



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Diseño del Mejoramiento de la Carretera, tramo el Zuro y Sogobara,
Distrito y Provincia de Santiago de Chuco - La Libertad”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Robles Escobedo, Elias Noe (ORCID: 0000-0002-1291-2758)

Rodríguez Castro, Eli Daniel (ORCID: 0000-0003-0893-9728)

ASESORES:

Mg. Ing. Farfán Córdova, Marlon Gastón (ORCID: 0000-0001-9295-5557)

Mg. Ing. Meza Rivas, Jorge Luis (ORCID: 0000-0002-4258-4097)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

TRUJILLO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, por permitirme cumplir una meta más en mi vida.

A mis padres, por darme la vida y ser las personas quienes estuvieron en todo momento apoyándome constantemente.

A mis hermanos, que siempre estuvieron pendientes de mis logros.

Elias Noe Robles Escobedo

Dedico esta tesis primeramente a Dios por permitirme tener vida, salud para poder realizar uno más de mis propósitos en la vida.

A mis padres Angelita Castro Arroyo y Walter Rodriguez Roldan que han sido un pilar fundamental en mi formación como profesional, por brindarme la confianza, consejos, oportunidad y recursos para lograrlo.

A mis hermanas por el apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera profesional.

A mis amigos quienes me enseñaron que con el trabajo y perseverancia se encuentra el éxito profesional.

Eli Daniel Rodriguez Castro

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, dar gracias a Dios por permitir tener y disfrutar de nuestros familiares, gracias a nuestros padres que fueron nuestros mayores promotores durante el transcurso de nuestra carrera profesional, hacemos presente nuestro afecto sincero hacia su persona.

Nuestra profunda gratitud a los docentes de la escuela de ingeniería civil por la excelente formación académica durante todos estos años de carrera profesional.

En especial a nuestro asesor el Mg. Jorge Luis Meza Rivas por la asesoría brindada y el apoyo constante.

Los autores.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE	iii
RESUMEN	v
ABSTRACT.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO	12
2.1. DISEÑO DE LA INGESTIGACIÓN	12
2.1.1. Tipo de investigación	12
2.1.2. Diseño de investigación:.....	12
2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	13
2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	14
2.3.1. Población:.....	14
2.3.2. Muestra:.....	14
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD .	14
2.4.1. TÉCNICAS.....	14
2.4.2. INSTRUMENTOS.....	14
2.4.3. FUENTES	15
2.5. PROCEDIMIENTOS	15
2.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	16
2.7. ASPECTOS ÉTICOS.....	16
III. RESULTADOS	16
3.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO	16
3.1.1. Generalidades.....	16
3.1.2. Ubicación política.....	17
3.1.3. Extensión	19
3.1.4. Aspectos socioeconómicos.....	20
3.1.5. Servicios públicos.....	20
3.1.6. Objetivos y alcances de levantamiento topográfico.....	21
3.1.7. Procedimiento	21
3.2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	25

3.2.1.	Estudio de Suelos	25
3.3.	ESTUDIO HIDROLOGICO	31
3.3.1.	Hidrología	31
3.4.	DISEÑO DE OBRAS DE ARTE	44
3.4.1.	Diseño de Cunetas	44
3.4.2.	Cálculo Hidráulico de Cunetas	44
3.4.3.	Cálculo Hidráulico de Aliviadero	49
3.5.	ESTUDIO DE TRAFICO.....	50
3.6.	DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA.....	52
3.6.1.	Generalidades.....	52
3.6.2.	Normatividad	52
3.6.3.	Clasificación de carretera	52
3.6.4.	Parámetros básicos para el diseño de la carretera.....	53
3.6.5.	Diseño geométrico en planta	56
3.6.6.	Diseño geométrico en perfil	63
3.7.	DISEÑO DE PAVIMENTO.....	75
3.7.1.	Diseño Pavimento en Carretera.....	75
3.8.	SEÑALIZACIÓN	77
3.8.1.	Generalidades.....	77
3.8.2.	Señales verticales.....	77
IV.	DISCUSIONES	82
V.	CONCLUSION.....	83
VI.	RECOMENDACIONES	84
	REFERENCIAS	85
	ANEXOS	88

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó debido a la importancia de tener una mejor integración vial con los caseríos cercanos como El Zuro y Sogobara. El proyecto comenzó con una visita de reconocimiento de terreno, posteriormente en la siguiente visita se recolecto de datos y muestras para el desarrollo del estudio topográfico y estudio de mecánica de suelos, conseguida la información requerida se realizó los trabajos de gabinete necesarios para diseñar la carretera, obteniendo una clasificación de tercera clase. Seguidamente, se realizó un estudio hidrológico el cual sirvió para diseñar las cunetas y alcantarillas de paso y alivio, el cálculo se realizó utilizando el método distribución gamma tres parámetros y el uso de software de diseño. Posteriormente, se procedió a realizar el diseño geométrico de la vía con la data del levantamiento topográfico utilizando software de diseño de carreteras, obteniéndose una longitud de 11.000 kilómetros de vía bajo los parámetros del “Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG – 2018”, y del mismo modo incluyendo una adecuada señalización para la vía. Se procedió a realizar un diseño a nivel de pavimento con un micro pavimento, considerando los datos de CBR que se obtuvieron, dando como resultado un espesor de 10 cm de subbase de afirmado, 10 cm de base granular y 2.50 cm de micro pavimento, siguiendo la normativa del “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014”. Se realizó el estudio de impacto ambiental, el cual contempló las principales acciones de mitigación ante la ejecución del proyecto. Finally, the technical specifications, plans and photographic panel were made.

Palabras Clave: estudio hidrológico, suelos, obras de arte.

ABSTRACT

The present research work was carried out due to the main importance of having a better road integration with the nearby villages such as El Zuro and Sogobara. The project began with a ground reconnaissance visit, later in the next visit data and samples were collected for the development of the topographic study and soil mechanics study. Once the required information was obtained, the necessary cabinet work was carried out to design the road. , obtaining a third class classification. Next, a hydrological study was carried out, which was used to design the gutters and culverts of passage and relief, the calculation was made using the distribution method gamma three parameters and the use of design software. After that, we proceeded to perform the geometric design of the road with the data of the topographic survey using a road design software, obtaining a length of 11,000 kilometers of track under the parameters of the "Manual of Geometric Design of Roads DG - 2018", and In the same way, including an adequate signaling for the road. A pavement level design was carried out with a micro pavement, considering the CBR data that was obtained, resulting in a thickness of 10 cm of the stated subbase, 10 cm of granular base and 2.50 cm of micro pavement, following the regulations of the "Road Manual: Soils, Geology, Geotechnics and Pavements, 2014". The environmental impact study was carried out, which contemplated the main mitigation actions before the development of the project. Finally, the schedule, technical specifications, plans and photographic panel were made.

Keywords: hydrological study, soils, works of art.

I. INTRODUCCIÓN.

En el país de Perú, durante mucho tiempo se ha observado que las comunidades alejadas se encuentran separadas producto del mal estado de sus vías, por lo cual dificulta poder acceder a centros de salud, centros educativos, así también tienen dificultad de comercialización de los múltiples productos de la zona, esto es un factor que incrementa la pobreza en las comunidades alejadas. (Banco Mundial, 2012).

En el Departamento de la libertad, el cual ocupa el noveno puesto entre las 25 regiones del país en el área de infraestructura vial, se puede apreciar que muchas de sus vías se encuentran en pésimo estado, esto es debido a sus condiciones de diseño que estaban mal elaboradas, dicha problemática se vio reflejada con el evento climático “niño costero”, que sucedió en marzo del 2017, el cual se pudo apreciar la precaria calidad que cuenta las vías, hasta el momento hay una gran indiferencia del gobierno local por restablecer el estado y calidad de las vías de acceso en la región liberteña (Correo, 2017).

También se presenta esta problemática en “Santiago de Chuco (ST)” provincia, más específico en los centros poblados El Zuro y Sogobara, los cuales están muy estropeadas debido a las constantes lluvias que afectan a la zona y eso produce que el volumen del agua llegue a promediar como 20 milímetros en el verano, lo cual origina charcos y huecos que obstruyen el paso vehicular, esto perjudica a la comunidad al no poder comercializar sus productos ganaderos y agrícolas (anexo 2). La ruta que une a los centros poblados “El Zuro y Sogobara” con el distrito de “ST”, es una trocha de pendientes pronunciadas y ancho de calzada muy reducida, esta ruta no cuenta con un sistema de drenaje para poder escurrir el agua debido a la intensidad de las lluvias, así mismo no cuenta con una adecuada señalización para un tránsito vehicular, por ende esto perjudica el intercambio social, económico y cultural especialmente con Santiago de Chuco que es el distrito con mayor número de habitantes, debido a que ocurre este tipo de problemática, se ha decidido realizar la mejora de la carretera que tiene mención en este trabajo de investigación, a través de un diseño que beneficiará a dichas comunidades.

Para profundizar más en la problemática y poder hacer el diseño de la carretera en mención, incluimos como referencia proyectos de investigación que se direccionen con el proyecto en estudio.

Cabanillas e Infantes (2018), en el trabajo de investigación titulado “Diseño para el mejoramiento de la trocha carrozable Coypin – Caumayda, distrito de Santiago de Chuco – Santiago de Chuco, La Libertad 2018”, nos dice que obtuvo como conclusiones, que para diseñar la carretera Coypin – Caumayda, se tuvo en cuenta que el terreno donde se desarrolla el alineamiento corresponde al tipo 3, lo cual se clasifica como Accidentado, visto con un ancho de 6 m de camino, funcionaba a una velocidad directriz de 30 km / h, 0.50 m de berma con un bombeo de 2.5% y una inclinación máxima del 12%, ángulo longitudinal de 0.50 a 8.99%, el mínimo en radios de 25 m y para curvas de retorno en el interior de 8 m, para las obras de arte tuvieron en cuenta la realización de cunetas triangulares de 0.75*0.50 metros, a la vez alcantarillas de alivio con ángulo de 36 y 6 de alcantarilla Multiplate de modelos 30c, 32c, 34c y 46c; también se proyectó un recubrimiento de Micro Pavimento de 0.025 m. de grosor, para la base y sub base, se elaboró en segmentos, la primera área comprende 0.22 m. de base y la segunda de 0.25 m de base y 0.15 m de sub base.

Por otro lado, Roncal y Campos (2018), para la investigación titulada “Diseño para el mejoramiento de la carretera, tramo el Molle – Quiguir, distrito y provincia de Santiago de Chuco, departamento La Libertad”, lo cual concluyeron que la motivación detrás de ese trabajo de investigación, es planificar las cualidades especializadas de la manera mencionada anteriormente según las pautas actuales. La calzada tiene 11.4 km de longitud y se encuentra por encima de los 3000 m.s.n.m. y proporciona un suelo de geología de arena mayoritariamente finos (SM y/o SC); así mismo nos muestra las mayores inclinaciones del 9%. El diseño geométrico reflexiono sobre un camino de 6 m., la distancia al suelo de 0.50 m. con una tendencia de 3 y 6% particularmente; el desnivel supremo llego a 12 por ciento, radios de 25 metros, una velocidad plana de 30 km/h, cunetas de 0.50*0.75 mm. aseguradas con concreto y 2 alcantarillas MultiPlate para el flujo de agua y a la vez de TMC para los rebosaderos.

Por otro lado, Guerrero (2017), para su trabajo titulado “Diseño de la carretera que une los caseríos de Muchucayda – nueva fortaleza – Cauchalda, distrito de Santiago de Chuco, provincia de Santiago de Chuco, departamento de La Libertad”, nos explica que su objetivo es hacer un programa especializado e ideal, lo cual examinó todo el territorio de influencia, completando el trabajo de campo con equipo topográfico y apoyo del centro de investigación con equipamiento de mecánica de suelos. Posteriormente el manejo de información, se infirió que el área de investigación tiene una topografía irregular, incluyendo una pendiente máxima del 10%. Después de analizar el suelo, también se detectó una capa de arcilla de baja plasticidad. Las condiciones geográficas permiten precisar la velocidad de diseño relativa para 30 km/h, esta información se utiliza para iniciar el diseño geométrico de la carretera. Esto muestra que el ancho de la vía es de 6 metros y los estantes son de 0.50 metros cada uno. Acepta un 2% de bombeo de lado a lado, 35 m como radio mínimo y una fricción cruzada máxima del 12%.

Por otra parte, Gil (2018), en su investigación de nombre “Diseño para el mejoramiento de la carretera tramo: Sincon – Kakamarca, Distrito y Provincia de Santiago de Chuco, Departamento La Libertad” concluyó que la longitud es de aproximadamente 5km, no cumple con los parámetros establecidos por la DG-2018, con 4 m. de anchura, la pendiente es superior al 12% y no hay surcos ni alcantarillas. Varía. Dependiendo del área publicada, ubicada a una altitud de 3099 msnm, la superficie es accidentada, con tipos de arcilla y pendientes del 8-10%. Del mismo modo, considerando una velocidad de viaje de 30 km / h, la anchura de la carretera es de 6 m., los hombros son de 0.50 m., la bomba es de 2,5%, la pendiente es de 8%, el radio mínimo es de 35 metros y la longitud de tendencia es ascendente. al 8.5%. Además de la obra de arte, consideramos una ranura con un área triangular de 0,70 * 1,20 m, tuberías de drenaje de 36 "y tuberías de drenaje de 8". Esto tiene los siguientes efectos adversos: Emisión de desperdicios y dispersión provocada por enormes máquinas que desordenan la naturaleza transportando materiales y otras cosas. Esta ruta es muy importante para el mejoramiento y orden de la ciudad y sus habitantes, como la edad laboral y el transporte ideal de mercancías y pasajeros.

Mientras tanto, Choctalin y Guevara (2015), en su investigación “Diseño de la carretera San Bartolo, Maraypata, Agua Santa, distrito de Santo Tomas – provincia de Luya – Amazonas”, nos indican que el análisis muestra que el terreno es montañoso. Por lo tanto, las carreteras de grado 3 deben diseñarse de acuerdo con las normas.

Asimismo, Carranza y Apóstol (2014), en la investigación “Diseño para el mejoramiento de la carretera Huayllagual – Cruz Verde, distrito de curgol, Sánchez Carrión–La Libertad”, nos dicen que han creado un EMS principalmente para arcillas inorgánicas (SC) de baja plasticidad y arcillas de grava y limo de baja plasticidad (SCSM). Asimismo, tiene un contenido de humedad de 9 a 18 por ciento, y una CBR de 95% da un valor en medio de 11,85 y 11,55 por ciento, que se descifra a manera de suelo normal.

Para, Toledo y Ventura (2013), en la investigación llamada “Estudio de ingeniería para la caracterización y clasificación de los suelos a nivel de sub-rasante para uso en proyectos de vías o carreteras de la región La Libertad, zona norte” probaron que, al clasificar visualmente el suelo en campo, es posible interpretar y dar a saber las propiedades mecánicas del suelo, identificando las formaciones encontradas en cada espesor y generar perfiles geológicos.

Mientras que para, Gómez (2014), en la tesis “Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo – La Libertad”, concluyeron para el diseño estructural flexible del pavimento del proyecto actual muestra que las variables de aproximación obedecen a los parámetros de comportamiento del sitio de ubicación, como las características del tráfico, las propiedades mecánicas del material y el sustrato y por ultimo las condiciones climáticas.

Para, la Municipalidad Distrital De Santa Rosa (2015), en el proyecto público “Mejoramiento del camino vecinal cc.pp. San Juan de Talliquihui – cc.pp. Machu Picchu, distrito de Santa Rosa, provincia del Dorado – San Sartin”, este proyecto se basa en una encuesta estratificada y resultados empíricos donde Explican que el suelo, la arcilla y el limo no se reconocen como orgánicos y tienen un alto contenido de humedad y una baja capacidad de carga, lo que los hace inadecuados como materiales de pavimento para pavimentos.

Asimismo, el Gobierno Regional De La Libertad (2012), en el proyecto público “Mejoramiento de la carretera Simbal – La Cuesta – Paranday – San Ignacio – Sinsicap – Collambay – Simbal”, nos dice que la forma de la carretera recomendada para proyectos de mejora del nivel del pavimento indica que se recomienda un radio circular normal de más de 25 m y un radio de giro mínimo de 10 m. Esto es para garantizar que el gradiente no supere el 12,0% y que haya un ajuste de uniformidad adicional. Para la alineación vertical y horizontal, la anchura de las secciones horizontales depende de la transitabilidad que se muestra por cada sección.

También en Rubio (2016), en el estudio técnico “Mejoramiento der servicio de transitabilidad vehicular y peatonal en el centro poblado La Victoria, distrito Sartimbamba – Sánchez Carrión – La Libertad”, concluye en los análisis de tráfico y en el flujo y clasificación del tráfico. Así como en los registros de origen y destino, sin tener en cuenta los vehículos ligeros, esto debido a que poseen un impacto destructivo mínimo.

Asimismo, en Alva y Campana (2014), en su trabajo de investigación “Diseño del mejoramiento a nivel de asfaltado de la carretera Curgos – Sarín, de la provincia de Sánchez Carrión – La Libertad”, explicaron que realizaron un estudio de tránsito donde obtuvieron $IMD = 275$, y con los efectos logrados del análisis de suelos se concluyó el análisis de ESAL, donde implementaron los parámetros de diseño y estructura del pavimento según el método AASHTO 1993 dándole 9 pulgadas de base de grano de pulgadas de base y 3 pulgadas de asfalto.

Para, Luna y Seminario (2012), en su trabajo “Diseño de la carretera entre los caseríos Cuchanga – Callunchas del distrito de Sinsicap – Otuzco – La Libertad”, Posicionado para ayudar a optimizar las condiciones de tráfico que conectan las localidades de Cuchanga – Callunchas, se colocarán “slurry seal” de mortero de asfalto para diseñar la carretera y extender su vida frente al tráfico y lluvia, beneficiando a las personas al ahorrar costos de transporte mediante el desarrollo de la agricultura, el comercio y el turismo y la creación de muchos puestos de trabajo nuevos, logrando aumentar las condiciones de vida de los agricultores y es una efusión para promover la venta de cultivos y artesanías indígenas.

Este proyecto de investigación examinó varios significados presentados por los creadores y por las regulaciones. “El Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma CE.010 Pavimentos Urbanos” (2010), el reglamento incluye requisitos a fin del diseño de pavimentos urbanos basados en la mecánica del suelo, la construcción, el mantenimiento, la evaluación de la ingeniería del pavimento, el uso racional de los recursos y el rendimiento óptimo de las vías durante la construcción de carreteras es su vida útil.

En el “Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas” (2005), abarca datos de apoyo para estudiosos y técnicos sobre ejecución racional de proyectos viales urbanos, con múltiples propósitos de función, seguridad, comodidad y flexibilidad, para mejorar el sistema de transporte al que contribuimos.

En el “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico del MTC” (2018), es responsable del diseño y programación, y sigue los parámetros establecidos para el diseño de la infraestructura vial. Contiene información a fin de realizar el diseño geométrico del proyecto, según su clase y su asistencia, en cumplimiento de las normativas aplicable.

En el “Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC” (2013), este manual incluye propuestas de diseño para realizar estudios hidrológicos, de hidráulica y drenaje, y condiciones que deben ser aprobadas antes de la implementación de acuerdo con los requisitos específicos en los proyectos.

En “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” (2013), se define, Manual de Carreteras al manual que tiene como objetivo unificar las restricciones, condiciones, estándares y especificaciones operativas de la infraestructura vial y estandarizar los procedimientos para alcanzar los más altos indicadores de calidad de la infraestructura vial, con el fin de evitar discusiones.

En “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos en su sección de Suelos y Pavimentos” (2014), el Manual de Carreteras nos concede un enfoque uniforme para la contribución del diseño de suelos y pavimentos, capas superiores y superficies de pavimentos de asfalto y carreteras sin pavimentar, dotándolas de estabilidad estructural.

En el “Manual de Carreteras”, Mantenimiento o Conservación Vial (2014), el documento nos aprueba hacer y examinar trabajos de mantenimiento de infraestructura vial. Considera el objetivo de proporcionar estándares adecuados para las actividades de conservación de carreteras.

En, Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial (2013), este documento es “la base para organizar la formulación de proyectos de infraestructura técnica vial, puentes, túneles, obras de drenaje, factores de seguridad vial y otras obras similares”. Estos son algunos términos que comúnmente se emplean en proyectos de infraestructura vial, para aclarar su significado: El siguiente es un extracto del “Glosario de uso común” de MTC 2013 usado en proyectos como AFIRMADO “Suelo solido natural o artificial sobre el que se autoriza construir” (p.3). AGREGADO “Material granular como arena, grava, piedra triturada, escoria” (p.3). ASFALTO “Este Mineral de coloración negro se obtiene de forma natural o artificial a partir de la destilación del petróleo (p.6).

Berma: Es un pedazo de la calzada adyacente del pavimento y cuyo oficio fundamental es proveer un espacio idóneo para detener el vehículo en caso de un contratiempo. (Glosario de uso común en proyectos de infraestructura vial, p.9).

Camino: Es una vía terrestre para la circulación ya sea de personas, animales y vehículos. (Glosario de uso común en proyectos de infraestructura vial, p.10).

Cantera: Es un sitio donde sacan materiales y minerales que se utilizan para obra (Glosario de uso común en proyectos de infraestructura vial, p.10).

Distancia de adelantamiento: “Es el espacio requerido para adelantar a un automóvil que viaja a baja velocidad” (Glosario de uso común en proyectos de infraestructura vial, p.18).

Estiaje: “Es el nivel de agua de río más bajo en un momento dado” (Glosario de uso común en proyectos de infraestructura vial, p.22).

Flujo de tránsito: “Es el movimiento de automóviles en la zona en algún momento” (Glosario de uso común en proyectos de infraestructura vial, p.2).

Pavimento: “Ingrediente utilizado para revestir o pavimentar” (Glosario de uso común en proyectos de infraestructura vial, p.37).

Perfil longitudinal: “Es el cruce del terreno con el plano vertical, incluido al eje longitudinal y sirve a fin de representar la figura de elevación del terreno” (Glosario de uso común en proyectos de infraestructura vial, p.37).

Rasante: “Es el nivel de acabado de la superficie de rodadura. Es decir, la línea de rasante está ubicada en el eje de la vía” (Glosario de uso común en proyectos de infraestructura vial, p.41).

Vida útil: “Este es el tiempo que la estructura debe conservar el mantenimiento programado” (Glosario de uso común en proyectos de infraestructura vial, p.51).

La topografía es la etapa principal para un diseño, está relacionada por formulas y métodos para las mediciones del relieve de un terreno, entre ellos los ángulos horizontales y verticales, distancia horizontal e inclinadas y cotas como sus coordenadas, representadas gráficamente en un plano de apoyados por gabinete y software (KOENING, 2012).

El EMS nos muestra sus componentes y las propiedades del suelo. Así mismo el SUCS nos muestra las propiedades que tiene la plasticidad al relacionarse con la permeabilidad, resistencia del suelo, etc. Dan valores para el índice plástico y el índice líquido del suelo. Este proceso es cuando el límite líquido pasa de ser plástico para luego ser denso. (Juárez y Rico, 2011).

La hidrología es la ciencia de la corteza terrestre que investiga la distribución y periodicidad de las propiedades del agua en la atmosfera y el equilibrio de la corteza terrestre, precipitaciones, escorrentía, evaporación y bloques de masas glaciares. Para poder permitir los caudales de diseño relacionado con drenaje de la carretera, secciones, otras.

Los datos hidrológicos y meteorológicos en el país están dados por SENAMHI “Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología”, esto nos permite investigar inundaciones más grandes de tamaño razonable. Las alcantarillas pueden ser de secciones circulares, rectangulares y cuadradas enterradas, especiales como

parabólicas y abovedadas. Tenemos que tener en cuenta el periodo de retorno, ver en “pág. 3.6, capítulo III del Manual MTC hidrología”. Las cunetas son zanjas que llevan en ambas laterales de la carretera o a un solo lateral, tiene como principal función el de captar, conducir y evacuar aguas que circulen la vía como también aguas superficiales. Existen 3 tipos de cunetas: triangular, trapezoidal y rectangular (MTC, 2011).

En el diseño geométrico de la carretera se incorpora la garantía del alineamiento horizontal, incluso las secciones transversales y longitudinales de los mismos, el recuento de los vehículos que utilizan esto para decidir el índice diario anual, el cual se utiliza para distinguir las clasificaciones de las carreteras, a la vez establece el ancho y la velocidad directriz.

Según la DG-2018, el diseño geométrico es el modelo de un trabajo de vías, que reacciona a un plan según las direcciones y la normativa, va a construir la clase que se relaciona, la rapidez del diseño y las secciones transversales.

Asimismo, afecta a los radios de las curvas de manera diferente, como muestra Moreno, Vieira y Martins (2018), donde los valores mínimos de diseño son el radio y límites de curvatura para la velocidad de diseño, por ende, se contemplará a partir de la tasa mayor de peralte y el factor de fricción lateral.

Un preponderante a tener en cuenta para la elaboración del diseño de una vía es garantizar el bienestar de la población general que pasa por este camino, fundamentándose en que la geometría del eje muestra una multiplicidad de curvas o inclinaciones, como el modelo de paisaje, esta es la motivación detrás de por qué cualquier territorio que habla de un peligro debe ser marcado como giros bruscos, vehículos que se cruzan, derrumbes, etc.

En esta línea, el MTC (2016) prescribe que los instrumentos se configuren de modo que perciban la consideración oportuna de los automovilistas de diversas capacidades visuales, lo que fomenta la oportunidad de reconocerlos desde su entorno, así como de examinarlos y comprenda de una manera que le permita moverse y de esta manera mantenga la seguridad en medio de su viaje.

Entonces para nuestro proyecto nos preguntamos:

¿Cómo será el diseño del mejoramiento de la carretera, tramo el Zuro y Sogobara, Distrito y Provincia de Santiago de Chuco – La Libertad? Lo cual cumpla los lineamientos de la norma DG-2018.

El proyecto de investigación se justifica por el aporte de conocimientos necesarios en lo que respecta a la ingeniería vial que servirá como una herramienta guía para el diseño de carreteras en zonas rurales.

En el aspecto tecnológico, se incentiva el uso de software y la aplicación de normas actualizadas, lo que servirá como referencia para trabajos futuros en zonas rurales.

Esta investigación será metodológicamente científico, técnico, pudiéndose tomar para diferentes trabajos a futuro en la línea de investigación en infraestructura vial para las zonas rurales del Perú.

En lo técnico podrá proporcionar condiciones de mejoras para el estado de la vía que no cumplen con diseño técnico, ancho de calzada reducida 3.00m, curvas con radios reducidos, territorios de acopio de agua de lluvia, sin señalización así perjudicando a la transitabilidad de los vehículos por la vía.

En lo metodológico el proyecto será diseñado según la norma DG-2018, guiándonos con parámetros de diseño, normas vigentes, con esto mejoraría las condiciones de vida y tener mejor transitabilidad vehicular y peatonal. Y en lo económico esto se proyecta un mejor acceso en lo socioeconómico y actividad comercial de los caseríos el Zuro y Sogobara.

La hipótesis de este proyecto de investigación será: el diseño del mejoramiento de la carretera, tramo el Zuro y Sogobara, Distrito y Provincia de Santiago de Chuco – La Libertad; que cumpla la normatividad de la DG-2018.

Para el efecto. Se plantea como objetivo general el siguiente:

Elaborar un diseño del mejoramiento de la carretera, tramo el Zuro y Sogobara, Distrito y Provincia de Santiago de Chuco – La Libertad; que cumpla la normatividad de la DG-2018.

Como objetivos específicos realizaremos los siguientes:

- Efectuar un levantamiento topográfico.
- Llevar a cabo el estudio de mecánica de suelo.
- Identificar los estudios hidrológicos y las obras de arte.
- Construir el diseño geométrico de la vía o carretera.

II. MÉTODO

2.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Tipo de investigación

Según el enfoque:

- Cuantitativa.

Según la finalidad:

- Aplicada.

Según la temporalidad:

- Transversal.

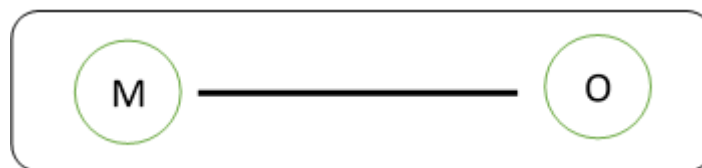
Según el nivel:

- Descriptiva.

2.1.2. Diseño de investigación:

A esta investigación se aplicó un diseño transversal no experimental correspondiente al gráfico siguiente:

Gráfico del diseño de investigación:



Dónde:

M: Es la longitud de la vía de 12 km, tramo el Zuro y Sogobara.

O: Es la información de datos topográficos, propiedades del suelo, determinar trayecto de avenida de agua y situación ambiental.

2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DIMENSIONES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Diseño del mejoramiento de la carretera.	Levantamiento topográfico.	Esto permite ubicar geográficamente con coordenadas UTM de terreno. (LAYZA, Henry)	Conjunto de métodos para calcular distancias, ángulos y elevaciones entre dos o más puntos.	Trazo longitudinal (m)	Cuantitativa de razón.
				Perfil longitudinal (m)	
				Elevación (msnm)	
				Secciones transversales (vol.)	
	Estudio de mecánica de suelos.	Conocer las propiedades físicas y químicas del suelo durante la elaboración del proyecto. (CONDOR, Luis)	Extracción de muestreo, laboratorio e informe.	Granulometría (%)	
				Contenido de humedad (%)	
				Límites de Atterberg (%)	
				Densidad seca máxima (kg/cm ³)	
				CBR (%)	
	Estudio hidrológico y obras de arte	Determinar las zonas críticas de escorrentía, en la que afectará a la carretera (Manual de hidrología, hidráulica y drenaje, 2011, p.21)	Fórmula empírica para predecir los caudales máximos y diseño de obras de arte.	Precipitaciones (mm)	
				Caudal (m ³ /s)	
				Área de cuenca (m)	
				Cuneta (m ³)	
	Diseño geométrico	Técnica que consiste en situar el trazado de una carretera (Ugarte, 2013). Analizando muchas posibilidades para encontrar una solución (AASHTO, 2001).	Basados en parámetros técnicos en el manual DG-2018.	Alcantarilla (m ³)	
				Velocidad de diseño (km/h)	
				Radio mínimo (m)	
Pendiente (%)					
Peralte (%)					
Ancho de calzada (m)					
Señalización (m)					

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.3.1. Población:

Está constituida en el área aledaña hacia la carretera.

2.3.2. Muestra:

Será una vía de 12 km, tramo el Zuro y Sogobara.

2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.4.1. TÉCNICAS

Las técnicas a emplear son las siguientes:

Modalidades de Observación:

- Grado de estructuración: estructurada, ya que se usará instrumentos con el fin de recaudar datos (instrumentación topográfica, laboratorio Mecánica de Suelos).
- Participación del Observador: se tendrá que mediar con la población para la elaboración del proyecto.
- Numero de observadores: los investigadores.
- Lugar a realizar: in situ, ya que esta observación se desarrollará en el mismo lugar de la vía.

2.4.2. INSTRUMENTOS

Levantamiento topográfico:

- GPS diferencial topográfico.
- Estación total Leica TS06Plus1”
- Jalón y Prisma.

- Wincha de 300 m.
- Calculadora.

Estudio de Mecánica de Suelos (EMS)

- Balanza.
- Recipientes.
- Tamices.
- Horno.
- Espátulas.
- Prensa de carga CBR-
- Molde CBR.
- Martillo de prueba de compactación.

2.4.3. FUENTES

- Archivos del Gobierno Regional de la Libertad.
- Manuales de carreteras del MTC.
- Libros.
- Tesis.
- Trabajos Similares.
- Internet.

2.5. PROCEDIMIENTOS

Se realizó el levantamiento topográfico, con ayuda del GPS obtuvimos puntos de referencia y la ubicación de coordenadas en todo el tramo de la carretera, el equipo de estación total para determinar la recolección de datos según como se

encuentre las pendientes y cortes del terreno, los prismas para la toma de datos de estación total, wincha para tener un plano de referencia y medidas reales del terreno en general.

Se procede a realizar las calicatas y toma de muestras de la superficie del terreno para el estudio del suelo y conocer su estado.

2.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Utilizaremos los softwares específicos, para el análisis y procesamiento de información:

- AutoCAD 2018.
- AutoCAD Civil 3D 2015.
- Microsoft Office.
- H Canales.
- ArcGis.

2.7. ASPECTOS ÉTICOS

Es responsabilidad de los estudiantes respetar la autenticidad y veracidad de la información adquirida en campo y las observaciones desarrolladas en oficina, igualmente, en el laboratorio de suelos. En cooperación con el municipio y la universidad, todos contamos con los respectivos permisos y licencias.

III. RESULTADOS

3.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

3.1.1. Generalidades

Los levantamientos topográficos se pueden especificar como una función para medir la superficie de la tierra, para mapear, planificar o definir dicha superficie. Dicho en otras palabras, puedes expresar claramente el terreno natural, esto se utiliza para diseñar infraestructura vial inclinada (taludes), ubicaciones de viviendas y ubicaciones de obras de arte en toda la

carretera. Esta parte del estudio nos proporciona a detalla los movimientos desempeñados en preparación para dicho estudio y justificación de su aplicación.

3.1.2. Ubicación política

- Ubicación regional:

Los pueblos de Zuro y Sogobora - Santiago de Chuco (provincia), están ubicados en el departamento de La Libertad, costa norte del país.



Figura 1 Ubicación regional: La Libertad

- Ubicación provincial:

La zona afectada por la carretera está en Santiago de Chuco (provincia).



Figura 2: Ubicación provincial: Santiago de Chuco

– Ubicación distrital:

La vía que conecta las localidades de Zuro y Sogobora se ubica en Santiago de Chuco (distrito).

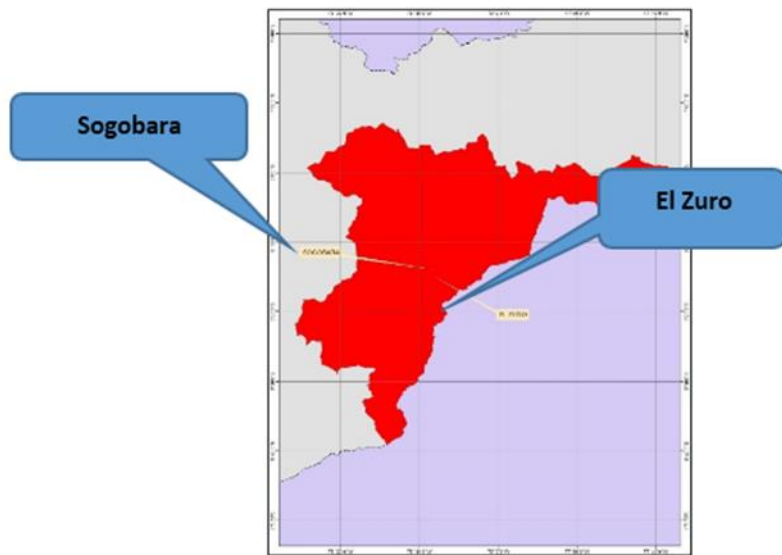


Figura 3: Ubicación distrital: Santiago de Chuco

– Ubicación geográfica:

La vía que estamos estudiando conecta los pueblos de Zuro y Sogobara, con Santiago de Chuco (distrito) – La Libertad, en la Zona 17L, Perú.

– Límites:

Por el norte : Provincia de Sánchez Carrión.

Por el sur : Departamento de Anchas.

Por el este : Provincia de Pataz.

Por el oeste : Provincia de Julcán y Virú.

3.1.3. Extensión

Santiago de Chuco (provincia) se sitúa en los Andes de La Libertad, con un área geográfica de 2658.96 km^2 . Su distrito posee el mismo nombre, lo cual, según el “INEI”, tiene aproximadamente 25000 hab.

– Topografía

Santiago de Chuco (ciudad) tiene un terreno accidentado, pendientes pronunciadas y es propensa a los terremotos.

– Altitud

Santiago de Chuco (distrito) tiene una altitud promedio de 3,120 msnm próximamente.

– Clima

Según el portal AccuWeather, Santiago de Chuco se caracteriza por un clima cálido, con temperaturas que alcanzan los 12,9 ° C durante los meses más calurosos del año. Alcanza los 10,5 ° C en invierno.

En términos de precipitación, la cantidad de precipitaciones registradas en el mes de julio es menor a 4 mm, de lo contrario ocurre en marzo y registra alrededor de 100 mm.

- Suelos

La mayor parte del suelo que representa a Santiago de Chuco es arcillosa y la arena que existe es importante debido a las actividades agrícolas. Recuerde que el suelo contiene materia orgánica.

- Vía comunicación

La longitud desde Trujillo al distrito de Santiago de Chuco es 163 km y el viaje un tiempo de 3 h con 40 min.

Cuadro 1. Vías de comunicación Trujillo – Zuro

Desde	Hasta	Km.	Tipo de vía	Tiempo Aprox.
Trujillo	Santiago de Chuco	163	Carrera asfaltada	3:40 hr
Santiago de Chuco	Zuro	12	Trocha carrozable	1:00 hr.
Zuro	Sogobara	11.3	Trocha carrozable	1:30 hr.

3.1.4. Aspectos socioeconómicos.

- Actividad productiva

Las actividades primordiales son la minería, la agricultura y la ganadería. La región alberga minas de metales múltiples que contribuyen significativamente a la economía del estado. Cuando se trata de agricultura, lo más empleados son la papa y el camote. Por otro lado, en la ganadería, el ganado ovino, vacuno y porcino.

- Vivienda

Según el INEI, cuenta con un 80% de viviendas de adobe. Se contabilizo en los caseríos de Suruva que cuenta con unas 132 familias y Caumayda con 60 familias aproximadamente.

3.1.5. Servicios públicos

- Salud

Tiene un centro de salud, con atención de 8 am – 8 pm. El caserío Suruvara también tiene una posta médica.

– Educación

Los colegios Cesar Abraham Vallejo Mendoza y Manuel Encarnación Saavedra Geldres.

3.1.6. Objetivos y alcances de levantamiento topográfico

La finalidad del levantamiento topográfico es brindar la realidad del área de levantamiento e información necesaria como punto de partida para futuros proyectos.

Para lograr este objetivo es necesario realizar algunos pasos, tales como:

- Hacer una georreferenciación del levantamiento topográfico.
- Efectuar la radiación de la nube de puntos con la que se produce la representación digital del terreno.
- Lleva a cabo el procesamiento y análisis de información in situ.
- Hacer un diagrama para presentar el mapa topográfico en cada escala correspondiente.

3.1.7. Procedimiento

Este proceso se puede dividir en dos fases, tales como: trabajo de campo y trabajo de oficina (gabinete). Estos son los pasos que debe seguir para alcanzar su objetivo:

- Movilizar equipos y brigada topográfica.
- Relevamiento del terreno y entorno del proyecto.
- Georreferenciación del levantamiento topográfico mediante GPS portátil.

- Radiación de los puntos para la figura del terreno. Por ejemplo: casas embalses, captaciones y algunas conexiones naturales con la tierra que crean superficies.
- Realizar el trabajo de campo y ebanistería paralelamente, los datos se recopilan en el día y se procesan y validan por la noche.
- Planificar un informe topográfico y un plan de distribución para el sitio de dicho proyecto (planos).

Trabajo de Campo

Se realiza derechamente dentro del área de influencia del proyecto, los puntos de referencia geográfica tomados del GPS móvil y la posterior recopilación de datos de la nube de puntos.

Brigada topográfica

Estaba integrada por este personal:

- “Topógrafo”. (1)c
- “Asistente de encuestas”. (1)
- “Prismeros”. (2)

Equipos topográficos

Instrumentos que se utilizan en campo son:

- “Estación total Leica TS06-1” Plus”. (1)
- “GPS portátil GPSMAP 64S Garmin”. (1)
- “Jalón y prisma”. (2)
- Otros: “trípode, batería, cinta métrica, estacas de madera, etc”.

Georreferenciación de levantamiento topográfico

Este punto de georreferenciación, que ocupa una ubicación única en el mundo, es absoluto cuando se mueven los puntos de referencia del instituto geodésico nacional y relativo puesto que se usa el GPS para obtener puntos.

El desarrollo de este proyecto se va a realizar a través de la geografía relativa. Se han ganado dos puntos al mismo tiempo, uno es para la estación total y el otro es para la vista trasera; con el margen de error mínimo del GPS móvil Garmin 64S que se utilizó, fue de 3 metros el margen que es suficiente para georreferenciación norte del relieve.

Medición electrónica de distancias horizontales y elevaciones

Las distancias horizontales que se miden en una “estación total Leica ts06 – 1” Plus” utilizando un EDM integrado que envía un láser infrarrojo emitido desde el prisma. Después la estación mide el tiempo requerido para el retorno de los rayos infrarrojos y el cambio de tiempo determina las distancias de los puntos.

También la elevación o pendiente se determina a partir de la estación total midiendo el ángulo en la parte superior utilizando métodos geométricos y determinando la distancia horizontal.

Por último, el tiempo estimado para cada disparo es de 5 segundos. La distancia exacta es de 3 mm más 2 mm/ km. La exactitud de la medición de ángulos verticales y horizontales es de 5 segundos.

Radiación puntos

El procedimiento comienza después de la instalación de la estación y sus referencias geográficas. Consiste en tomar los puntos que se necesitan para representar el área de influencia de manera realista.

Codificación puntos

- “Punto inicial de la curva” (PC).
- “Punto de cruce” (intersección) (PI).

- “Punto final de la curva” (PT).
- “Punto de referencia” (BM).
- “Punto de casa” (CAS).
- “Punto de canal” (CAN).

Trabajo de gabinete

- Computadora portátil Lenovo E431 Intel® TM i5.
- Software de diseño “Ms Excel” y “AutoCAD Civil 3D 2018”.

Equipo empleado

- Tratamiento de los datos recogidos:

Después de obtener datos del levantamiento topográfico del área, dicha información brindada por el instrumento se pasa a una PC para el procesamiento de datos, junto a las coordenadas del área y así comenzar el diseño.

Los datos transferidos a la PC están en formato Excel y deben convertirse a otro formato, sin embargo, poseemos los más frecuentes en el bloc de notas y formatos CSV delimitado mediante comas. El formato utilizado en este caso es CVS.

El formato de cada dato obtenido es punto, norte, este, altura y especificación.

El software de ilustración se usó con “AutoCAD Civil 3D 2018”. Después de interpretar la información, se recopila el siguiente dibujo.

- ✓ Generación - curvas de grado maestro y secundario.
- ✓ Generación - área topográfica.

a. Verificación y calidad de la información

Por lo general, es común encontrar errores al hacer un levantamiento topográfico. Por causa principal a factores humanos. Algunos de estos errores son las magnitudes y la descripción de puntos de vista, la validación es esencial para crear una muestra completa del terreno natural, suprimir duplicados y agregar puntos según sea necesario.

b. Triangulación y generación de la superficie

La triangulación acertada de los puntos es fundamental para crear la representación ideal del área. Es aconsejable combinar puntos cercanos entre sí, marcar el terreno en base a él y ayudar a crear el área.

c. Procesamiento e ilustración (planos) de la información en campo.

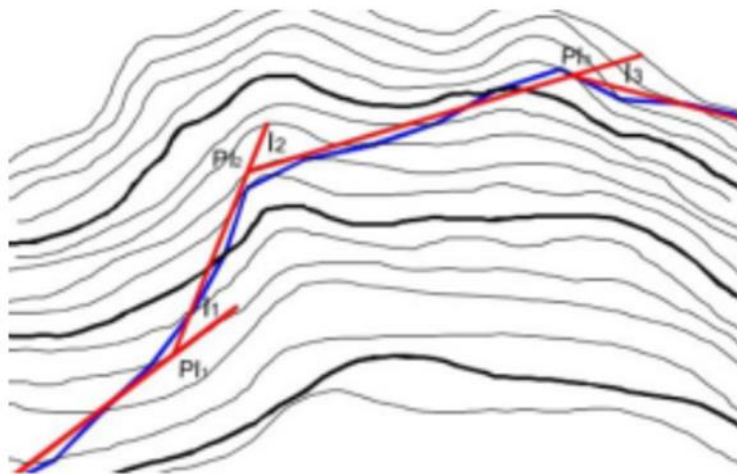


Figura 4; Estudio de carreteras método topográfico

Fuente: Modulo "Estudio de carreteras método topográfico", José Benjamín Torres Tafur

3.2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

3.2.1. Estudio de Suelos

Generalidades

Los estudios de suelos proporcionan información sobre el suelo y las propiedades físicas y mecánicas del área de estudio. La importancia para nuestra investigación es obtener información confiable y necesaria sobre el suelo y subsuelo de las localidades del Zuro y Sogobara - Santiago de Chuco - La Libertad. Dichos estudios de suelos se realizaron en los Laboratorios de la Universidad Cesar Vallejo - Trujillo.

Objetivos

- Extraer estratos de las calicatas, para posteriormente hacer el análisis de laboratorio.
- Determine el contenido de humedad de cada muestra antes de definir qué tipo de suelo tiende a funcionar.
- Determinación de la distribución granulométrica de las partículas del suelo mediante tamizado.
- Determina el límite de Atterberg, el límite de liquidez, el límite de plasticidad y el índice de plasticidad.
- Precisar la capacidad carga del área en estudio (suelo).

Descripción del proyecto

El proyecto cuenta con una vía de longitud aproximada de 11,00 km (trocha carrozable) y un área de 2.658,96 km^2 para pavimento urbano, de la cual se tomarán muestras de suelo y se realizarán los correspondientes levantamientos para obtener una infraestructura vial bien diseñada.

Trabajo de Campo

Excavaciones

Las excavaciones o calicatas, se realizan en el suelo natural donde se realizará el estudio, estas calicatas se hacen por medio de procesos mecánicos convencionales. Por consiguiente, el sitio nos posibilita inspeccionar de manera directa y confiable, para este suelo en estudio se

creó 7 calicatas con profundidades de 1.50 m. y 2 m. dependiendo de la distancia y geología del terreno.

Los pozos o calicatas se realizan al costado de las vías (trocha carrozable) y en las áreas urbanas para recopilar datos básicos para la implementación óptima de las investigaciones en progreso.

Mediante los pozos es posible ver y sustraer porciones de suelo natural, se pueden observar cambios de este material, pudiendo sustraer lo primordial para hacer los respectivos ensayos en el laboratorio.

Toma y transporte de muestras

Se tomarán muestras después de completar la profundidad definida del pozo o calicata de prueba. La muestra se retira de la pared del pozo de prueba utilizando la pala y las herramientas manuales necesarias, y esta muestra se coloca en bolsa hermética. Para no turbar la muestra y perder el contenido de humedad, el análisis Proctor y CBR modificado debemos sustraer 50 kg de la muestra en dos bolsas.

Cada una de las bolsas y sacos herméticos tienen que estar ubicados con la siguiente información:

- Nombres completos de los miembros del proyecto.
- Número de calicatas.
- Hondura de la calicata
- Descripción del contenido (opcional).

Finalmente, luego de tomar cada muestra de las calicatas, se mandan rápidamente al laboratorio de CIT–UCV–Filial Moche, para sus respectivos estudios.

Trabajo de laboratorio

Contenido de humedad

Se mide inmediatamente, en esta prueba analizaremos y tendremos el porcentaje de agua del suelo natural. En esta prueba se usan taras, balanzas con capacidad máxima de 600 gr y exactitud de 2 decimales. Finalmente, de esta prueba obtendremos el porcentaje de agua que tiene mi estrato.

Análisis granulométrico

Secar el material a temperatura controlada de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 16-24 horas, luego si tiene arcillas, limos o finos el material tendrá que lavarse a través de la malla #200. Para concluir, se vuelve a colocar en el horno durante 16-24 horas para volver a realizar el tamizado. Los tamices van desde la malla de 3" hasta la malla No. 200.

Luego, se realiza un tamizado manual o mecánico y el material que queda en la malla se pesa como material retenido y se clasifica de acuerdo con la norma.

Límites de Atterberg

– Limite líquido

Se utilizó la “copa de Casa Grande” a fin de hacer una mezcla de tierra y agua, hasta que tenga una consistencia moldeable, se inserta en la Copa Casa Grande, se divide en 2 partes y es golpeado continuamente hasta cerrar. Consiguiendo 3 promedios, el 1er. Promedio es de 15 a 25 golpes, el 2do. Promedio es de 20 a 30 y el 3er. Promedio es de 25 a 35.

Para cada intervalo, tomamos una muestra de donde sucedió la unión de las paredes y poder hacer la prueba de contenido de humedad.

– Limite plástico

Esta prueba se ejecuta sobre un sustrato de vidrio en el cual la muestra se coloca con H₂O y se gira para formar un cilindro de

diámetro de 3 mm, donde se pierde agua hasta que la muestra se fisure, para luego meterse al horno y conseguir el contenido de humedad.

Clasificación de suelos

Se utilizan dos sistemas, que son:

- La norma AASHTO.
- La norma SUCS.

Proctor Modificado (PM)

Para realizar la prueba de PM, debemos examinar la granulometría para fijar el tipo de proctor a ejecutar.

Según las normas, se sabe que hay 3 tipos de PM, las cuales son:

Tipo A

- ✓ Molde: De diámetro de 4 pulg. (101.6 mm).
- ✓ Material: Se utiliza el que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm).
- ✓ Capas: 5.
- ✓ Golpes por capa: 25.
- ✓ Usos: Cuando “más del 20% del peso del material se mantiene en el tamiz N° 4 (4,75 mm) y el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg. (9,5 mm)”.

Tipo B

- ✓ Molde: De diámetro de 4 pulg. (101.6 mm).
- ✓ Material: Se emplea el que pasa por el tamiz N° 3/8 (9,5 mm).
- ✓ Capas: 5.

- ✓ Golpes por capa: 25.
- ✓ Usos: Cuando “más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm) y el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg. (9,5 mm)”.

Tipo C

- ✓ Molde: 6 pulg. De diámetro (152.4 mm).
- ✓ Material: Se emplea el que pasa por el tamiz N° 3/4 (19,0 mm).
- ✓ Capas: 5.
- ✓ Golpes por capa: 56.
- ✓ Usos: Cuando “más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 3/8 (9,5 mm) y menos del 30% en peso es retenido en el tamiz 3/4 pulg. (19,0 mm)”.

CBR

Se trata de una prueba de penetración que también mide la capacidad resistente del suelo, se realiza mediante condiciones vigiladas de humedad y densidad.

Su proceso inicia con la compactación de una muestra del suelo, con la humedad y energía requerida, en un molde cilíndrico con un diámetro interior de 152.4 mm y una altura de 177.8 mm, con un collar supletorio y una base perforada.

Después de sumergir esta muestra durante 4 días en agua con una sobrecarga que ocasiona una comprensión equivalente a la del futuro firme sobre la explanada, midiéndose el hinchamiento vertical, esto se manifiesta como un porcentaje de la altura de dicha muestra.

Indice resistente del CBR

Definen como la relación del porcentaje, entre la presión necesaria para que el pistón se introduzca en el suelo hasta una cierta profundidad establecida y la correspondiente a esa misma penetración en una muestra patrón grava machacada. De esto alcanzamos el índice de las 2 penetraciones, 2.54 y 5.08 mm, lo cual se toma el índice CBR tiene más alto valor.

El suelo utilizado en el ensayo no debe contener partículas superiores al 10% retenidas por el tamiz 20 UNE. Hasta un 30% es reemplazable por una proporción igual de material comprendido entre los tamices 5 y 20 UNE.

3.3. ESTUDIO HIDROLOGICO

3.3.1. Hidrología

Generalidades

De acuerdo con el “Manual de Hidrología, Hidráulica o Drenaje”. Se necesitan investigaciones hidrológicas para:

La ejecución de dichos estudios se aplican muchas veces patrones matemáticos para representar el comportamiento de la cuenca estudiada.

Un buen razonamiento sobre el comportamiento hidrológico de las fuentes de agua, arroyos o lagos es esencial para fijar áreas vulnerables a eventos hidrometeorológicos extremos. Esto funciona a fin de ayudar a predecir el diseño preciso de la infraestructura vial.

Objetivos del estudio

Retirar el agua proveniente por la lluvia, a fin de eludir un efecto negativo que logre dañar la perdurabilidad, firmeza y accesibilidad de la carretera.

Estudios hidrológicos

Se estima en al menos 10 años para cunetas y 20 años para alcantarillas de emergencia con respecto a sus períodos de retorno. De manera similar,

para el diseño de las alcantarillas de paso, el lapso de retorno será de 50 años.

Estudio Hidrológico

En este análisis, obtuvimos datos del observatorio meteorológico SANAMHI, que comprende el sitio del proyecto, el observatorio Cachicadán. De este observatorio se recopiló datos registrados recientemente para detectar las cuencas que cruza la carretera de diseño.

Información pluviométrica

ESTACIÓN CACHICADÁN														
Estación		Cachicadán			LATITUD		8° 5' 30"		Departamento			La Libertad		
Tipo		Convencional			LONGITUD		78° 8' 58"		Provincia			Santiago de Chuco		
					ALTITUD		2760 m		Distrito			Cachicadán		
REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PREC. MAX
1	1997	120.20	83.40	34.90	12.50	38.10	30.10	25.40	16.90	10.80	14.20	20.10	6.70	120.20
2	1998	202.40	114.90	81.90	67.80	51.40	71.50	22.90	41.20	11.30	24.80	8.10	40.40	202.40
3	1999	132.40	34.60	82.50	87.50	38.70	24.40	31.40	13.50	11.20	12.40	21.20	24.80	132.40
4	2000	249.10	128.70	101.50	37.80	12.50	15.80	29.40	24.30	21.40	16.50	16.40	24.60	249.10
5	2001	51.90	26.80	12.30	32.10	24.40	124.60	217.90	120.20	36.70	29.40	24.20	97.40	217.90
6	2002	97.60	81.20	99.40	29.80	26.50	23.40	24.90	28.10	8.10	64.80	39.20	21.50	99.40
7	2003	65.80	23.90	29.20	101.50	24.90	16.80	84.70	0.00	97.50	35.40	45.20	23.50	101.50
8	2004	99.70	26.80	17.80	16.50	64.40	34.60	26.80	127.90	30.10	24.10	16.20	11.70	127.90
9	2005	120.50	97.50	25.40	29.80	26.90	32.90	12.90	18.40	20.70	22.40	24.20	54.60	120.50
10	2006	80.40	68.90	99.50	84.70	18.40	84.60	28.90	27.60	0.00	16.70	19.40	25.40	99.50
11	2007	87.30	94.90	24.90	19.50	44.80	64.90	1.40	44.20	14.80	21.40	34.20	124.50	124.50
12	2008	98.60	17.90	13.50	104.80	24.60	23.80	21.80	26.40	94.20	31.60	17.60	16.80	104.80
13	2009	17.30	24.90	19.10	10.90	0.00	16.40	12.10	81.20	7.30	21.50	16.40	14.90	81.20
14	2010	29.40	14.90	16.50	21.10	10.20	9.60	18.20	100.20	11.50	4.21	11.50	24.60	100.20
15	2011	34.80	20.20	34.50	24.30	8.70	66.80	11.50	0.00	16.80	7.64	16.70	21.40	66.80
16	2012	36.40	16.40	27.80	11.20	9.30	1.20	0.00	1.20	12.20	12.70	18.70	15.30	36.40
17	2013	18.20	14.40	17.40	13.40	2.80	13.00	0.00	10.20	1.80	14.90	2.80	15.70	18.20
18	2014	18.40	12.00	22.50	12.50	24.60	1.60	3.60	0.00	6.40	4.50	10.00	18.60	24.60
19	2015	16.40	16.60	18.40	17.20	13.50	1.20	2.60	1.50	8.20	12.20	12.40	15.60	18.40
20	2016	12.40	16.80	18.60	16.50	1.80	3.60	0.50	8.00	8.60	28.50	0.10	19.60	28.50
PROMEDIO		79.46	46.79	39.88	37.57	23.33	33.04	28.85	34.55	21.48	20.99	18.73	30.88	
PREC. MIN		12.40	12.00	12.30	10.90	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	4.21	0.10	6.70	
PREC. MAX		249.10	128.70	101.50	104.80	64.40	124.60	217.90	127.90	97.50	64.80	45.20	124.50	

Figura 5: Data Pluviométrica.

Precipitaciones máximas en 24 h.

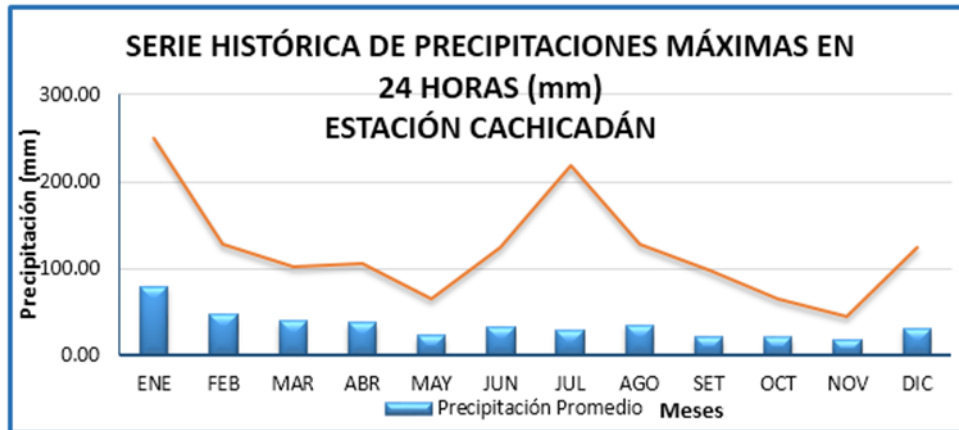
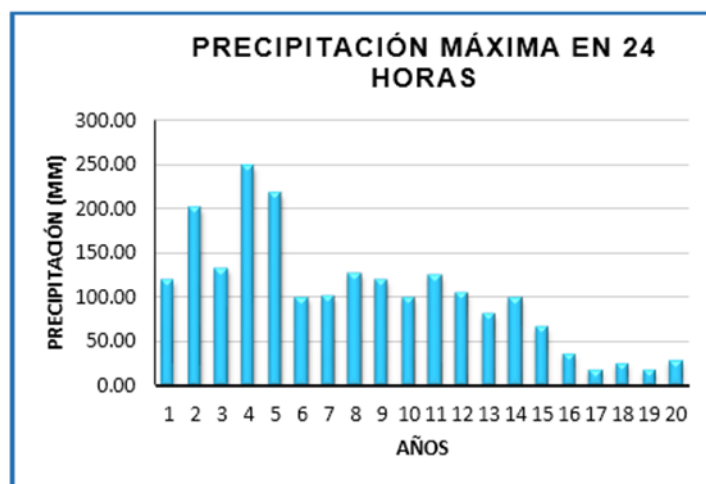


Figura 6; Serie histórica de precipitaciones máximas Estación Cachicadán
FUENTE: ELABORACION PROPIA

PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS

REGISTRO	AÑO	PREC. MAX. 24 HORAS
1	1997	120.20
2	1998	202.40
3	1999	132.40
4	2000	249.10
5	2001	217.90
6	2002	99.40
7	2003	101.50
8	2004	127.90
9	2005	120.50
10	2006	99.50
11	2007	124.50
12	2008	104.80
13	2009	81.20
14	2010	100.20
16	2011	66.80
16	2012	36.40
17	2013	18.20
18	2014	24.60
19	2015	18.40
20	2016	28.50
Precipitación Promedio		103.72

Figura 7: Precipitaciones máximas en 24 horas
FUENTE: ELABORACION PROPIA



Fuente: Elaboración Propia

Análisis estadísticos de datos hidrológicos

Distribución normal

AÑO (Tr)	DISTRIBUCIÓN NORMAL (mm)
500	289.65
200	270.12
100	254.01
50	236.40
25	216.83
20	209.99
10	186.51
5	158.07
Δ TEÓRICO	0.1380
Δ TABULAR	0.3041

Cuadro 2: Distribución Normal

FUENTE: Hidroesta

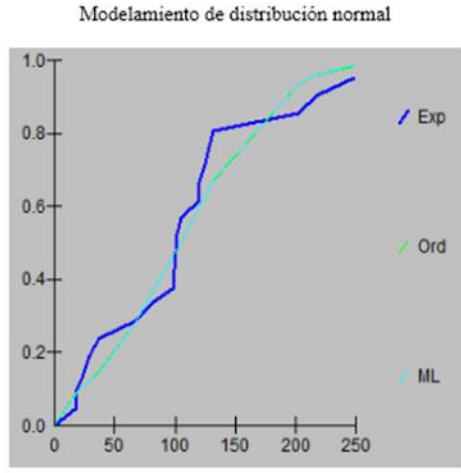


Figura 8; Distribucion Normal
FUENTE: Hidroesta

Distribución Log Normal 2 Parámetros

AÑO (Tr)	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 2 PARÁMETROS (mm)
500	793.61
200	624.83
100	512.94
50	413.45
25	325.31
20	299.17
10	224.42
5	158.42
Δ TEÓRICO	0.2186
Δ TABULAR	0.3041

Cuadro 3; Distribución Log Normal 2 Parámetros
FUENTE: Hidroesta

Modelamiento de distribución Log Normal 2 Parámetro:

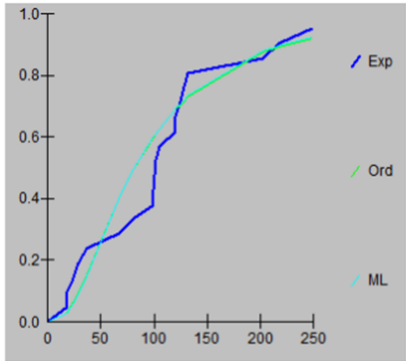


Figura 9; Distribucion Log Normal 2 Parámetros
FUENTE: Hidroesta

Distribución Log Normal 3 Parámetros

AÑO (Tr)	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 3 PARÁMETROS (mm)
500	2120.68
200	1494.07
100	1119.75
50	817.78
25	577.47
20	511.63
10	338.51
5	206.77
Δ TEÓRICO	0.1838
Δ TABULAR	0.3041

Cuadro 4; Distribución Log Normal 3 parámetros
FUENTE: Hidroesta

Modelamiento de distribución Log Normal 3 Parámetros

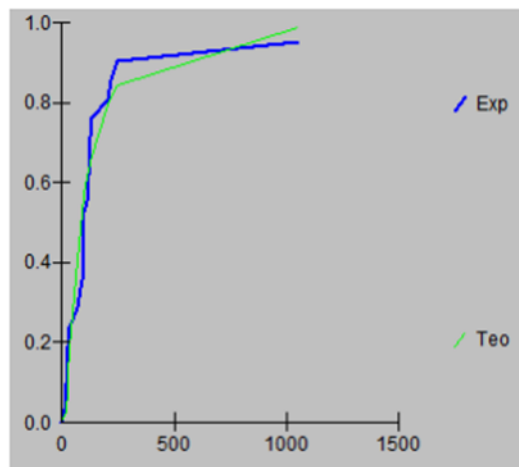


Figura 10; Distribución Log Normal 3 parámetros

FUENTE: Hidroesta

Distribución Gamma 2 Parámetros

AÑO (Tr)	DISTRIBUCIÓN GAMMA 2 PARÁMETROS (mm)
500	415.01
200	366.53
100	328.94
50	290.50
25	251.08
20	238.14
10	196.89
5	153.38
Δ TEÓRICO	0.1840
Δ TABULAR	0.3041

Cuadro 5: Distribución Gamma 2 Parámetros
FUENTE: Hidroesta

Modelamiento de distribución Gamma 2 Parámetros

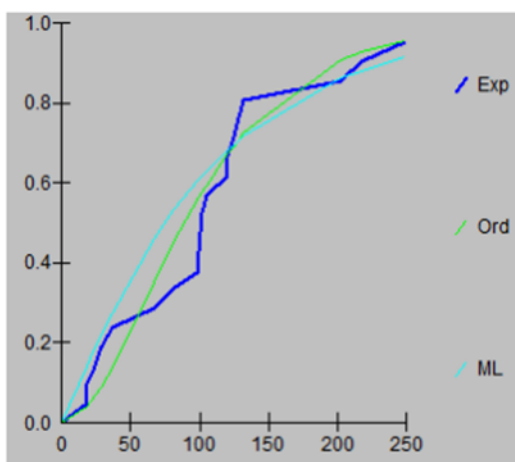


Figura 11: Distribución Gamma 2 Parámetros

FUENTE: Hidroesta

Distribución Gamma 3 Parámetros

AÑO (Tr)	DISTRIBUCIÓN GAMMA 3 PARÁMETROS (mm)
500	340.73
200	309.24
100	284.21
50	257.89
25	230.00
20	220.61
10	189.69
5	154.99
Δ TEÓRICO	0.1363
Δ TABULAR	0.3041

Cuadro 6; Distribución Gamma 3 Parámetros
FUENTE: Hidroesta

Modelamiento de distribución Gamma 3 Parámetros

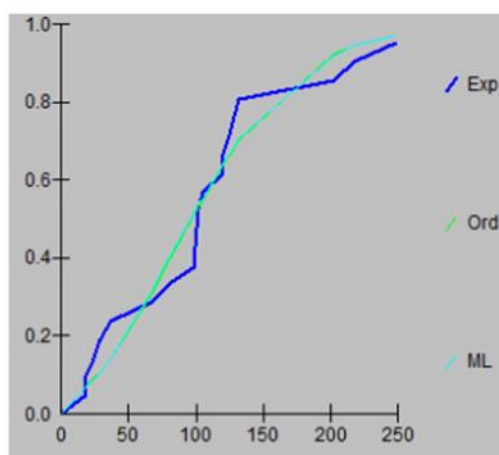


Figura 12: Distribución Gamma 3 Parámetros

FUENTE: Hidroesta

Distribución Log Pearson Tipo III

Los datos de esta estación El Tambo no son apropiados para este modelo de distribución.

- Distribución Gumbel

AÑO (Tr)	DISTRIBUCIÓN GUMBEL (mm)
500	387.58
200	341.36
100	306.32
50	271.16
25	235.74
20	224.24
10	187.98
5	150.19
Δ TEÓRICO	0.1615
Δ TABULAR	0.3041

Cuadro 7; Distribución Gumbel
FUENTE: Hidroesta

Modelamiento de distribución Gumbel

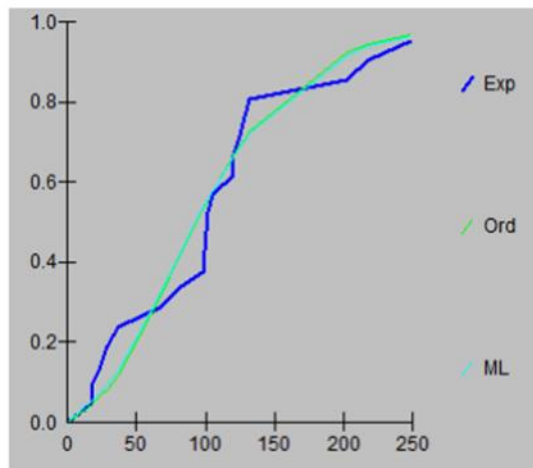


Figura 13: Distribución Gumbel
FUENTE: Hidroesta

– Distribución Log Gumbel

AÑO (Tr)	DISTRIBUCIÓN LOG GUMBEL (mm)
500	2633.09
200	1494.96
100	973.40
50	632.81
25	410.08
20	356.21
10	228.50
5	143.84
Δ TEÓRICO	0.2852
Δ TABULAR	0.3041

Cuadro 8; Distribución Log Gumbel
FUENTE: Hidroesta

Modelamiento de distribución Log Gumbel

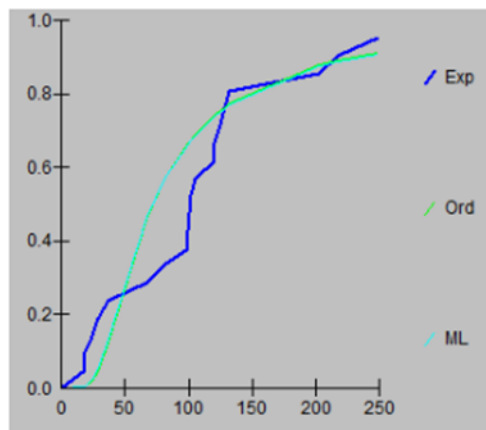


Figura 14: Distribución Log Gumbel

FUENTE: Hidroesta

Aplicación de la prueba de Kolmogorov – Simirnov

Utilizando el grado de significancia con $\alpha = 0.05$ y la proporción de muestra para 20 años, determine un valor crítico de 0.29. Tomando dichos datos, hacemos el ensayo de Kolmogorov – Simirnov especificada en la tabla que está a continuación:

MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD TEÓRICO

AÑO (Tr)	DISTRIBUCIÓN NORMAL (mm)	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 2 PARÁMETROS (mm)	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 3 PARÁMETROS (mm)	DISTRIBUCIÓN GAMMA 2 PARÁMETROS (mm)	DISTRIBUCIÓN GAMMA 3 PARÁMETROS (mm)	DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III (mm)	DISTRIBUCIÓN GUMBEL (mm)	DISTRIBUCIÓN LOG GUMBEL (mm)
500	289.65	793.61	2120.68	415.01	340.73		387.58	2633.09
200	270.12	624.83	1494.07	366.53	309.24		341.36	1494.96
100	254.01	512.94	1119.75	328.94	284.21		306.32	973.40
50	236.40	413.45	817.78	290.50	257.89		271.16	632.81
25	216.83	325.31	577.47	251.08	230.00		235.74	410.08
20	209.99	299.17	511.63	238.14	220.61		224.24	356.21
10	186.51	224.42	338.51	196.89	189.69		187.98	228.50
5	158.07	158.42	206.77	153.38	154.99		150.19	143.84
Δ TEÓRICO	0.1380	0.2186	0.1838	0.1840	0.1363		0.1615	0.2852
Δ TABULAR	0.3041	0.3041	0.3041	0.3041	0.3041		0.3041	0.3041

Cuadro 9; Modelos de Distribución de probabilidad teóricos

Acerca de comparar los patrones de distribución, concluimos que en esta investigación se usará la guía de DISTRIBUCIÓN PARÁMETROS GAMMA 3 (mm).

Aplicación del Modelo de Frederick Bell

A fin de ejecutar este patrón, primordial debemos establecer el valor de $P(10,60)$

Determinando el Valor de:	$I = aP_{24}^b$	
Donde:	a =	0.4602
	b =	0.876
	P ₂₄ =	Precipitación en 24 Horas
	P(10,60) =	45.55 mm
Fórmula:	$P_D^T = (0.21 \ln T + 0.52)(0.54D^{0.25} - 0.50)P_{60}^{10}$	

Adquiriendo este valor se emplea el modelo de Frederick Bell, alcanzándose los próximos datos:

PRECIPITACIONES (MM) PARA DIFERENTES DURACIONES Y PERIODOS DE
RETORNO

T (años)	Pmax. 24 h	DURACIÓN (t, minutos)					
		5	10	15	20	30	60
500	340.73	25.56	38.27	46.78	53.37	63.50	83.38
200	309.24	22.87	34.23	41.85	47.74	56.80	74.59
100	284.21	20.83	31.18	38.12	43.49	51.74	67.94
50	257.89	18.79	28.13	34.39	39.23	46.68	61.29
25	230.00	16.75	25.08	30.66	34.97	41.61	54.64
20	220.61	16.10	24.09	29.46	33.60	39.98	52.50
10	189.69	14.06	21.04	25.72	29.35	34.92	45.55
5	154.99	12.02	17.99	21.99	25.09	29.85	39.20

Cuadro 10; Precipitaciones (mm) para diferentes duraciones y periodos de retorno
Fuente: Elaboración Propia

PRECIPITACIONES (MM/H) PARA DIFERENTES DURACIONES
Y PERIODOS DE RETORNO

T (años)	Pmax. 24 h	DURACIÓN (t, minutos)					
		5	10	15	20	30	60
500	340.73	306.76	229.59	187.13	160.11	127.00	83.38
200	309.24	274.42	205.39	167.40	143.23	113.61	74.59
100	284.21	249.95	187.07	152.47	130.46	103.48	67.94
50	257.89	225.49	168.76	137.55	117.69	93.35	61.29
25	230.00	201.02	150.45	122.63	104.92	83.22	54.64
20	220.61	193.14	144.56	117.82	100.81	79.96	52.50
10	189.69	168.68	126.25	102.90	88.04	69.83	45.55
5	154.99	144.21	107.93	87.97	75.27	59.70	39.20

Cuadro 11; Precipitaciones (mm/h) para diferentes duraciones y periodos de retorno
Fuente: Elaboración Propia

Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia

Es adecuado definir las constantes K, m, n. Y se consiguen del análisis de regresión de la tabla anterior.

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Resultado del Análisis de Regresión		
Constante	2.46	
Err. Estandar de Est. Y	0.01977	
R cuadrada	0.99117	
Num. De Obsr.	48	
Grado de Libertad	45	
Coefi. X	0.16205	-0.52709
Error estándar de coef.	0.00454	0.00833

Fuente: Elaboración Propia

Por esta regresión se obtiene que:

$$m = 0.162 \quad n = 0.527 \quad k = 286.400$$

Por lo tanto, los datos logrados se pueden sustituir a la ecuación de intensidad máxima.

Al ejercer la expresión siguiente obtenemos los próximos datos:

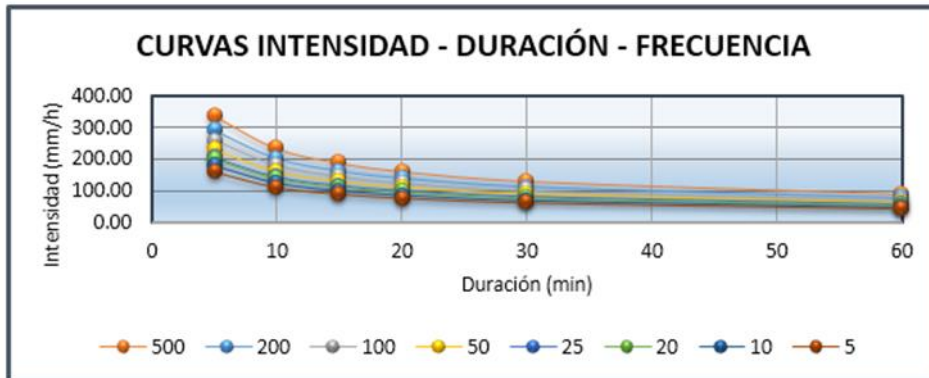


Figura 15; Curva intensidad – duración – frecuencia

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 12; Intensidad – Duración – Frecuencia

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico se aprecia la intensidad máxima (mm/h) para un número específico de años en función del tiempo. Los datos se utilizarán para establecer las propiedades

de la cuenca identificada en el área de análisis y para diseñar la obra de arte empleada.

3.4. DISEÑO DE OBRAS DE ARTE

3.4.1. Diseño de Cunetas

En esta investigación diseñaremos cunetas con sección triangular y se ubicarán paralelas a la carretera.

El cuadro siguiente muestra las pendientes internas esperadas para los diseños de cunetas.

INCLINACIÓN MÁXIMA DEL TALUD (V: H) INTERIOR DE LA CUNETA

V. D. (Km/h)	I. M. D. A. (Veh/Día)	
	< 750	> 750
< 70	1.2	1.3
	1.3	
>70	1.3	1.4

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje – MTC 2014

Dado que la velocidad de diseño es inferior a 7 km/h y el IMDA es inferior a 750 vehículos/día, concluimos que el talud interior a emplear va a ser 1:1.8 y el talud exterior va a ser 1:0.33.

3.4.2. Cálculo Hidráulico de Cunetas

a) Caudal de Aporte (Q)

– Caudal de aporte es:

$$Q = \frac{CIA}{3.60}$$

Dónde

- Q = Caudal (m^3/s)
- C = Coeficiente de escurrimiento de la cuenca
- I = Intensidad de lluvia de diseño (mm/h)
- A = Área aportante (Km^2)

➤ Aporte del Talud de corte

- Longitud máxima de cuneta (L) = 0.79 km.
- Ancho Tributario = 0.10 km.
- Área tributaria máxima = $0.079 Km^2$.
- Coeficiente de escorrentía (C) = 0.45
- Intensidad máxima (I) = 8.75 mm/h
- Caudal máximo (Q1) = $0.0864 m^3/s$.

➤ Aporte de la superficie de rodadura

- A (área tributaria) = Longitud máxima de cuneta.
- Por tramo x 3.50 m (ancho de carril + berma).
- Coeficiente de escorrentía (C) = 0.20.
- Periodo de retorno = 10 años.
- Intensidad máxima (I) = 8.75 mm/h.
- Caudal máximo (Q1) = $0.0013 m^3/s$.
- Caudal total máximo (QT) = $Q1 + Q2 = 0.0878 m^3/s$.

La tabla que se presenta a continuación es el resumen del flujo de aporte de cada cuneta de la investigación.

CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO PARA CUNETAS																
N°	PRECIPITACION		LONGITUD (km)	FLUJO DE CORRIENTE					DISEÑO DE CUNETAS DE HORDAUNA						Q Total m³/seg	
	DESDE	HASTA		ANCHO (km)	ÁREA (Km²)	C	Periodo de Retorno	Intensidad Maxima (mm/hora)	Q 1 m³/seg	ANCHO (km)	ÁREA (Km²)	C	Periodo de Retorno	Intensidad Maxima (mm/hora)		Q2 (Caudal) m³/seg
1	00+000.00	00+523.00	0.53	0.10	0.053	0.45	10	48.06	0.3172	0.0035	0.0018	0.20	10	48.06	0.0048	0.321
2	00+523.00	00+725.00	0.20	0.10	0.020	0.45	10	48.06	0.1183	0.0035	0.0007	0.20	10	48.06	0.0018	0.1202
3	00+725.00	01+034.71	0.31	0.10	0.031	0.45	10	48.06	0.1861	0.0035	0.0011	0.20	10	48.06	0.0029	0.1889
4	01+034.71	01+240.00	0.21	0.10	0.021	0.45	10	48.06	0.1233	0.0035	0.0007	0.20	10	48.06	0.0019	0.1252
5	01+240.00	01+250.00	0.02	0.10	0.002	0.45	10	48.06	0.0120	0.0035	0.0001	0.20	10	48.06	0.0002	0.0122
6	01+250.00	01+450.00	0.20	0.10	0.020	0.45	10	48.06	0.1201	0.0035	0.0007	0.20	10	48.06	0.0019	0.1220
7	01+450.00	01+710.00	0.25	0.10	0.025	0.45	10	48.06	0.1502	0.0035	0.0009	0.20	10	48.06	0.0023	0.1525
8	01+710.00	01+980.00	0.27	0.10	0.027	0.45	10	48.06	0.1622	0.0035	0.0009	0.20	10	48.06	0.0025	0.1647
9	01+980.00	02+074.71	0.09	0.10	0.009	0.45	10	48.06	0.0569	0.0035	0.0003	0.20	10	48.06	0.0009	0.0578
10	02+074.71	02+440.00	0.37	0.10	0.037	0.45	10	48.06	0.2194	0.0035	0.0013	0.20	10	48.06	0.0034	0.2229
11	02+440.00	02+620.00	0.18	0.10	0.018	0.45	10	48.06	0.1081	0.0035	0.0006	0.20	10	48.06	0.0017	0.1098
12	02+620.00	02+658.82	0.04	0.10	0.004	0.45	10	48.06	0.0232	0.0035	0.0001	0.20	10	48.06	0.0004	0.0236
13	02+658.82	03+200.00	0.54	0.10	0.054	0.45	10	48.06	0.3252	0.0035	0.0019	0.20	10	48.06	0.0051	0.3303
14	03+200.00	03+420.00	0.22	0.10	0.022	0.45	10	48.06	0.1322	0.0035	0.0008	0.20	10	48.06	0.0021	0.1342
15	03+420.00	03+700.00	0.28	0.10	0.028	0.45	10	48.06	0.1682	0.0035	0.0010	0.20	10	48.06	0.0026	0.1708
16	03+700.00	04+050.00	0.35	0.10	0.035	0.45	10	48.06	0.2103	0.0035	0.0012	0.20	10	48.06	0.0033	0.2135
17	04+050.00	04+450.00	0.40	0.10	0.040	0.45	10	48.06	0.2403	0.0035	0.0014	0.20	10	48.06	0.0037	0.2440
18	04+450.00	04+915.00	0.47	0.10	0.047	0.45	10	48.06	0.2793	0.0035	0.0016	0.20	10	48.06	0.0043	0.2837
19	04+915.00	05+065.84	0.15	0.10	0.015	0.45	10	48.06	0.0905	0.0035	0.0005	0.20	10	48.06	0.0014	0.0919
20	05+065.84	05+460.00	0.39	0.10	0.039	0.45	10	48.06	0.2369	0.0035	0.0014	0.20	10	48.06	0.0037	0.2406
21	05+460.00	05+687.99	0.23	0.10	0.023	0.45	10	48.06	0.1370	0.0035	0.0008	0.20	10	48.06	0.0021	0.1391
22	05+687.99	05+940.00	0.25	0.10	0.025	0.45	10	48.06	0.1514	0.0035	0.0009	0.20	10	48.06	0.0024	0.1537
23	05+940.00	05+996.33	0.06	0.10	0.006	0.45	10	48.06	0.0338	0.0035	0.0002	0.20	10	48.06	0.0005	0.0344
24	05+996.33	06+305.13	0.31	0.10	0.031	0.45	10	48.06	0.4859	0.0035	0.0028	0.20	10	48.06	0.0076	0.4934
25	06+305.13	07+154.00	0.35	0.10	0.035	0.45	10	48.06	0.2096	0.0035	0.0012	0.20	10	48.06	0.0033	0.2128
26	07+154.00	08+056.54	0.90	0.10	0.090	0.45	10	48.06	0.5422	0.0035	0.0032	0.20	10	48.06	0.0084	0.5506
27	08+056.54	08+756.58	0.70	0.10	0.070	0.45	10	48.06	0.4205	0.0035	0.0025	0.20	10	48.06	0.0065	0.4271
28	08+756.58	09+301.16	1.04	0.10	0.104	0.45	10	48.06	0.6275	0.0035	0.0037	0.20	10	48.06	0.0098	0.6373
29	09+301.16	10+318.84	0.52	0.10	0.052	0.45	10	48.06	0.3110	0.0035	0.0018	0.20	10	48.06	0.0048	0.3158
30	10+318.84	11+014.00	0.70	0.10	0.070	0.45	10	48.06	0.4176	0.0035	0.0024	0.20	10	48.06	0.0065	0.4241
DISTANCIA ACUMULADA =			11.01											CAUDAL MAYOR =		0.6373

b) Capacidad de las cunetas

ECUACIÓN DE MANNING

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

Donde:

Q: Caudal (m³/seg)

V: Velocidad media (m/s)

A: Área de la sección (m²)

P: Perímetro mojado (m)

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

S: Pendiente del fondo (m/m)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

Se determinaron las medidas de las cunetas mediante la tabla presentada a continuación:

DIMENSIONES MÍNIMAS PARA LAS CUNETAS

REGIÓN	PROFUNDIDAD (D) (m)	ANCHO (A) (m)
Seca (< 400 mm/año)	0.20	0.50
Lluviosa (De 400 a < 1600 mm/año)	0.30	0.75
Muy Lluviosa (De 1600 a < 3000 mm/año)	0.40	1.20
Muy Lluviosa (> 3000 mm/año)	0.30	1.20

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje – MTC 2014

El software “H canales” se utiliza para definir y determinar cálculos hidráulicos, como también para garantizar que el flujo obtenido sea superior que el flujo de suministro.

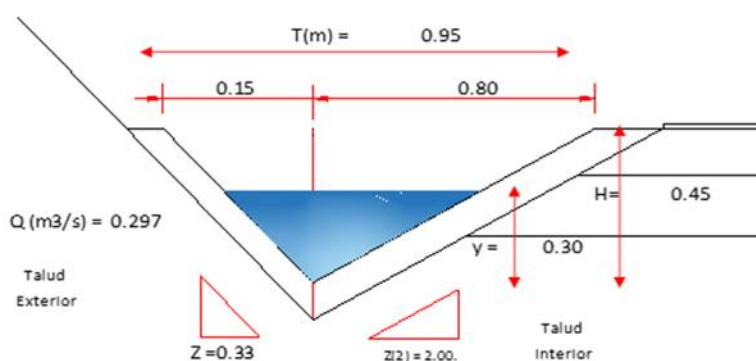
VALORES DE RUGOSIDAD “N” DE MANNING

n	Superficie
0.010	Muy lisa, vidrio, plástico, cobre
0.011	Concreto liso
0.013	Madera suave, metal, concreto frotachado
0.017	Canales de tierra en buenas condiciones
0.020	Canales naturales de tierra, libres de vegetación
0.025	Canales naturales con alguna vegetación y piedras esparcidas en el fondo
0.035	Canales naturales con abundante vegetación
0.040	Arrojos de montaña con muchas piedras

Fuente: Krochin Sviatoslav “Diseño Hidráulico”, EDI. MIR, Moscú, 1978

Del recuadro previo se precisa que el factor de rugosidad utilizado es 0.025, una pendiente interna de 1:18 (V: H) y un externo libre de 10 cm y pendiente del terreno es del 10%.

Dimensiones de Cuneta



FORMULAS	BLOQUE (1)	BLOQUE (2)	TOTAL
$AREA = \left(\frac{zy^2}{2}\right) m^2 =$	0.0149	0.0900	0.1049
$PERIMETRO = \sqrt{(ZY)^2 + Y^2} =$	0.316	0.671	0.9867

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

SECCION	RELACIONES GEOMETRICAS									TIPO DE TERRENO		Ecu. De Manning		Máx. Calculado
	TIRANTE y	PENDIENTE		AREA HIDRAULICA	PERIMETRO MOJADO	RADIO HIDRAULICO	ESPEJO DE AGUA	BORDE LIBRE	ALTURA	RUGOSIDAD	PENDIENTE TERRENO	VELOCIDAD (m/s)	CAUDAL (m³/s)	CAUDAL (m³/s)
		Z1	Z2	A	P	R	T	B	H	n	s	V	Q	Q
TRIANGULAR	0.30	0.33	2.00	0.105	0.987	0.106	0.70	0.15	0.45	0.025	0.100	2.835	0.297	0.637

A partir de la tabla anterior, podemos apreciar la capacidad de la cuneta y se calcula como $0.163 \text{ m}^3/\text{s}$. Esto es mayor que el caudal contribuyente o de $0.0933 \text{ m}^3/\text{s}$, con una velocidad de 2.453 m/s , que se halla adentro de los rangos implantados conforme la tabla presentada.

VELOCIDADES MÁXIMAS SEGÚN EL TIPO DE SUPERFICIE

Tipo de superficie	Máxima velocidad admisible (m/s)
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20 – 0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60 – 0.90
Terreno parcialmente cubierta de vegetación	0.60 – 1.20
Arcilla, grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 – 1.50
Hierba	1.20 – 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 – 2.40
Mampostería, rocas duras	3.00 – 4.50
Concreto	4.50 – 6.00

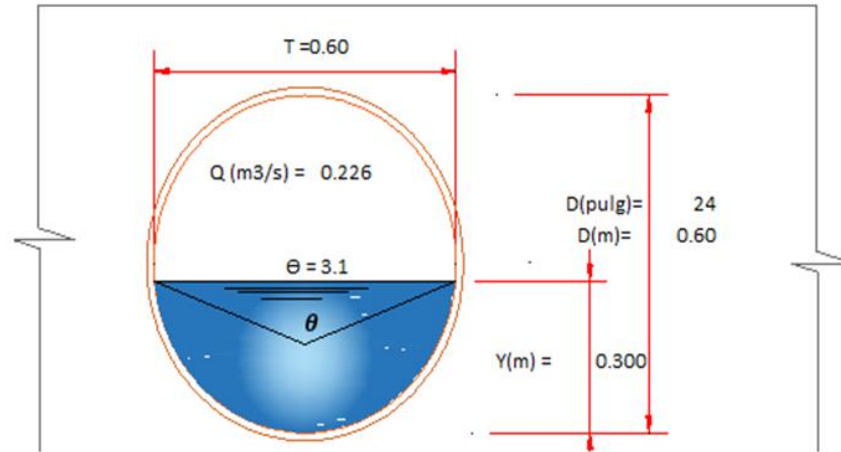
Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje – MTC 2014

3.4.3. Cálculo Hidráulico de Aliviadero

Utilizamos la expresión de “Manning” y el software de “H canales” para resolver el cálculo hidráulico correspondiente y así fijar y comprobar si el flujo cuantificado es mayor que el flujo de suministro.

Para el coeficiente de rugosidad seleccionado es 0.025 en tuberías de metal corrugado, 2% de pendiente y 25 cm de profundidad del agua.

DIMENSIONES DE ALCANTARILLA DE ALIVIO



Quebrada N°	Progresivas	ESTRUCTURA		Área (Km2)	Obra de drenaje	C	Tc (min)	T (años)	Intensidad (mm/hr)	Caudal Cuencas (m3/s)	Caudal Cunetas (m3/s)	TOTAL (m3/s)
		ESTE	NORTE									
1	1+034.711	146815.6510	9086792.9070	0.483	Alcantarilla de Paso	0.45	14.321	40	128.02	7.74	0.1098	7.85
2	2+074.714	146354.9420	9086038.5500	0.178	Alcantarilla de Paso	0.45	26.592	40	92.39	2.06	0.0236	2.08
3	2+658.619	146702.0740	9085576.5520	0.132	Alcantarilla de Paso	0.45	8.121	40	172.64	2.85	0.3303	3.18
4	5+065.641	146327.5550	9083835.4300	0.082	Alcantarilla de Paso	0.45	3.817	40	257.01	2.63	0.1342	2.77
5	5+687.985	145984.7370	9083618.2870	0.133	Alcantarilla de Paso	0.45	4.182	40	244.95	4.09	0.1708	4.26
6	6+805.128	146523.3180	9082959.5740	0.462	Alcantarilla de Paso	0.45	12.845	40	135.57	7.84	0.2135	8.05
7	8+056.542	146927.4310	9082707.8020	0.067	Alcantarilla de Paso	0.45	5.059	40	221.55	1.85	0.2440	2.09
8	9+801.160	147702.7010	9081472.7480	0.122	Alcantarilla de Paso	0.45	5.404	40	213.99	3.26	0.2837	3.54
9	10+318.843	147328.5530	9081101.0200	0.402	Alcantarilla de Paso	0.45	7.233	40	183.50	9.23	0.0919	9.32

N°	PROGRESIV A	Q _{MÁX} Calculado (m³/s)	S	n	DIÁMETRO CALCULADO (m)	DIÁMETRO CALCULADO (")	CANTIDAD	DIÁMETRO COMERCIAL (")
1	1+034.711	7.85	0.02	0.025	1.890	74.4	1.0	48
2	2+074.714	2.08	0.02	0.025	1.150	45.3	1.0	48
3	2+658.619	3.18	0.02	0.025	1.340	52.8	1.0	48
4	5+065.641	2.77	0.02	0.025	1.280	50.4	1.0	48
5	5+687.985	4.26	0.02	0.025	1.500	59.1	1.0	48
6	6+805.128	8.05	0.02	0.025	1.900	74.8	1.0	48
7	8+056.542	2.09	0.02	0.025	1.150	45.3	1.0	48
8	9+801.160	3.54	0.02	0.025	1.400	55.1	1.0	48
9	10+318.843	9.32	0.02	0.025	2.010	79.1	1.0	48

3.5. ESTUDIO DE TRAFICO

Generalidades

El objetivo de esta investigación es calcular el tráfico, clasificar y entender la cantidad de tráfico que pasa a través del tramo Zuro y Sogobora y especificar las propiedades de diseño de este tramo de carretera.

Este análisis permite conocer el volumen de tráfico de la vía en estudio, su historia de desarrollo, la composición vehicular y su vida útil (20 años) Mantenimiento planificado.

Metodología

Se consideró tres fases de una metodología bien definida para desarrollar una encuesta de tráfico.

- Recolección de información.
- Síntesis y organización de los datos.
- Análisis de los datos.

Conteo vehicular

TRAMO DE LA CARRETERA		El Zero - Sogobara				ESTACION		El Zero															
SENTIDO		El Zero - Sogobara				COD. DE ESTACION		El Zero															
UBICACION		RUTA 122				FECHA DE CONTEO		8 9 2019															
HORA		AUTO	CAMIONETAS		BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER		TOTAL	%					
DIASIA VEH		PICK UP	FIBRAL COWBY	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	251	252	253	351	352	>= 353	212	213	312	>=313				
00-01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0%	
01-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0%	
02-03	0	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5%	
03-04	-	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3%	
04-05	0	-	5	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	8%	
05-06	-	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2%	
06-07	-	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3%	
07-08	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3%	
08-09	-	1	2	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	8%	
09-10	1	-	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	7%	
10-11	2	-	5	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	9%	
11-12	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	7%	
12-13	1	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4%	
13-14	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2%	
14-15	-	1	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4%	
15-16	1	-	1	1	1	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	6%	
16-17	0	-	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	6%	
17-18	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5%	
18-19	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2%	
19-20	2	-	6	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	11%	
20-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0%	
21-22	-	2	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4%	
22-23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0%	
23-24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0%	
TOTAL		8	5	55	10	4	3	0	2	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97	100%	
%		8%	5%	57%	10%	4%	3%	0%	2%	7%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	87%	100%

Figura 1; Conteo Vehicular

Procesamiento de información

Los datos se registran en los libros en el formato de conteo de vehículos establecido por MTC y se transfiere a una hoja de Excel al final de la jornada laboral para crear una base de datos y esta información se recopile de manera ordenada. En la última parte, puede averiguar cuántos automóviles cruzan la sección de la carretera cada día.

Determinación del factor corrección estacional

Está determinado por una serie de volúmenes de trafico anual registrados por una unidad de peaje y modificados para eliminar las fluctuaciones en tráfico

vehicular debido a las fluctuaciones estacionales debido a la recreación, las condiciones climáticas, la temporada de cosecha, los feriados, las vacaciones, y los viajes, etc.; que ocurrió durante el año.

A fin de cuantificar el factor de corrección (FC), lo tomamos de los datos brindados por la “Gerencia de Operaciones Zonales de Provias Nacional” en el año 2006, de la caseta del peaje de Chicama en la carretera “Trujillo – Desvío Pacasmayo”, que es el peaje más cercano a la carretera en estudio.

- F.C.E. Vehículos ligeros = 1.123
- F.C.E Vehículos ligeros = 0.996

3.6. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA

3.6.1. Generalidades

El presente proyecto “Diseño de la mejora de la carretera, tramo Zuro y Sogobara, Distrito y Provincia de Santiago de Chuco – La Libertad”. Se han tenido en consideración que los lineamientos y requisitos del manual DG-2018 para satisfacer la preocupación de las personas al brindarles una infraestructura de mejor calidad.

3.6.2. Normatividad

A partir de los lineamientos que nos presenta el “MTC” en la DG-2018, se utilizó esta herramienta para el diseño geométrico adecuado de la vía en análisis.

3.6.3. Clasificación de carretera

El manual del MTC, la DG – 2018 gestiona y/o clasifica la infraestructura vial peruana de acuerdo con la demanda y la orografía.

Clasificación por demanda

La solicitud del tránsito vial es una característica fundamental para llevar a cabo el diseño de las carreteras. De esta manera puede generar ideas de diseño del pavimento o afirmado según sea necesario para su proyecto.

Por este motivo, la recopilación de información del tráfico suministra información del Índice Anual Promedio Diario (IDMA) por cada tramo, que se emplea a fin de realizar la lista.

Según MTC DG - 2018, esta carretera se clasifica con arreglo a tercera clase en la p. 12 establece:

“Son vías con un IMDA menor a 400 vehículos/día, con calzada de 2 carriles de al menos 3.0 m. de anchura. Excepcionalmente, estas vías lograrán poseer carriles de hasta 2.5 m., con el soporte técnico”.

Clasificación por su orografía

Considerando el relieve del terreno en estudio, podemos declarar que presenta recorrido ONDULADO y ACCIDENTADO, concluyendo que este último es el que predomina más de las secciones.

La clasificación de esta carretera según la orografía del terreno es de tipo 3 accidentado, en base a los lineamientos de la DG-2018 del MTC, para lo que la pág. 14 establece:

“Dado que la pendiente transversal al eje de la vía está en medio de 51 por ciento y el 100 por ciento y la pendiente vertical principal se halla en medio del 6% y el 8%, por lo que necesita un considerable movimiento de tierras y es de difícil desarrollo”.

3.6.4. Parámetros básicos para el diseño de la carretera

Índice medio diario anual (IMDA)

El promedio diario es el tráfico vial promedio diario durante el año. Se determinó un IMDA de 25veh / día para el proyecto de estudio.

Velocidad de diseño

La “DG – 2018” decreta en el apartado número 96, que la velocidad de diseño elegida deberá ser la velocidad máxima utilizada para la carretera; y así mantener el funcionamiento adecuado de la carretera.

Para la vía del caserío “El Porvenir” se empleará una velocidad de diseño de 30 km/h.

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													
Autopista de segunda clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
Carretera de primera clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
Carretera de segunda clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
Carretera de tercera clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													

Figura 17; Rangos de Velocidad de diseño
Fuente: Manual de carreteras DG – 2018

Distancia de visibilidad

Es la largueza del frente, lo que es notorio para el conductor, el cual aprueba realizar manipulaciones con seguridad.

Distancia de visibilidad de parada (DP)

Esta es la distancia mínima requerida para que un vehículo que viaja por una carretera a velocidad de diseño se detenga antes de alcanzar un objeto estacionario en el camino.

Se calcula mediante esta expresión:

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

Dónde:

D = Distancia de frenado (m).

V = Velocidad de diseño (km/h).

A = Desaceleración en m/s^2 (esta es una función del coeficiente de fricción y la pendiente longitudinal del tramo).

i = pendiente longitudinal.

+i = subida en el sentido de circulación.

-i = bajada en el sentido de circulación.

Por lo tanto, la distancia de la velocidad de frenado se muestra de acuerdo con la velocidad de diseño (30 km/h).

Distancia de visibilidad de parada 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

Figura 18: Distancia de visibilidad
Fuente: Manual de carreteras DG – 2018

Distancia de Visibilidad de paso

Esta es la distancia mínima requerida para que un vehículo que viaja en una carretera a la velocidad de diseño rebase a otro vehículo a baja velocidad.

Las distancias de adelantamiento visuales solo se tienen en cuenta en los carriles de doble sentido de tráfico, en el que el adelantamiento se ejerce en el carril de la dirección opuesta.

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

Fuente: Manual de carreteras DG – 2018

3.6.5. Diseño geométrico en planta

Consideraciones

Dado que la condición de diseño de la vía del caserío “El Porvenir”, es de clase tercera, tomaron consideración las condiciones presentadas a continuación:

Debe tener en cuenta las perturbaciones del tráfico en un intento de mantener igual la velocidad de diseño en la mayor longitud posible de la vía.

Las secciones de alineamientos no deberían ser demasiado larga. Deben reemplazarse con curvas con un gran radio.

Para carreteras de tercera clase, como la del diseño, no se necesita una curva horizontal a menos que se obtenga la máxima deflexión.

Tramos tangentes

Esta es la distancia mínima y máxima solicitada en tramos tangente dependiendo de la velocidad de diseño.

Longitudes de tramos en tangente

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

Figura 19; Tramos Tangentes

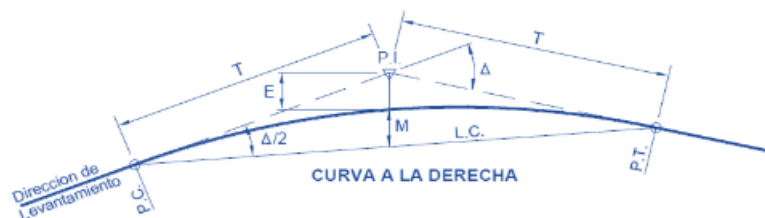
Fuente: Manual de carreteras DG – 2018

Curvas circulares

Es simplemente un arco de un solo radio que une dos tangentes consecutivas para formar la proyección horizontal de una curva real o espacial.

Elementos de curva

Los elementos de curva son:



- | | |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------|
| P.C. = Punto de Inicio de la Curva | |
| P.I. = Punto de Intersección | |
| P.T. = Punto de Tangencia | |
| E = Distancia a Externa (m.) | $T = R \tan \frac{\Delta}{2}$ |
| M = Distancia de la Ordenada Media (m.) | $L.C. = 2 R \sin \frac{\Delta}{2}$ |
| R = Longitud del Radio de la Curva (m.) | $L = 2\pi R \frac{\Delta}{360}$ |
| T = Longitud de la Subtangente (P.C. a P.I. a P.T.) (m.) | $M = R[1 - \cos(\Delta/2)]$ |
| L = Longitud de la Curva (m.) | $E = R[\sec(\Delta/2) - 1]$ |
| L.C. = Longitud de la Cuerda (m.) | |
| Δ = Ángulo de Deflexión | |

Figura 20; Elementos de Curva

Fuente: Manual de carreteras DG – 2018

Radios Mínimos

Son para recorrer a la velocidad de diseño y la tasa de peralte máxima, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad, y se debe utilizar la

expresión mostrada a continuación. Para calcular carreteras de tercera clase:

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

Donde:

Rmin = Radio mínimo de curvatura

emax = Valor máximo de peralte

fmax = factor de fricción máximo

V = Velocidad de diseño específica

Este cuadro muestra los resultados de aplicar la fórmula:

Velocidad específica Km/h	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción f_{\max}	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

Figura 21: Radios Mínimos

Fuente: Manual de carreteras DG – 2018

Curvas de transición

Son caracoles diseñadas a fin de eludir la interrupción de la curva de la carretera. Por lo tanto, la curva de transición debe cumplir los mismos requisitos de seguridad, comodidad y estética que cualquier otro factor.

Determinación de longitud de curva de transición

El valor de longitud mínima de la curva de transición se resuelve mediante esta expresión:

$$L_{min} = \frac{V}{46.656j} \left[\frac{V^2}{R} - 1.27p \right]$$

Donde:

V: km/h R: m J: m/s³ P: %

La siguiente tabla muestra algunas longitudes de transición mínimas.

Longitud mínima de curva de transición

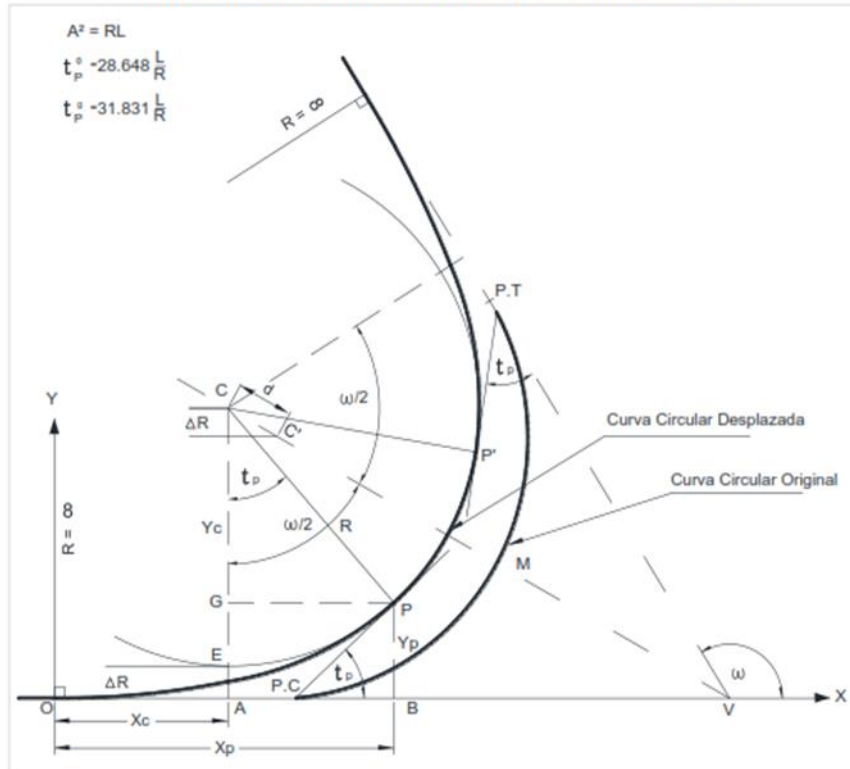
Velocidad Km/h	Radio mín. m	J m/s ³	Peralte máx. %	A _{mín.} m ²	Longitud de transición (L)	
					Calculada m	Redondeada m
30	24	0.5	12	26	28	30
30	26	0.5	10	27	28	30
30	28	0.5	8	28	28	30
30	31	0.5	6	29	27	30
30	34	0.5	4	31	28	30
30	37	0.5	2	32	28	30
40	43	0.5	12	40	37	40
40	47	0.5	10	41	36	40
40	50	0.5	8	43	37	40
40	55	0.5	6	45	37	40
40	60	0.5	4	47	37	40

Figura 22. Longitud de curva de transición

Fuente: Manual de carreteras DG – 2018

Elementos y características

Elementos de la curva de transición-curva circular



	$CE = CP = C'M = R$
Desplazamiento :	$\Delta R = EA = (PB - GE)$
	$\Delta R = Yp - R(1 - \cos t_p)$
Desplazamiento Centro :	$d = CC' = \frac{\Delta R}{\cos \frac{\omega}{2}}$
Origen Curva Enlace :	$OV = Xp + AV - AB$
	$OV = Xp + (R + \Delta R) \tan \frac{\omega}{2} - R \operatorname{sen} t_p$
Coordenada de c :	$Xc = Xp - R \operatorname{sen} t_p$
	$Yc = Yp + R \cos t_p = R + \Delta R$
Desarrollo Circular :	$pp' = \frac{R(\omega - 2t_p)}{57.296} \quad (^{\circ})$
	$pp' = \frac{R(\omega - 2t_p)}{63.662} \quad (g)$

Fuente: Manual de carreteras DG – 2018

Curvas compuestas

Se tratan de dos o más curvas simples con diferentes radios, dirigidas en la misma dirección y colocadas una tras otra. En común, debe eludir el uso de curvas compuestas e intentar sustituir con una única curva.

Caso excepcional

En únicos casos se logrará utilizar curvas compuestas para aclarar los métodos, técnicas y otras, que acreditan el uso de 2 curvas continuas con radios diferentes.

En el suceso de utilizar una curva de 3 centros llamada policéntrica, se deben cumplir estas condiciones:

- El radio de una curva no debe exceder 1.5 veces el radio de la otra.
- Para armonizar los valores de peralte y sobre la anchura de cada una de las curvas vecinas se utilizará una transición suficiente de peralte decidida según lo establecido.
- Para una serie de curvas con radio decreciente, cada curva debe ser lo suficientemente larga para disminuir gradualmente la velocidad.

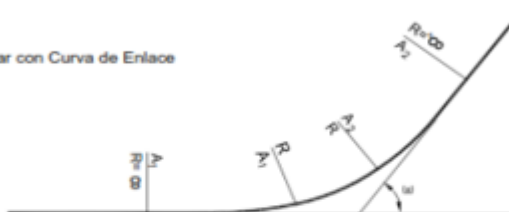
Curvas vecinas

Evite el uso de curvas en la misma dirección si están separadas por segmentos tangentes de menos de 400 metros de largo.

Configuraciones recomendables

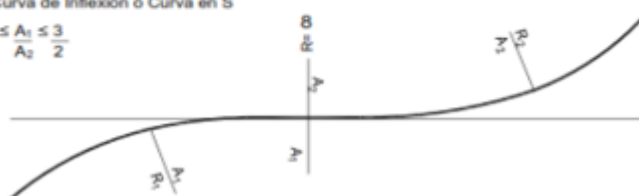
I. Curva Circular con Curva de Enlace

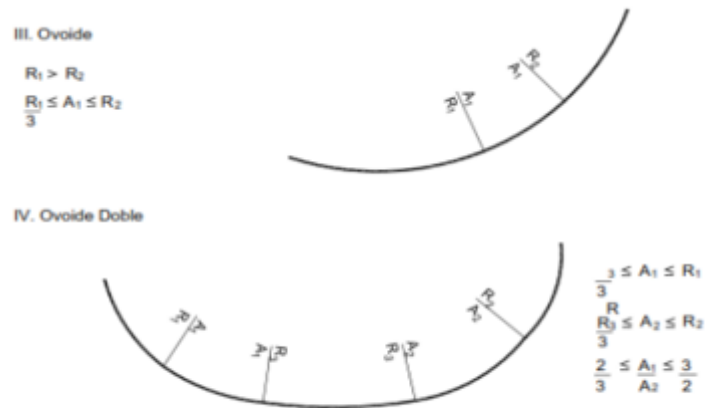
$$\frac{2}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{3}{2}$$



II. Curva de Inflexión o Curva en S

$$\frac{2}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{3}{2}$$





Fuente: Manual de carreteras DG – 2018

Curvas de vuelta

Se plantean encima de las faldas de un área accidentada, con la finalidad de obtener mayores altitudes sin rebasar la pendiente máxima. Esto nunca se puede lograr utilizando trazos alternativos.

En la imagen se ve un patrón curvo complejo de entrada y salida.

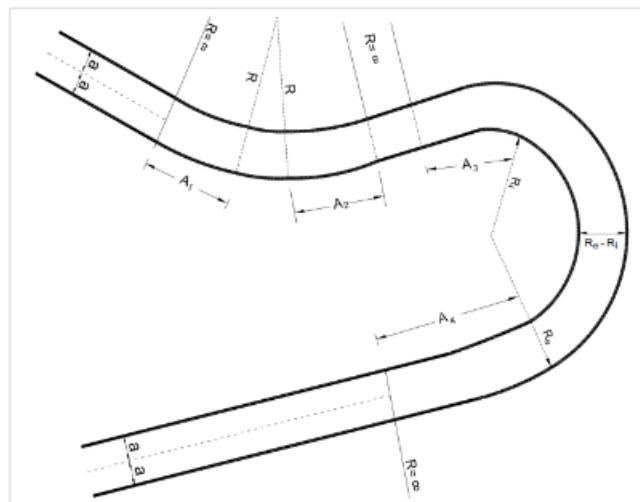


Figura: 23: Curva de Vuelta

Fuente: Manual de carreteras DG – 2018

Transición de peralte

Para carreteras terciarias, los valores de la siguiente tabla se utilizan para determinar el bombeo mínimo y las longitudes de transición mínimas en función de la velocidad de diseño y los valores de peralte.

INCLINACIÓN MÁXIMA DEL TALUD (V: H) INTERIOR DE LA CUNETETA

V. D. (Km/h)	I. M. D. A. (Veh/Día)	
	< 750	> 750
< 70	1.2	1.3
	1.3	
>70	1.3	1.4

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje – MTC 2014

Sobre ancho

Esta es la anchura adicional de la calzada, para equilibrar el espacio adicional necesario para el vehículo.

Puede encontrar el sobre ancho requerido en algún punto usando esta expresión:

$$S_{a_n} = \frac{S_a}{L} L_n$$

Dónde:

San: Sobreancho deseado en cualquier punto (m)

Sa: Sobreancho calculado para la curva, (m)

Ln: Longitud a la cual se desea determinar el sobreancho (m)

L: Longitud de transición de peralte (m)

3.6.6. Diseño geométrico en perfil

Consideraciones de diseño

El alineamiento vertical debe acceder al funcionamiento interrumpido de los vehículos, para sostener la igualdad en velocidad de diseño en la mayor longitud factible de la calzada.

El relieve del terreno es el factor que controla el radio de la curva vertical convexa o cóncava y el radio de la velocidad de diseño, de ahí luego domina la distancia que se muestra.

En terrenos accidentados, la pendiente debe adaptarse en la medida de lo posible al terreno, evitando estirarse en la pendiente opuesta, y evitando estiramientos excedentes.

Los valores se especifican para la pendiente máxima y la longitud crítica que se pueden incluir en el diseño si es necesario. Sin embargo, la forma y el tiempo de aplicación determinarán la calidad y apariencia del acabado.

Pendiente

Pendiente mínima

A fin de asegurar el drenaje de la superficie en todos los puntos de la carretera, se recomienda una pendiente mínima de aproximadamente 0.5%. Pueden surgir casos especiales:

En áreas de transición de peralte, donde se cancela la pendiente transversal, la pendiente mínima debe ser de al menos 0,5%.

Si la vía tiene un bombeo del 2 por ciento y no hay bermas y/o cunetas, pueden utilizar áreas con pendientes de hasta 0,2 por ciento. Si el bombeo es del 2,5 por ciento, se podrán adoptar pendientes iguales a cero.

Pendiente máxima

Es necesario tener en cuenta las pendientes máximas que se presentan a continuación en el recuadro.

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	
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	8.00	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	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	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																					

Figura 25: Pendiente máxima

Fuente: Manual de carreteras DG – 2018

Curvas verticales

El valor de la pendiente máxima podrá aumentar a un 1% para todas las situaciones. La necesidad de dicho incremento debe estar justificada técnica y económicamente.

Considerar lo siguiente, para carreteras de tercera clase:

En general, si se utiliza una pendiente superior al 10%, los tramos con tal pendiente no superan los 180 m.

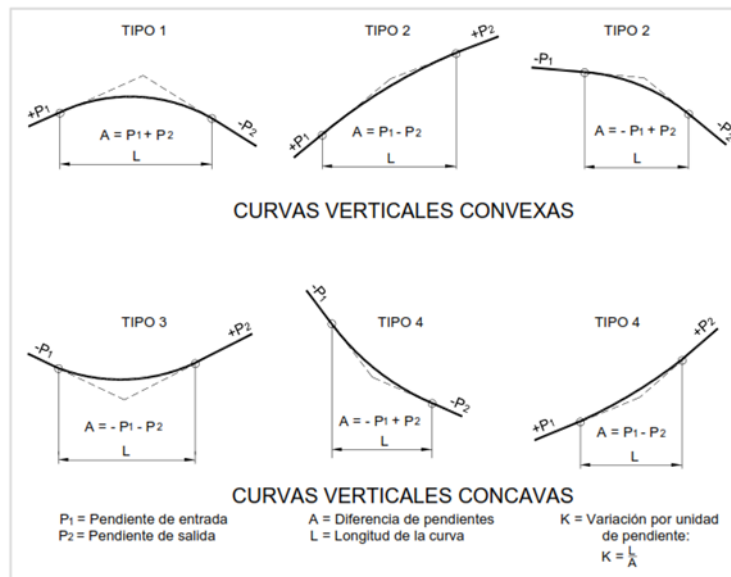
Para curvas con radio de menos de 50 m, se deben eludir pendientes superiores al 8% para evadir un alza significativa en la pendiente de la curva.

La pendiente media máxima para tramos superiores a 2000 m no debe superar el 6%.

Tipos de curvas verticales

Pueden clasificarse en curvas longitudinales verticales cóncavas y convexas en función de su forma y las proporciones de las ramas que las forman siendo asimétricas y simétricas.

Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas



Longitud de curvas convexas

Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas

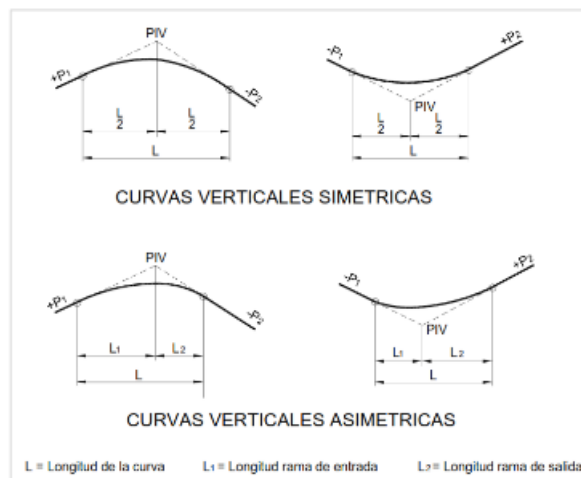


Figura 26; Tipo de Curvas Verticales

Fuente: Manual de carreteras DG – 2018

La largura de esta curva se calcula con la siguiente formula:

A fin de cuantificar con la visibilidad de parada (D_p)

A fin de cuantificar con la visibilidad de adelantamiento o paso (Da)

Cuando $D_p < L$

$$\text{Cuando: } D_a < L \quad L = \frac{A D_a^2}{946}$$

$$\text{Cuando: } D_a > L \quad L = 2D_a - \frac{946}{A}$$

Donde:

Da: Distancia de visibilidad de adelantamiento o Paso (m)

L y A: Idem (a)

h1: Altura del ojo sobre la rasante (m)

h2: Altura del objeto sobre la rasante (m)

Longitud de curvas cóncavas

Para su determinación es mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Cuando : } D < L \quad L = \frac{A D^2}{120 + 3.5D}$$

$$\text{Cuando : } D > L \quad L = 2D - \left(\frac{120 + 3.5D}{A} \right)$$

Dónde:

D: Trecho entre el punto y el vehículo.

En el ángulo de 1° , el haz de los faros, intercepta a la rasante.

Además, las consecuencias de la gravedad y fuerza centrífuga tienen una gran influencia en la curva cóncava, se aplica la siguiente ecuación:

$$L = \frac{AV^2}{395}$$

Dónde:

V: Velocidad de proyecto (km/h)

L: Longitud de la curva vertical (m)

A: Diferencia algebraica de pendientes (%)

Diseño geométrico de la sección transversal

Esto incluye la definición de los componentes de la carretera en el plano de sección vertical que coinciden con el alineamiento horizontal. Esto consiente precisar la preparación y tamaño de los elementos en los puntos respectivos a cada sección y su conexión con el área natural.

Figura 304.02.A
Sección transversal típica con calzada de dos carriles en poblaciones con zona comercial

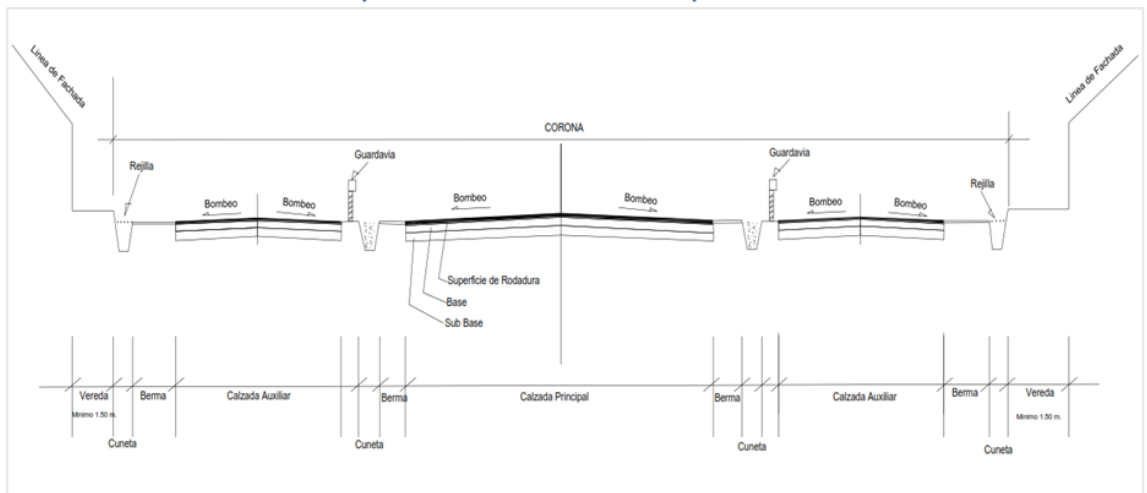


Figura 304.02.D
Sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en zona urbana.

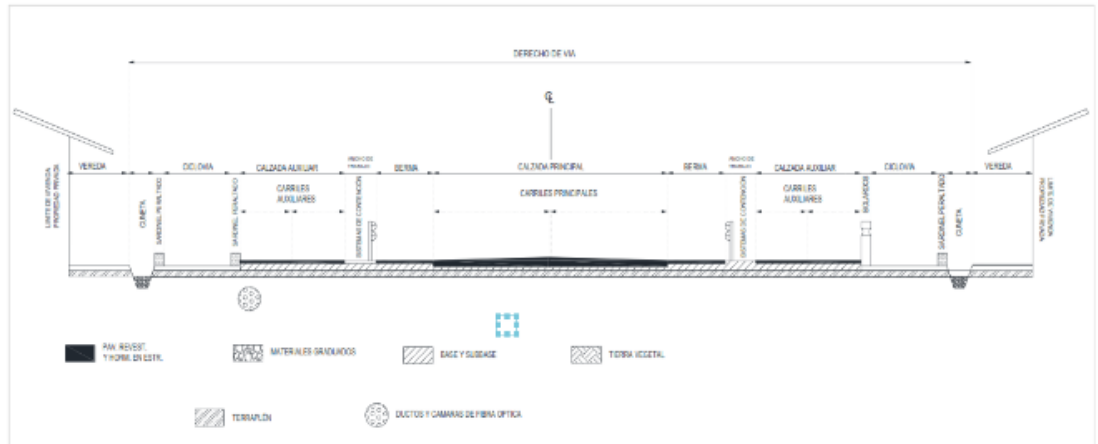


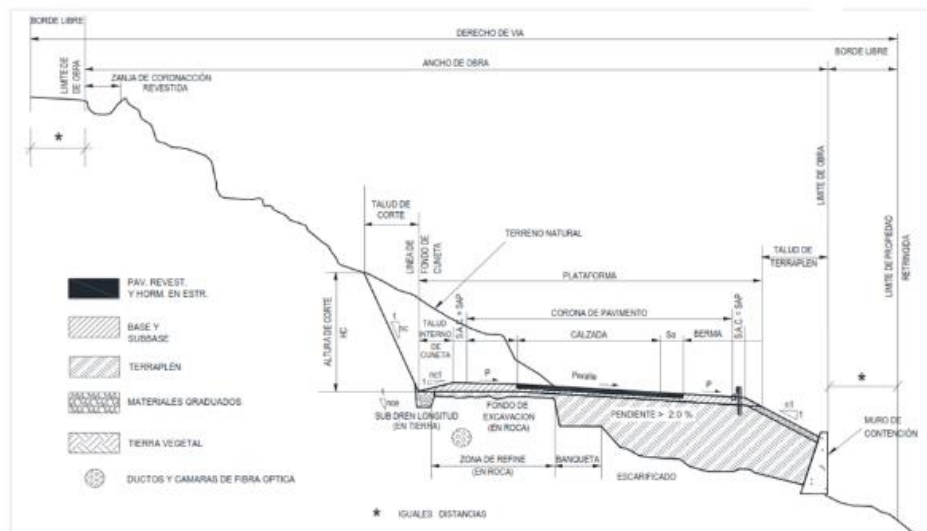
Figura 27: Elementos de sección transversal

Fuente: Manual de carreteras DG – 2018

Calzada o superficie de rodadura

Esto es un pedazo de una vía de tráfico de automóviles que contiene uno o más carriles y no incluye una plataforma. El camino está dividido en vías férreas.

Figura 304.02.C
Sección transversal típica para carretera con calzadas separadas, en población urbana con zonificación comercial.



Fuente: Manual de carreteras DG – 2018

La cantidad de carriles por calzada se establece conforme al pronóstico y la configuración del tráfico, según el diseño IMDA y el nivel de servicio anhelado. Los anchos de carril utilizados son 3.0, 3.3 y 3.6 m.

Ancho de la calzada en tangente

Se determina por medio del nivel de servicio requerido al terminar de la fase de diseño. Por consiguiente, la anchura y el número de carriles son establecidos por el análisis de capacidad y nivel de servicio.

Tabla 304.01
Anchos mínimos de calzada en tangente

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera						
	> 6,000				6,000 - 4,001				4,000-2,001				2,000-400				< 400						
	Primera Clase		Segunda Clase		Primera Clase		Segunda Clase		Primera Clase		Segunda Clase		Tercera 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																				6.00	6.00		
40 km/h																				6.60	6.60	6.60	6.60
50 km/h																				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	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	7.20	7.20	6.60	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	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	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	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
100 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	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60
110 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	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60
120 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	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60
130 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	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60

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 DG – 2018

Bermas

Franja adyacente, longitudinal o paralela a la carretera, están diseñadas como límites de la capa de rodadura y sirven de área segura para estacionar vehículos en situación de emergencia.

El oficio de área segura se remite a la situación en la que un medio de transporte abandona la carretera. Para esta situación, esta área forma un límite seguro para las operaciones de emergencia para evitar accidentes.

Ancho de bermas

Se implanta de acuerdo hacia tipología de la carretera, la velocidad de diseño y orografía.

Tabla 304.02
Ancho de bermas

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera											
	Tráfico vehículos/día				Características				Características				Características											
	> 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	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	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				2.00						1.20	1.20		
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																	

Fuente: Manual de carreteras DG – 2018

Inclinación de las bermas

Dado la situación donde la berma este pavimentada, se deben agregar lados adicionales que tengan al menos 0.5m de ancho franjas sin pavimentar a su comportamiento completo. Esta franja conocida como extensión de compactación (s.a.c), se utiliza para colocar señalización y defensas.

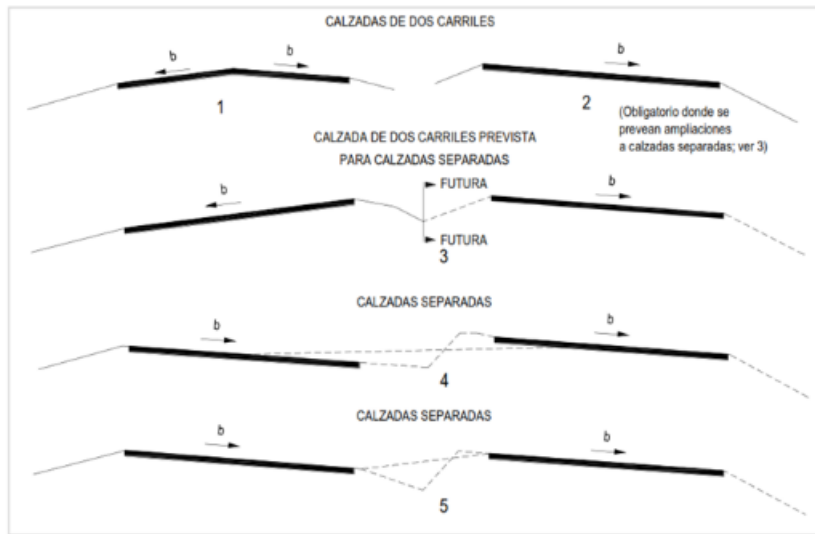
Bombeo

En curvas en contra peralte o tramos tangentes, la carretera requiere una pendiente lateral mínimamente llamada bomba para drenar el agua de la superficie. El bombeo está sujeto a la clase de pavimento y porción de lluvia en el área.

Tabla 304.03
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

Figura 304.04
Casos de bombeo



Fuente: Manual de carreteras DG – 2018

Peralte

Inclinación transversal de la carretera en tramos de curva está diseñada para soportar la fuerza centrífuga del vehículo.

Valores del peralte

Tabla 304.05
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

Tabla 304.06
Peralte mínimo

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

Fuente: Manual de carreteras DG – 2018

Transición del bombeo al peralte

En el alineamiento horizontal, pasando de un segmento tangente en una curva a otra, la bomba debe modificar la pendiente de la línea hasta el peralte respectivo a la curva. Esta variación ocurre progresivamente en la largura de la curva de transición.

Tabla 304.07
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.

Fuente: Manual de carreteras DG – 2018

Desarrollo del peralte entre curvas sucesivas

Como se muestra en la siguiente tabla, se requiere una sección tangente mínima para expandir con precisión la transición de altura entre dos curvas consecutivas en la misma dirección.

Tabla 304.08
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

Fuente: Manual de carreteras DG – 2018

Separadores

Los separadores son generalmente una franja de terreno paralela al eje de la carretera que se separa el tráfico de la dirección opuesta (separador central) o para separar carreteras en la misma dirección de tráfico. El separador se encuentra en medio de las bermas o cunetas internas de los dos carriles.

Taludes

Es la inclinación de diseño para el área a ambos lados de la vía, bien sea el área de excavación como en el terraplén.

Las pendientes de las secciones de corte dependen de las peculiaridades geomecánicas del terreno; pendiente, altura y varios fragmentos de diseño se

determinan con base a estudios mecánicos del suelo o las respectivas condiciones geológicas, superficiales y de drenaje subterráneos, según correspondan, a fin de establecer las condiciones de estabilidad del mismo, aspectos que deben ser identificados. Priorizando el diseño, elija la mejor solución entre varias opciones, especialmente en áreas con fallas geológicas y materiales inestables.

Tabla 304.10
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	*	*	*

(*) Requerimiento de banquetas y/o estudio de estabilidad.

Tabla 304.11
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

Cunetas

Son canales hechos lateralmente en toda la extensión de la carretera para guiar la escorrentía superficial y superficie de la plataforma vial, pendientes y áreas adyacentes para preservar la vía.

Su sección transversal logra tener forma rectangular, triangular, trapezoidal y de otras formas adecuadas para las secciones transversales de carreteras y garantice la seguridad del tráfico; con o sin revestimiento; abierto o cerrado, según las necesidades del proyecto.

Si tiene un área urbana o un espacio limitado, puede diseñar una canaleta cerrada como porción de la berma.

Las medidas de las cunetas se descubren de cálculos hidráulicos, considerando su declive longitudinal, intensidad de lluvia, zona de drenaje y naturaleza del terreno y más.

Los componentes constituyentes de una cuneta es su pendiente interior, su fondo y su talud exterior el cual suele coincidir con el talud de corte.

El talud longitudinal mínima absoluta es de 0.2 por ciento para cunetas revestidas y 0.5 por ciento para cunetas sin recubrir.

Si bien la canaleta está hecha con un componente sensible a la erosión y se proyecta en una pendiente que se estima una velocidad de flujo mayor que la tasa de flujo máxima permitida del material constituyente, la cuneta estará protegida con revestimiento fuerte a la erosión.

Lo largo de la cuneta está limitada y dirigida hacia el canal de la tierra natural, ya sea para servir al mejoramiento del tramo, o proyectando alcantarilla donde no se dispone.

3.7. DISEÑO DE PAVIMENTO

3.7.1. Diseño Pavimento en Carretera

Generalidades

Con los métodos técnicos apropiados, se piensa diseñar de manera eficiente la carretera, los tramos de Zuro y Sogobara, se puede obtener estabilidad estructural y se puede demostrar mayor eficiencia económica y técnica que beneficiara a la población de la localidad.

Para decidir las dimensiones de los tramos de pavimento se utilizaron los métodos o técnicas estándares que se utilizan actualmente en Perú.

- “El método AASHTO guide for Design of Pavement Structures 1993”.

- Analizar el Desempeño del Pavimento a lo largo de la etapa de diseño.

El diseño del revestimiento del suelo se basa en dos parámetros fundamentales.

- Carga de tránsito vehicular sobre la vía.
- Particularidades de la capa base sobre el que se coloca el pavimento.

Datos CBR mediante estudio de suelos

Calicata	Profundidad	CBR 95% MDS
C-1	1.50	19.05
C-4	1.50	11.24
C-7	1.50	10.58
C-10	1.50	11.24
Cantera	1.50	81.49

Fuente: Elaboracion propia

Espesor de pavimento, base y sub base granular

DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN CALIENTE

METODO AASHTO 1993

PROYECTO : Diseño del mejoramiento de la carretera, tramo el Zuro y Sogobara, Distrito y Provincia de Santiago de Chuco - La Libertad.
SECCION : El Zuro - Sogobara **FECHA :** 30/10/2019

1. REQUISITOS DEL DISEÑO

a) Periodo de diseño en años (t):	20
b) Numero de Ejes Equivalentes: Trafico ($W18 = 106 \times \{ ((1+g) t - 1) / g \}$):	1.05E+04
c) Indice de servicialidad inicial (pi):	3.8
d) Indice de servicialidad final (pt):	2.0
e) Indice de confianza (R%):	65%
f) Desviación estándar normal (ZR):	-0.385
g) Error de combinación estándar (So):	0.45

2. PROPIEDADES DE MATERIALES

a) Modulo de Resiliencia de la Base Granular (Mr):	30,000.00 psi	80% (AASHTO: II-20, H-5)
b) Modulo de Resiliencia de la Sub Base Granular (Mr):	20,000.00 psi	40% (AASHTO: II-20, H-5)
c) C.B.R. de la Sub Rasante (%):	20.00 %	
d) Modulo de Resiliencia:	30.00 ksi	
Mr=1500 CBR	30,000.00 psi	Pavimentos Urbanos
Mr=2555 CBR ^{0.68}	19,592.57 psi	Manual de Carreteras

3. CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL (Variar SN Requerido hasta que N18 Nominal = N18 Calculo)

$$\log_{10} (W_{18}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} (\frac{\Delta PSI}{(4.2-1.5)})}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10} (M_R) - 8.07$$

SN Requerido	G_t	N18 NOMINAL	N18 CALCULO
0.67	-0.17609	4.02	4.02

3. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO

a. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA

Concreto Asfáltico Convencional (a1):	0.44
Base Granular ($a_2 = 0.249 \cdot \log M_r - 0.977$):	0.14
Sub-Base ($a_3 = 0.227 \cdot \log M_r - 0.839$):	0.14

b COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA

Base granular (m2)	1.15
Subbase (m3)	1.15

4. CALCULO DE ESPESORES DE CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO: (AASHTO: II-35)

El Número Estructural se calculará con la ecuación de diseño presentada por la AASHTO-93 se interrelacionan con los espesores de capa y drenaje según la expresión:

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

ALTERNATIVA	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
1	0.67	1.68	2.5	10	10
2	0.67	1.37	2.5	15	

SN resul > SN req Tiene que cumplir para que la propuesta sea aceptada

3.8. SEÑALIZACIÓN

3.8.1. Generalidades

Las indicaciones para la presentación de informes del proyecto están regulada y detallada por el documento “**MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁFICO AUTOMOTRIZ PARA CALLES Y CARRETERAS**”.

Dicho manual explica cómo utilizar varios dispositivos de control de tráfico, como clasificación, función, color, tamaño y forma. Se utiliza en las carreteras y vías urbanas que componen la red de carreteras nacionales.

3.8.2. Señales verticales

Son dispositivos colocados en sitios de interés al costado de la carretera en áreas de interés para ordenar el tráfico y alertar y notificar a los usuarios con letras y símbolos.

Señales reguladoras

Su efecto es anunciar al navegante acerca de las prioridades, prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones que existen para la utilización de las carreteras. Constituye un delito el no hacerlo.



Figura 28: Señales Regulatoras

Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras

Señales de prevención

La finalidad es alertar al conductor de la presencia e índole de peligros permanentes o temporales en la vía o en el entorno circundante.



Figura 29; Señales de Prevención

Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras

Señales de información

El propósito es orientar e informar a conductores que pueden llegar a su destino de manera fácil y directa. Asimismo, proporciona datos sobre áreas densamente pobladas, distancias de los servicios, kilómetros de rutas, nombres y descripciones de calles, atracciones turísticas y otros.



Figura 30; Señales de Información

Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras

Marcas en el pavimento

Conforman señales horizontales, incluidas señales de tráfico planas, por ejemplo, líneas horizontales y transversales, flechas, símbolos y letras, aplicadas o adheridas a la vía, sardinel, y en áreas inmediatas.

Se utilizan para el control del tráfico, la advertencia y la orientación a los usuarios de la carretera y son una parte importante del funcionamiento del vehículo y la seguridad vial.

Color

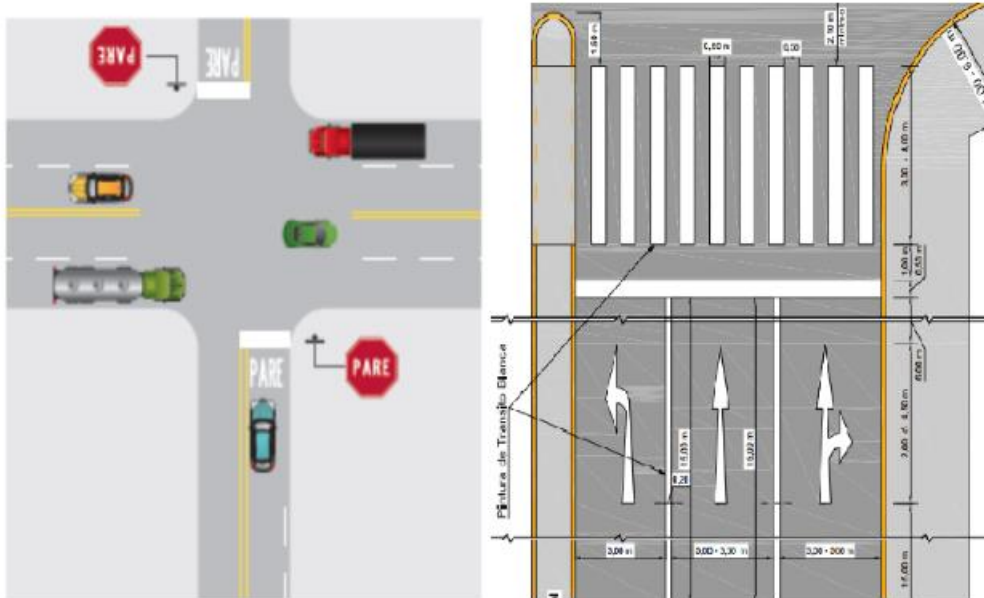
Los colores utilizados en la carretera para crear marcas viales son:

- A. El blanco: separa los flujos de tráfico en la misma dirección. Se utilizará en canto de carreteras, demarcaciones longitudinales, transversales, elevadas, flechas direccionales, letras y estacionamiento permitidos.
- B. El amarillo: resaltado especialmente por índole especial de la carretera, por ejemplo, canales de tráfico en sentido opuesto, de tráfico únicos para sistemas de transporte abundante, objetivos estacionarios adyacentes, intersección de carreteras inseguras, limites elevados y canto u orilla de carreteras de áreas donde es restringido estacionarse.

- C. “El azul: complemento de carteles informativos, como estacionamientos para discapacitados y marcas de carriles para la cobranza de peaje electrónico, etc”.
- D. “El rojo: delineado de límite de área restringida y rampas de emergencia”.

Significado y Ancho

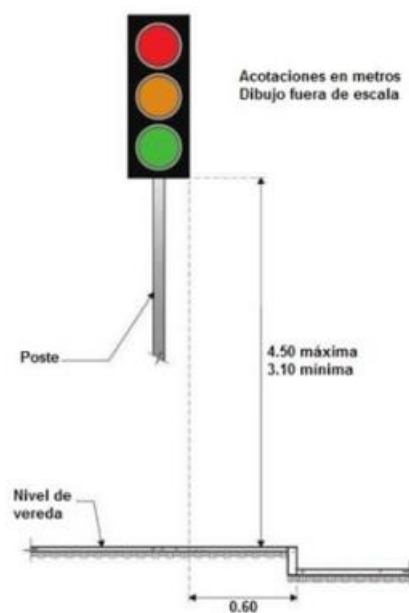
- “La línea continua doble: señala el límite máximo para cruzar o cruzar a otro carril”.
- “La línea continua: no se permite adelantar ni cruzar a otros carriles”.
- “La línea segmentada: indica que se le permite adelantar o cruzar a otro carril de acuerdo con las disposiciones de seguridad vial”.
- “La línea discontinua: muestra las transiciones en medio de las líneas sólidas y/o segmentadas. Su forma es más corta y más ancha que las líneas segmentadas”.
- “La brecha: la distancia en medio de las líneas punteadas y las líneas segmentadas”.
- “La anchura de la línea continua y segmentada: 10 a 15 cm”.
- “La anchura de la línea punteada: duplica la línea segmentada”.
- “La anchura de la línea extraordinario: duplica la anchura de las líneas sólidas y segmentadas”.
- “La anchura de desunión de la línea doble: tiene que ser idéntico al ancho de la línea”.



Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras

Semáforos

Se trata de dispositivos de control de tráfico destinados a dominar y regular el tráfico vehicular, motorizado y el peatonal mediante la visualización de luces rojas, verdes y amarillas.



Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras

Significado de colores

El rojo impide el movimiento cuando hay muchos vehículos y peatones durante un cierto periodo de tiempo.

Color verde accede el tránsito y el movimiento de peatones durante un periodo de tiempo.

El amarillo y/o ámbar permiten al chofer del vehículo detenerse sin entrar en una intersección o cruce de carreteras.

IV. DISCUSIONES

- Los levantamientos topográficos del área en estudio arrojaron como resultado que la topografía es de tipo III “terreno accidentada”, la cual tiene una pendiente de 51% a 100%, lo que lo hace apto para la clasificación por orografía, así también, una pendiente longitudinal del 6% al 10%. Esta base de datos coincide con los reportados por Choctalin y Guevara (2015), a partir de un diseño realizado en las áreas del proyecto en medio de la ejecución de la carretera Sanbartolo, tuvo como resultado una orografía accidentada, tomando en cuenta los lineamientos de la DG del MTC-Carretera 2018.
- Para el EMS se crearon un total de 12 fosas y se concluyó que la mayor parte del suelo en las muestras tomadas era grava de grano fino con un contenido de humedad de 6-19%, el valor más bajo obtenido ha sido una muestra de CBR al 95%, obtienes un valor de 10,58%. Su interpretación es la de un suelo regular.
- Asimismo, en el EMS de Toledo y Ventura (2013), obtuvieron resultados similares para las clases de suelo en el área de investigación, teniendo en cuenta la evaluación en curso de la guía. Suelo, geología, ingeniería geotécnica, guiado de carreteras; estudio de campo y análisis de muestras.
- Nos señala restricciones técnicas en el diseño geométrico: radios mínimos de 20 y 25 m. en áreas urbanas, velocidades de carrera de 30 km / h, pendientes que no superan el 10% y cambios horizontales en las secciones transversales

de las carreteras. En áreas específicas de función de área y condiciones de tráfico de vehículos.

- De manera similar, un estudio realizado por la gobernación local de La Libertad (2012) sobre la mejora de carreteras para la región de la sierra arrojó datos técnicos similares. Se trata de un trazado vial habitual en la sierra de Liberteña y está regulado por el MTC.
- El diseño del pavimento determina que la base del agregado es de 10 cm, la subbase es de 10 cm y la capa de asfalto es de 2,50 cm. Asimismo, los estudios de Alva y Campana (2014), arrojaron resultados diferentes a la hora de mejorar la estructura de carreteras debido a las diferentes características del suelo, tránsito vehicular y propiedades de precipitación. Por lo tanto, para prolongar y mejorar la vida útil de la carretera se deberá emplear mortero bituminoso de “slurry seal”. Todo lo anterior se lleva a cabo de acuerdo con las directrices de uso del suelo, geología, ingeniería geotécnica y pavimentos.

V. CONCLUSIÓN

- Se identificó en el área de estudio mediante la topografía, un terreno con una pendiente de 51% y 100%, que se clasifica como terreno accidentado según el manual de usuario de la carretera DG2018.
- En el EMS, se procedió a realizar 12 calicatas en las rutas de desarrollo de la carretera, asimismo en las vías urbanas teniendo en cuenta la clasificación SUCS, las arenas arcillosas tienen un contenido de humedad natural de 9,90% a 19,93, principalmente suelo "CL" y arcilla "SC". %. El valor mínimo de CBR a una densidad seca máxima de 95 ° es 10,58%. Teniendo en cuenta estas propiedades del suelo, se utiliza como “capa de rodadura” una capa con grosor de 25 cm.
- Se consideró en el estudio hidrológico precipitaciones de 24 horas como la más intensa inspeccionada para la estación pluviométrica de Cachicadan ubicada en el distrito del mismo nombre, siendo la más accesible por encontrarse cerca al área del proyecto.

- Al procesar esta información, podemos cuantificar la extensión de la obra de arte proyectada. Las cunetas que atraviesan la ciudad son de forma triangular y cuadrada y se ha determinado que pasan por alcantarillas fabricadas con material TMC. Se proyectaron 9 alcantarillas de emergencia de 48” pulgadas de diámetro están diseñados para drenar el agua de la cuneta.
- La geometría de la vía permite aplicar una velocidad para el diseño de 30 km/h, teniendo en cuenta el radio de 25 m como mínimo, una curva horizontal con una pendiente máxima del 10 por ciento y otros indicadores. Debido al diseño geométrico puede aplicarse la velocidad del proyecto de 30 km / h y se considera un proyecto como vía local bajo el reglamento de la DG Vías Urbanas en función del volumen de tráfico. La pendiente máxima es del 10%. Del mismo modo, existen letreros correspondientes que consisten en letreros informativos, de prevención y normativos.

VI. RECOMENDACIONES

- Ejercer mayor dirección por parte de las entidades locales o responsables, ofreciendo discursos informativos sobre los proyectos que se están implementando en áreas específicas, y así los técnicos involucrados puedan entregar servicios específicos durante la fase de planificación del proyecto.
- Implementar y desarrollar una planificación urbana en zonas rurales, porque si las propiedades están dispersas y ya construidas se dificultará la alineación y trazo de las vías.
- Llevar a cabo un mantenimiento regular para evitar daños a las estructuras de ingeniería, como infraestructura vial, alcantarillado y cunetas.
- Ejecución del proyecto en periodos donde no haya precipitaciones, según por la referencia de la zona los meses de mayo a noviembre.

REFERENCIAS

- CABANILLAS, Guianella e INFANTES, Milton. Diseño para el mejoramiento de la trocha carrozable Coypin – Caumayda, distrito Santiago de Chuco – Santiago de Chuco, La Libertad 2018. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo.
- CAMPOS, Dani y RONCAL, Walmer. Diseño para el mejoramiento de la carretera, tramo El Molle – Quiguir, distrito y provincia de Santiago de Chuco, departamento La Libertad. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2018.
- GUERRERO, Erick. Diseño de la carretera que une los caseríos de Muchucayda – Nueva Fortaleza – Cauchalda, distrito de Santiago de Chuco, provincia de Santiago de Chuco, departamento de La Libertad. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad César Vallejo, 2017.
- GIL, Leila. Diseño para el mejoramiento de la carretera tramo: Sincon - Kakamarca, Distrito y Provincia de Santiago de Chuco, Departamento La Libertad. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2018.
- CHOCTALIN y GUEVARA. Diseño de la carretera San Bartolo, Maraypata, Agua Santa, distrito de Santo Tomas - provincia de Luya – Amazonas. Tesis (Ingeniero Civil). Perú. Universidad Cesar Vallejo (2015).
- CARRANZA y APOSTOL. Diseño para el mejoramiento de la carretera Huayllagual – Cruz Verde, distrito de Curgol, Sánchez Carrión – La Libertad. Tesis (Ingeniero Civil). Perú. Universidad Católica del Perú (2013).
- GÓMEZ. “Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del óvalo grau – Trujillo - La Libertad “Tesis (Ingeniero Civil). Perú. Universidad Privada Antenor Orrego (2014).

- MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones. Manual de Carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Lima. Perú. 2013.
- MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones. Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG-2018. Lima. Perú. 2014.
- MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima. Perú. 2014.
- INSTITUTO de Construcción y Gerencia: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas. Lima. Perú. (2005)
- MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones. Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras. Lima. Perú. 2016
- MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones. Manual de Seguridad Vial. Lima. Perú. 2017.
- MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones. Mantenimiento o Conservación Vial. Lima. Perú. 2014.
- MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones. Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Lima. Perú. 2013.
- MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones. Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG-2018. Lima. Perú. 2014.
- BELTRÁN, Álvaro. Libro de texto: Costos y Presupuestos. Instituto Tecnológico de Tepic. México. 2012.
- MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones. Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Lima. Perú. 2013.

- REGLAMENTO Nacional de Edificaciones: Norma CE.010 Pavimentos Urbanos. Lima. Perú. 2010.
- INSTITUTO Nacional de Estadística e Informática: Población y Vivienda. Perú. 2016
- PLAN Vial Departamental Participativo de La Libertad – Gobierno Regional de la Libertad - Perú. 2006
- ALVA y CAMPANA. “Diseño del Mejoramiento a Nivel de Asfaltado de la Carretera Curgos – Sarín, de la Provincia de Sánchez Carrión – La Libertad”. Trabajo de grado. Universidad Privada Cesar Vallejo, Perú, Trujillo. (2014).
- PASCAL. Analyser Les Mobilités et le Rayonnement des Villes. Les Cahiers Scientifiques du Transport. (1998).
- PATERSON, William, Road Deterioration and Maintenance Effects: Models for Planning and Management (World Bank) (Paperback). USA. (1987)
- AASHTO, Guide for design of pavement structures, Washington, D.C, American Association of State highway and transportation officials. (1993)

ANEXOS

A. RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO







B. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO





C. ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS





D. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. OBRAS PRELIMINARES

1.1. Cartel de identificación de la obra de 3.60 X 2.40 m

DESCRIPCIÓN

Confección de un cartel de obra de las siguientes dimensiones 3.60 m x 2.40 metros en el que se indicará la información básica siguiente:

Ítem de pago	Unidad de Pago
Cartel de identificación de la obra de 3.60 X 2.40 m	Metro cuadrado (m ²)

Fuente: AASHTO M-14

1.2. Movilización y desmovilización de equipos

DESCRIPCIÓN

El Contratista deberá realizar todo el trabajo de suministrar, reunir y transportar su organización de construcción completa al lugar de la obra antes de iniciar y al finalizar los trabajos.

Ítem de pago	Unidad de Pago
Movilización y desmovilización de equipos	Global (Glb)

Fuente: AASHTO M-14

1.3. Topografía y georreferenciación

DESCRIPCIÓN

En base a los planos y levantamientos topográficos del Proyecto, sus referencias y BMs, el Contratista procederá al replanteo general de la obra, en el que de ser necesario se efectuarán los ajustes necesarios a las condiciones reales encontradas en el terreno.

Tolerancias Fase de trabajo	Tolerancias Fase de trabajo	
	Horizontal	Vertical
Georreferenciación	1:100 000	± 5 mm.
Puntos de Control	1:10 000	± 5 mm.
Puntos del eje, (PC), (PT), puntos en curva y referencias	1:5 000	± 10 mm.
Otros puntos del eje	± 50 mm.	± 100 mm.
Sección transversal y estacas de talud	± 50 mm.	± 100 mm.
Alcantarillas, cunetas y estructuras menores	± 50 mm.	± 20 mm.
Muros de contención	± 20 mm.	± 10 mm.
Límites para roce y limpieza	± 500 mm.	--
Estacas de subrasante	± 50 mm.	±10 mm.
Estacas de rasante	± 50 mm.	± 10 mm.

Fuente: AASHTO M-14

Unidad de medida:

Ítem de pago	Unidad de Pago
Topografía y georreferenciación	Kilómetro (Km)

Fuente: AASHTO M-14

1.4. Mantenimiento de tránsito y seguridad vial

DESCRIPCIÓN

Las actividades que se especifican abarcan lo concerniente con el mantenimiento del tránsito en las áreas que se hallan en construcción durante el período de ejecución de obras. Los trabajos incluyen:

Señales Restrictivas	02 unid
Señales Preventivas	03 unid
Barreras o Tranqueras (pueden combinarse con barriles)	03 unid.
Conos de 70 cm. de alto	05 unid.
Lámparas Destellantes accionadas a batería o electricidad con sensores que los desconectan durante el día	03 unid.
Banderines	02 unid.
Señales Informativas	02 unid.
Chalecos de Seguridad, Silbatos	04 unid. c/u

Fuente: AASHTO M-14

MEDICIÓN

El Mantenimiento de Tránsito y Seguridad Vial se medirá por mes.

Ítem de pago	Unidad de Pago
Mantenimiento de tránsito y seguridad vial	Mes

Fuente: AASHTO M-14

1.5. Campamento provisional de la obra

DESCRIPCIÓN

Son las construcciones necesarias para instalar infraestructura que permita albergar a trabajadores, insumos, maquinaria, equipos, etc.

N° trabajadores	Inodoros	Lavatorios	Duchas	Urinario
1- 15	2	2	2	2
16 - 24	4	4	3	4
25 - 49	6	5	4	6
Por cada 20 adicionales	2	1	2	2

MEDICIÓN

La unidad de medición será el metro cuadrado (m²).

Ítem de pago	Unidad de Pago
Campamento provisional de la obra	Metro cuadrado (m ²)

Fuente: AASHTO M-14

2. MOVIMIENTO DE TIERRA**2.1. Desbroce y limpieza del terreno****DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en el roce y limpieza del terreno natural en las áreas que ocuparán las obras del proyecto vial y las zonas o fajas laterales reservadas para la vía, que se encuentren cubiertas de rastrojo, maleza, bosque, pastos, cultivos, etc., incluyendo la remoción de tocones, raíces, escombros y basuras, de modo que el terreno quede limpio y libre de toda vegetación y su superficie resulte apta para iniciar los demás trabajos.

MEDICIÓN

La unidad de medida del área del roce y limpieza será la hectárea (ha).

Ítem de pago	Unidad de Pago
Desbroce y limpieza del terreno	Hectárea (ha)

Fuente: AASHTO M-14

2.2. Excavación en material suelto**DESCRIPCIÓN**

Consiste en el conjunto de las actividades de excavar, remover, cargar, transportar hasta el límite de acarreo libre y colocar en los sitios de desecho, los materiales provenientes de los cortes

clasificados como material suelto, roca suelta y roca fija requeridos para la explanación y préstamos, indicados en los planos.

MEDICIÓN

La unidad de medida será el metro cúbico (m³).

Ítem de pago	Unidad de Pago
Excavación en material suelto	Metro cúbico (m ³)
Excavación en roca fracturada (suelta)	Metro cúbico (m ³)
Excavación en roca fija	Metro cúbico (m ³)

Fuente: AASHTO M-14

2.3. Relleno con material propio

DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la escarificación, nivelación y compactación del terreno o del afirmado en donde haya de colocarse un terraplén nuevo, previa ejecución de las obras de desmonte y limpieza, demolición, drenaje y sub-drenaje; y la colocación, el humedecimiento o secamiento, la conformación y compactación de materiales apropiados de acuerdo con la presente especificación, los planos y secciones transversales del proyecto y las instrucciones del Supervisor.

Requisitos de los Materiales

Condición	Partes del Terraplén		
	Base	Cuerpo	Corona
Tamaño máximo	150 mm	100 mm	75 mm
% Máximo de Piedra	30%	30%	.-
Índice de Plasticidad	< 11%	< 11%	< 10%

Fuente: AASHTO M-14

Además, deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- Desgaste de los Ángeles : 60% máx. (MTC E 207)
- Tipo de Material : A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5 y A-3

MEDICIÓN

La unidad de medida de relleno con material propio es metros cúbicos (m³).

Ítem de pago	Unidad de Pago
Relleno con material propio	Metro cúbico (m ³)

Fuente: AASHTO M-14

2.4. Perfilado y compactación de sub-rasante

DESCRIPCIÓN

El trabajo comprende el conjunto de actividades de escarificado, perfilado, nivelación y compactación de la sub-rasante en zonas de corte comprendidas dentro del prisma donde ha de fundarse la carretera.

MEDICIÓN

La unidad de medición será en metros cuadrados (m²)

Ítem de pago	Unidad de Pago
Perfilado y compactación de sub-rasante	Metros cuadrados (m ²)

Fuente: AASHTO M-14

3. AFIRMADO

3.1. Sub Base con Afirmado e = 0.10 m

DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de una o más capas de afirmado (material granular seleccionado) como superficie de rodadura de una carretera, que pueden ser obtenidos en forma

natural o procesados, debidamente aprobados, con o sin adición de estabilizadores de suelos, que se colocan sobre una superficie preparada.

Los requisitos de calidad que deben cumplir los materiales, deberán ajustarse a alguna de las siguientes franjas granulométricas, según lo indicado en la Tabla.

Tamiz	Porcentaje que pasa					
	A-1	A-2	C	D	E	F
50 mm (2")	100	—				
37,5 mm (1 1/2")	100	—				
25 mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (3/4")	65-100	80-100				
9,5 mm (3/8")	45-80	65-100	50-85	60-100		
4,75 mm (N.º 4)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2,0 mm (N.º 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 pm (N.º 40)	15-35	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
75 pm (N.º 200)	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

Fuente: AASHTO M-14

Además, deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

Desgaste Los Ángeles:	50% máx.	(MTC E 207)
Límite Líquido:	35% máx.	(MTC E 110)
Índice de Plasticidad:	4-9%	(MTC E 111)
CBR (1):	40% mín.	(MTC E 132)

Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1" (2,5 mm)

Ensayos y Frecuencias

Material o producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Afirmado	Granulometría	MTC E 204	C 136	T27	1 cada 750 m ³	Cantera(2)
	Límites de Consistencia	MTC E 111	D 4318	T89	1 cada 750 m ³	Cantera(2)
	Abrasión Los Angeles	MTC E 207	C 131	T96	1 cada 2.000 m ³	Cantera(2)
	CBR	MTC E 132	D 1883	T193	1 cada 2.000 m ³	Cantera(2)
	Densidad-Humedad	MTC E 115	D 1557	T180	1 cada 750 m ²	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	D 1556 D 2922	T191 T238	1 cada 250 m ²	Pista

Fuente: AASHTO M-14

Rugosidad

La rugosidad de la superficie afirmada, se medirá en unidades IRI, la que no deberá ser superior a 5 m/km.

Unidad de Pago

Ítem de pago	Unidad de Pago
Afirmado	Metro cuadrado (m ²)

Fuente: AASHTO M-14