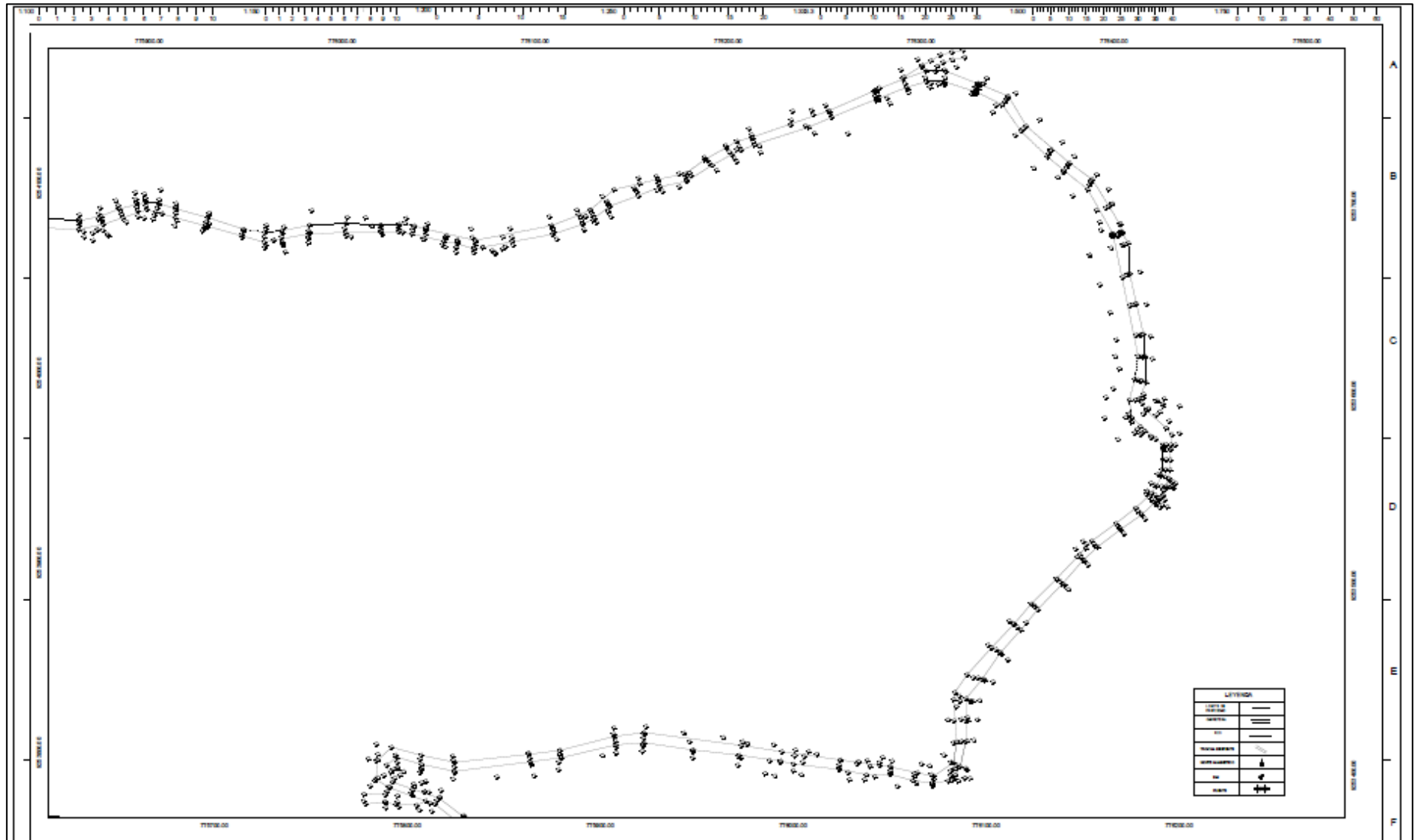


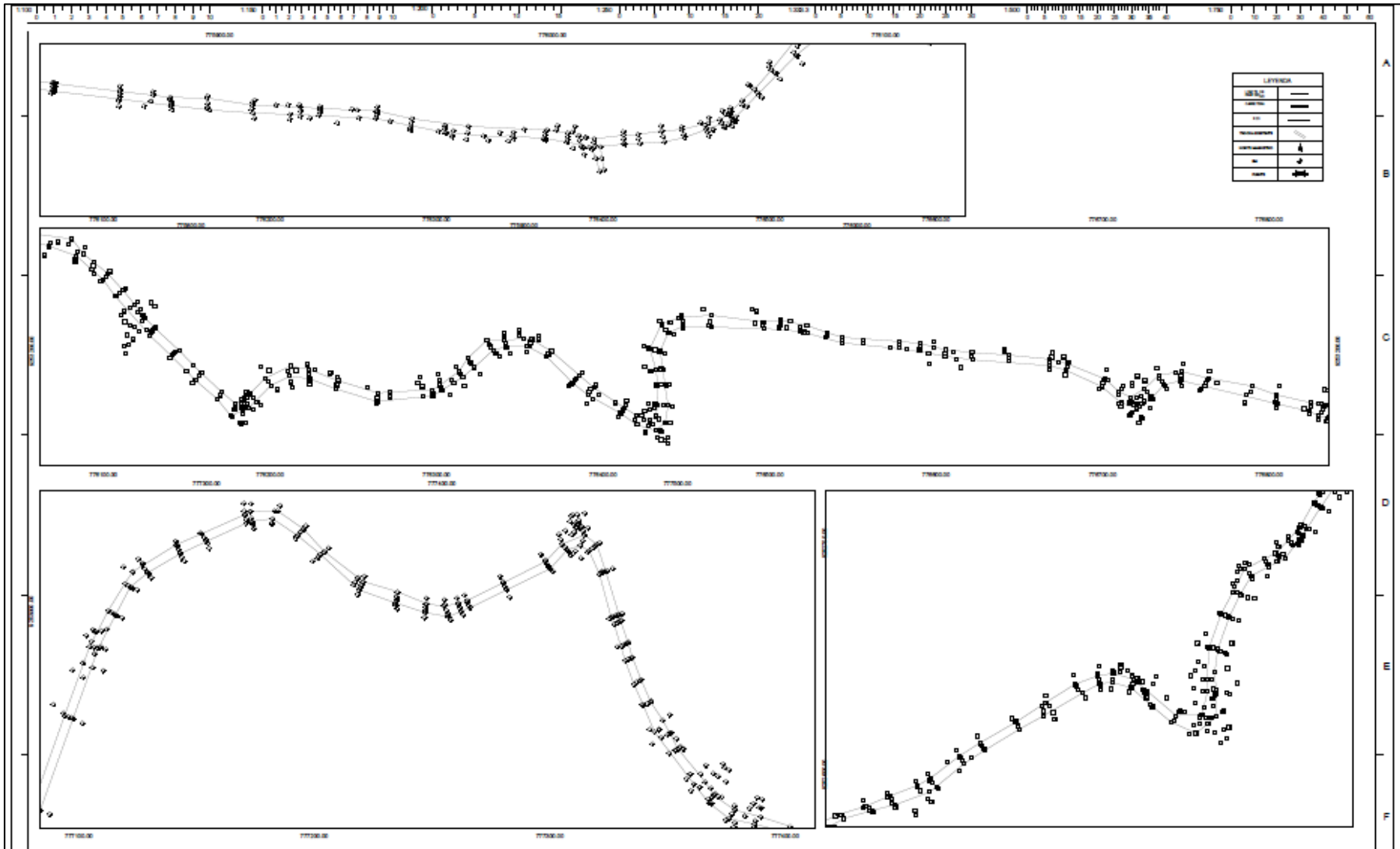












PANEL FOTOGRÁFICO









