



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“DISEÑO DE CARRETERA DE SEGUNDA CLASE Y
TERCERA CLASE SEGÚN DG 2018, HUANCAVELICA
2020”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título
profesional de:

Ingeniera Civil

Autora:

Maximiliana Karen Cuevas Rivas

Asesor:

Mg. Ing. Ruben K. Manturano Chipana

Lima - Perú

2021

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, porque siempre está conmigo en cada paso que doy, brindándome fortaleza para continuar y mantenerme en el camino correcto. A mi familia, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, siendo el pilar de mi vida

A esa persona que siempre estuvo para mí en la elaboración de este trabajo, mi esposo. Eres mi amor, mi fuerza y mi ilusión, deseo una larga vida a tu lado, porque eres un hombre especial y maravilloso.

Gracias hijo mío, por ser la fuente de mis energías y motivo de mi esfuerzo. Gracias por ser el motor de mi vida, siempre encendido, dispuesto a escucharme y comprenderme, por estar siempre conmigo sin ninguna condición, porque el saber que mi esfuerzo significa tu bienestar me motiva a seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Andrés Choque León, quien me dio la oportunidad de pertenecer al presente proyecto, con el cual eh desarrollado el trabajo por suficiencia profesional y por la orientación a fin de obtener un mayor desenvolvimiento en el campo laboral

A mi asesor el Ing. Rubén I. Manturano por el tiempo dedicado a lograr mis objetivos.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	10
RESUMEN EJECUTIVO.....	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	29
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	29
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	103
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMEDADIONES.....	242
REFERENCIAS.....	250

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	MATRIZ FODA DE LA EMPRESA TOPOMATIC E.I.R.L	17
TABLA 2	CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA EXISTENTE.	20
TABLA 3	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	21
TABLA 4	CLASIFICACIÓN SEGÚN FUNCIÓN	29
TABLA 5	CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO SANTA	61
TABLA 6	CARACTERÍSTICAS DE CENTRO POBLADO	62
TABLA 7	PARÁMETROS DE MEDICIÓN MÉTODO ESTÁTICO.	73
TABLA 8	GEORREFERENCIACIÓN DEL PROYECTO.....	77
TABLA 9	CUADRO DE RESUMEN POLIGONALES, TOLERANCIA Y ERROR.	88
TABLA 10	DESCRIPCIÓN DE LA TOPOGRAFÍA DE LA VIA EXISTENTE Y PROYECTADA	98
TABLA 11	DESCRIPCIÓN DE LA TOPOGRAFÍA DE LA VIA EXISTENTE Y PROYECTADA.	98
TABLA 12	LEVANTAMIENTO DE QUEBRADAS MAYORES Y MENORES.	99
TABLA 13	LEVANTAMIENTO DE EMPLAZAMIENTO DE ESTRUCTURAS	100
TABLA 14	RELACIÓN DE ESTRUCTURAS MAYORES.	101
TABLA 15	LEVANTAMIENTO DE DMES	101
TABLA 16	RESULTADOS Y COMPARACIÓN DE DISTANCIA TOPOGRÁFICA	106
TABLA 17	PUNTOS DE CONTROL.....	107
TABLA 18	CUADRO DE RESUMEN DE LOS BM`S.....	108
TABLA 19	CIRCUITOS DE NIVELACIÓN.	110
TABLA 20	CLASIFICACIÓN SEGÚN OROGRAFÍA.....	124
TABLA 21	ANCHOS MÍNIMOS DE DERECHO DE VÍA.....	126
TABLA 22	DERECHOS DE VIA.....	126
TABLA 23	TIPO DE CARRETERA Y LA OROGRAFÍA.	127
TABLA 24	DISTANCIA DE VISIBILIDAD	132
TABLA 25	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (METROS)	133
TABLA 26	DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARADA	133
TABLA 27	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES DOS SENTIDOS	134
TABLA 28	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PASO.	135
TABLA 29	TRAMOS RECOMENDADOS COMPLEMENTAR SEÑALIZACIÓN DE NO ADELANTAMIENTO.	136
TABLA 30	CUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE LOS ACCESOS	152
TABLA 31	LONGITUDES MÍNIMAS ADMISIBLE Y MÁXIMA	159
TABLA 32	LONGITUDES TANGENTES.....	160
TABLA 33	VALORES DE FRICCIÓN MÁXIMOS.....	163
TABLA 34	LONGITUD DE TRANSICIÓN.	166
TABLA 35	PENDIENTES MÁXIMAS DEL PROYECTO	187
TABLA 36	ÍNDICE K PARA EL CÁLCULO DE LA LONGITUD DE CURVA VERTICAL CONVEXA.....	189
TABLA 37	ÍNDICE PARA EL CÁLCULO DE LA LONGITUD DE CURVA VERTICAL CÓNCAVA	190
TABLA 38	VALORES DE FRICCIÓN MÁXIMO	198
TABLA 39	VALORES DEL PERALTE Y RADIO.	198
TABLA 40	ANCHOS MÍNIMOS DEL DERECHOS DE VÍA.	200
TABLA 41	DERECHOS DE VÍA.....	201
TABLA 42	CARACTERÍSTICAS DEL TALUD Y DESCRIPCIÓN DE MATERIALES.....	201
TABLA 43	BANQUETAS DE ENGRAPE.....	213
TABLA 44	UBICACIÓN DE PLAZOLETA DEL PROYECTO.	214
TABLA 45	UBICACIÓN DE PUENTES	216
TABLA 46	RELACIÓN DE MUROS PROYECTADOS	229
TABLA 47	RELACIÓN DE PASES VEHICULARES	230

TABLA 48 RELACIÓN DE PASES PEATONALES	230
TABLA 49 RELACIÓN DE ACCESOS	232
TABLA 50 TRAMOS RECOMENDADOS COMPLEMENTAR SEÑALIZACIÓN DE NO ADELANTAMIENTO	233
TABLA 51 PARÁMETROS DE DISEÑO.....	234
TABLA 52 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL.....	237
TABLA 53 TRAMOS RECOMENDADOS COMPLEMENTAR SEÑALIZACIÓN DE NO ADELANTAMIENTO	240

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	FICHA RUC DE LA EMPRESA TOPOMATIC E.I.R.L	13
FIGURA 2	CERTIFICADO DE VIGENCIA DE PODER DE LA EMPRESA.	14
FIGURA 3	ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	15
FIGURA 4	DEFINICIÓN DE FODA	16
FIGURA 5	SECCIÓN TÍPICA.	20
FIGURA 6	DATOS BÁSICOS DE LOS VEHÍCULOS DE DISEÑO	31
FIGURA 7	RANGOS DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO EN FUNCIÓN A LA CLASIFICACIÓN DE LA CARRETERA POR DEMANDA Y OROGRAFÍA.	32
FIGURA 8	VISTA SATELITAL DE LA RUTA DEL PROYECTO: “MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA SANTA INÉS – EMPALME RUTA 28D, VÍA LOS LIBERTADORES (PUENTE RUMICHACA).....	59
FIGURA 9	UBICACIÓN DEL TERRENO	61
FIGURA 10	INTERSECCIÓN DEL KM. 0+000.	62
FIGURA 11	INTERSECCIÓN EN Y, DE SANTA INÉS- HUANCVELICA	63
FIGURA 12	FIN DEL TRAMO PUENTE RUMICHACA	64
FIGURA 13	PUENTE DE HUAYTARÁ - AYACUCHO.....	64
FIGURA 14	VISITA DE CAMPO.....	65
FIGURA 15	MEDICIONES DEL ANCHO DE CALZADA.....	65
FIGURA 16	CUADRO DE COORDENADAS DE LA RED PRIMARIA DEL PROYECTO.....	76
FIGURA 17	RED GEODÉSICA PRIMARIA	76
FIGURA 18	FICHA RECEPTOR GPS DIFERENCIAL.....	77
FIGURA 19	FICHA TÉCNICA -RECEPTOR GPS GEODÉSICO.....	78
FIGURA 20	RED GEODÉSICA SECUNDARIA	80
FIGURA 21	EQUIPO DE NIVEL AUTOMÁTICO.....	90
FIGURA 22	REALIZANDO EL CONTROL VERTICAL	90
FIGURA 23	REALIZANDO LA NIVELACIÓN DEL TRAMO	91
FIGURA 24	ANCHO DE LA FRANJA DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	94
FIGURA 25	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL TRAMO	94
FIGURA 26	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL TRAMO	95
FIGURA 27	CUADRO DE COORDENADAS DE LA RED PRIMARIA DEL PROYECTO.....	103
FIGURA 28	CUADRADO DE COORDENADAS UTM Y TOPOGRAFÍA DE LA ZONA	104
FIGURA 29	COORDENADAS UTM VS COORDENADAS GEOGRÁFICAS.....	105
FIGURA 30	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL TRAMO Y SEPARADOS CASA 5KM ...	113
FIGURA 31	LEVANTAMIENTO DE LA ZONA URBANA DE PILPICHACA	114
FIGURA 32	LEVANTAMIENTO DE LA ZONA DE SANTA INES	114
FIGURA 33	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA URBANA DE HUAROCCO	115
FIGURA 34	DATOS BÁSICOS DE LOS VEHÍCULOS DE TIPO M UTILIZADOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE CARRETERAS SEGÚN REGLAMENTO NACIONAL DE VEHÍCULOS (D.S. N° 058-2003-MTC O EL QUE SE ENCUENTRE VIGENTE)	118
FIGURA 35	DATOS BÁSICOS DE LOS VEHÍCULOS DE DISEÑO	119
FIGURA 36	IMD TRÁFICO TOTAL PROYECTADO ESTACIÓN(E-01) SANTA INES PILPICHACA.....	119
FIGURA 37	IMD TRÁFICO TOTAL PROYECTADO ESTACIÓN (E-2).....	120
FIGURA 38	DATOS BÁSICOS DE LOS VEHÍCULOS DE DISEÑO.	124
FIGURA 39	RANGOS DE VELOCIDAD DE DISEÑO EN FUNCIÓN A LA CLASIFICACIÓN DE LA CARRETERA POR DEMANDA Y OROGRAFÍA.	127
FIGURA 40	PLANO DE ACCESO KM 3+220	138
FIGURA 41	PLANO DE ACCESO KM-4+460	139
FIGURA 42	PLANO DE ACCESO KM 6+060	140
FIGURA 43	PLANO DE ACCESO KM 6+580	141
FIGURA 44	PLANO DE ACCESO KM-4+460	142
FIGURA 45	PLANO DE ACCESO KM 6+690	143

FIGURA 46	PLANO DE ACCESO KM 6+720	144
FIGURA 47	PLANO DE ACCESO KM 12+470	145
FIGURA 48	PLANO DE ACCESO KM 17+760	146
FIGURA 49	PLANO DE ACCESO KM 17+890	146
FIGURA 50	PLANO DE ACCESO DE KM 20+010	147
FIGURA 51	PLANO DE ACCESO KM 21+480	148
FIGURA 52	PLANO DE ACCESO KM 25+230	149
FIGURA 53	PLANO DE ACCESO KM 25+375	150
FIGURA 54	PLANO DE ACCESO KM 28+300	151
FIGURA 55	PLANO DE ACCESO KM 28+790	152
FIGURA 56	LONGITUD MÍNIMA DE CURVA(L)	155
FIGURA 57	DEFLEXIÓN MÁXIMA ACÉPTALE SIN CURVA CIRCULAR	156
FIGURA 58	RADIOS MÍNIMOS Y PERALTES MÁXIMOS PARA DISEÑO DE CARRETERAS	162
FIGURA 59	LONGITUD MÍNIMA DE CURVA DE TRANSICIÓN.....	164
FIGURA 60	RADIOS CIRCULARES LÍMITES QUE PERMITEN PRESCINDIR DE LA CURVA DE TRANSICIÓN.	167
FIGURA 61	LONGITUD MÍNIMA DE TRANSICIÓN DE BOMBEO Y LONGITUD DE TRANSICIÓN DE PERALTE.....	169
FIGURA 62	SOBRESANCHO DE LA CURVA.....	172
FIGURA 63	VALORES DE SOBRESANCHO EN FUNCIÓN A L DEL TIPO DE VEHÍCULO DE DISEÑO.....	174
FIGURA 64	FACTORES DE REDUCCIÓN DEL SOBRESANCHO PARA ANCHOS DE CALZADA EN TANGENTE DE 7.20M.	175
FIGURA 65	DISTRIBUCIÓN DEL SOBRESANCHO EN LOS SECTORES DE TRANSICIÓN Y CIRCULAR.	177
FIGURA 66	SOBRESANCHO PARA LAS SIGUIENTES VELOCIDADES.....	178
FIGURA 67	SOBRESANCHO PARA LAS SIGUIENTES VELOCIDADES.....	180
FIGURA 68	DISTRIBUCIÓN DEL SOBRESANCHO EN LOS SECTORES DE TRANSICIÓN Y CIRCULARES.....	183
FIGURA 69	PENDIENTES MÁXIMAS	186
FIGURA 70	ANCHOS MÍNIMOS DE CALZADA EN TANGENTE.....	192
FIGURA 71	VALORES DE SOBRESANCHO EN FUNCIÓN A L DEL TIPO DE VEHÍCULO DE DISEÑO.....	193
FIGURA 72	ANCHOS DE BERMAS.	194
FIGURA 73	VALORES DEL BOMBEO DE LA CALZADA.....	197
FIGURA 74	SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA EN TANGENTE.....	212
FIGURA 75	DIMENSIONES MÍNIMAS Y SEPARACIÓN MÁXIMAS DE ENSANCHES DE PLATAFORMA	214
FIGURA 76	SECCIONES TÍPICAS.....	215
FIGURA 77	CUADRO DE SECCIONES TÍPICAS.....	216
FIGURA 78	POSICIÓN DE LA GEOMETRÍA DEL PUENTE.	217
FIGURA 79	PUENTES DE PAMPAS.....	217
FIGURA 80	PLANO DE PASE PROVISIONAL KM 17+670.....	218
FIGURA 81	PUENTE CARHUANCHO KM 19+790	219
FIGURA 82	PLANO DEL PUENTE CARHUANCHO	220
FIGURA 83	PLANO DE PASE PROVISIONAL KM 19+790.....	221
FIGURA 84	PLANO DE PUENTE DE JENHUAMAYO KM 25+280	222
FIGURA 85	PLANO DEL PUENTE JENHUAMAYO	222
FIGURA 86	PLANO DE PASE PROVISIONAL KM25+300.....	223
FIGURA 87	PLANO DE SECCIÓN TRANSVERSAL	225
FIGURA 88	PLANO DE DISEÑO DE CADA UNA DE LAS INTERSECCIONES	225
FIGURA 89	EMPALME PROYECTO SANTA INÉS – PTE RUMICHACA CON RUTA 28 A (VÍA LOS LIBERTADORES). KM 29+996.597.....	226
FIGURA 90	CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS	235

FIGURA 91 ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA) – 2015.....	236
FIGURA 92 PORCENTAJE VEHICULAR POR TIPO DE VEHÍCULOS.....	237
FIGURA 93 ANCHO DE BERMA.....	238
FIGURA 94 CUADRO DE SECCIONES TÍPICAS.....	238
FIGURA 95 PLANO DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL TRAMO	240

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	34
ECUACIÓN 2 RADIO MÍNIMO	39
ECUACIÓN 3 SOBREALCHO	43
ECUACIÓN 4 LONGITUD DE CURVA.....	46
ECUACIÓN 5 LONGITUD DE CURVA CUANDO $DA > L$	48
ECUACIÓN 6 PERALTE MÁXIMO	53
ECUACIÓN 7 ANGULO HORIZONTAL	82
ECUACIÓN 8 ANGULO VERTICAL.....	83
ECUACIÓN 9 CÁLCULO AUTOMÁTICO DE LOS ERRORES DE CURVATURA Y REFRACCIÓN.	84
ECUACIÓN 10 CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA.....	85
ECUACIÓN 11 COMPENSACIÓN DE CIERRE LINEAL	86
ECUACIÓN 12 LONGITUD DE CURVA MÍNIMA L.....	155
ECUACIÓN 13 RADIO MÍNIMO.	161
ECUACIÓN 14 PERALTE MÁXIMO,.....	168
ECUACIÓN 15 LONGITUD MÍNIMA.	168
ECUACIÓN 16 SOBREALCHO.	171
ECUACIÓN 17 SOBREALCHO (M)	173
ECUACIÓN 18 SOBREALCHO DESEADO EN CUALQUIER PUNTO.	176
ECUACIÓN 19 SOBREALCHO DESEADO EN CUALQUIER PUNTO (M).--2	176
ECUACIÓN 20 SOBREALCHO	179
ECUACIÓN 21 PERALTE MÁXIMO EN FUNCIÓN DE RADIO MÍNIMO.....	197

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de suficiencia profesional se realizó en la empresa TOPOMATIC E.I.R.L llevando a cabo proyectos de levantamiento topográfico y diseño geométrico de carreteras. Para el procesamiento de data se utiliza el programa CIVIL 3D, Google Earth, BIM Istram.

En esta investigación tiene como objetivo principal proponer un diseño de mejoramiento de carretera para mejorar la transitabilidad, accidentabilidad y calidad de vida de la población, acorde a las condiciones actuales y el diseño de factibilidad, empleando el manual de diseño de carreteras DG 2018, Huancavelica 2020.

Durante mi experiencia de trabajo en este proyecto pude evidenciar errores en cierres de controles horizontales y verticales, fallas en levantamiento topográfico, carreteras sin diseños que cumplan con la norma. Las competencias profesionales aplicadas son el aprendizaje activo, estrategias para reducir el tiempo.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las carreteras se convierten en el mayor medio de comunicación entre lugares diferentes que tiene la importancia y la necesidad para el desarrollo económico, social, político, etc. Con la innovación de varios medios de transporte, al ser de primer orden ha sido un objetivo general en varios de las regiones de Latinoamérica, como también en varios países optaron por invertir gran parte de sus ganancias en la rama de la construcción de vías de transporte para el crecimiento económico, hablar de carreteras es un camino público ancho y pavimentados para el paso de vehículos, o es un medio de comunicación para los pobladores. Una carretera es una obra de infraestructura que contribuye al desarrollo de una nación que la proyecta o construye.

Para la elaboración de un proyecto integral, el diseño de carreteras es la parte más fundamental, ya que a través de él se establecerá la geometría tridimensional, con la finalidad que sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente. En el presente trabajo se desarrollará un mejoramiento de diseño geométrico en el tramo, Este presenta varias deficiencias geométricas que producen maniobras peligrosas en las curvas cerradas, números accidentes de tránsito, retroceso e invasión del carril contrario durante la circulación. Motivos por el cual se realizará un mejoramiento de diseño geométrico según el manual de diseño geométrico 2018, propuesto por el Ministerio de transporte y comunicaciones que permite cumplir con los objetivos principales de una carretera.

1.1 Descripción de la empresa

TOPOMATIC E.I.R.L Es una empresa peruana independiente con numero de RUC 20506026301, formada en marzo de 2003, especializada en Servicios de Diseño vial

y topografía automatizada. Cuenta con un Staff de ingenieros y técnicos que asumen con mucha responsabilidad los proyectos, de la misma manera brindando soluciones optimas. La ciencia y experiencia están puestas a su servicio, ya que es una empresa joven, comprometida en brindar calidad, garantía y un buen servicio a sus clientes poniendo a su disposición soluciones prácticas y automáticas. Su objetivo es solucionar sus problemas y necesidades en topografía.

Figura 1 Ficha RUC de La Empresa TOPOMATIC E.I.R.L

FICHA RUC : 20506026301 TOPOMATIC E.I.R.L.	
Número de Transacción : 463477932 CIR - Constancia de Información Registrada	
Incorporado al Régimen de Buenos Contribuyentes (D. Leg 912) a partir del 01/02/2017 Mediante Resolución N° 0230050172039	
Información General del Contribuyente	
Apellidos y Nombres ó Razón Social	: TOPOMATIC E.I.R.L.
Tipo de Contribuyente	: 07-EMPRESA INDIVIDUAL DE RESR LTDA.
Fecha de Inscripción	: 22/02/2003
Fecha de Inicio de Actividades	: 01/03/2003
Estado del Contribuyente	: ACTIVO
Dependencia SUNAT	: 0021 - INTENDENCIA LIMA
Condición del Domicilio Fiscal	: HABIDO
Emisor electrónico desde	: 25/11/2019
Comprobantes electrónicos	: FACTURA (desde 25/11/2019),BOLETA (desde 07/07/2020)
Datos del Contribuyente	
Nombre Comercial	: -
Tipo de Representación	: -
Actividad Económica Principal	: 4390 - OTRAS ACTIVIDADES ESPECIALIZADAS DE CONSTRUCCIÓN
Actividad Económica Secundaria 1	: -
Actividad Económica Secundaria 2	: -
Sistema Emisión Comprobantes de Pago	: MANUAL
Sistema de Contabilidad	: MANUAL/COMPUTARIZADO
Código de Profesión / Oficio	: -
Actividad de Comercio Exterior	: SIN ACTIVIDAD
Número Fax	: -
Teléfono Fijo 1	: 5284988
Teléfono Fijo 2	: -
Teléfono Móvil 1	: - 990193580
Teléfono Móvil 2	: -
Correo Electrónico 1	: achoque@topomaticperu.com
Correo Electrónico 2	: consultas@topomaticperu.com
Domicilio Fiscal	
Actividad Economica	: 4390 - OTRAS ACTIVIDADES ESPECIALIZADAS DE CONSTRUCCIÓN
Departamento	: LIMA
Provincia	: LIMA
Distrito	: LOS OLIVOS
Tipo y Nombre Zona	: URB. LOS PARQUES DE VILLASOL
Tipo y Nombre Via	: -
Nro	: -
Km	: -
Nz	: A
Lote	: 19
Dpto	: -
Interior	: -
Otras Referencias	: 4TA ETAPA-ALT. CDRA. 57 AV. LAS PALMERAS
Condición del inmueble declarado como Domicilio Fiscal	: CESION EN USO.
Datos de la Empresa	
Fecha Inscripción RR.PP	: 07/02/2003
Número de Partida Registral	: 11469429
Tomo/Ficha	: -
Folio	: -
Asiento	: -
Origen del Capital	: NACIONAL
País de Origen del Capital	: -

Fuente: Sunat 2021

actualmente la empresa cuenta con un gerente general cuyos datos son:

ANDRES MARCOS CHOQUE LEON, identificado con DNI 32969078 como se

puede apreciar en los datos oficiales de la SUNARP de los representantes legales de la empresa:

Figura 2 *Certificado de Vigencia de Poder de la Empresa.*



Código de Verificación:
14486485
Solicitud N° 2021 - 3148567
15/07/2021 15:20:46

REGISTRO DE PERSONAS JURÍDICAS
LIBRO DE EMPRESAS INDIVIDUALES DE RESPONSABILIDAD LIMITADA

CERTIFICADO DE VIGENCIA

El servidor que suscribe, **CERTIFICA:**

Que, en la partida electrónica N° 11469429 del Registro de Personas Jurídicas de la Oficina Registral de LIMA, consta registrado y vigente el **nombramiento** a favor de CHOQUE LEON, ANDRES MARCOS, identificado con DNI. N° 32969078 , cuyos datos se precisan a continuación:

DENOMINACIÓN O RAZÓN SOCIAL: TOPOMATIC E.I.R.L.
LIBRO: EMPRESAS INDIVIDUALES DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
ASIENTO: A00001 - D0001
CARGO: TITULAR GERENTE

Fuente: Sunarp 2021

Misión:

TOPOMATIC E.I.R.L es una empresa que brinda, Servicios de Diseño vial y topografía automatizada nuestra prioridad es brindar soluciones integrales con la mejor calidad técnica e innovación tecnológica, nuestro servicio se basa en la satisfacción de los clientes.

Visión:

Posicionarse como empresa Diseño vial y topografía automatizada a nivel nacional.

Con el firme compromiso de brindar un servicio de calidad, tecnología de vanguardia y recursos humanos de excelencia, contribuyente al desarrollo del país.

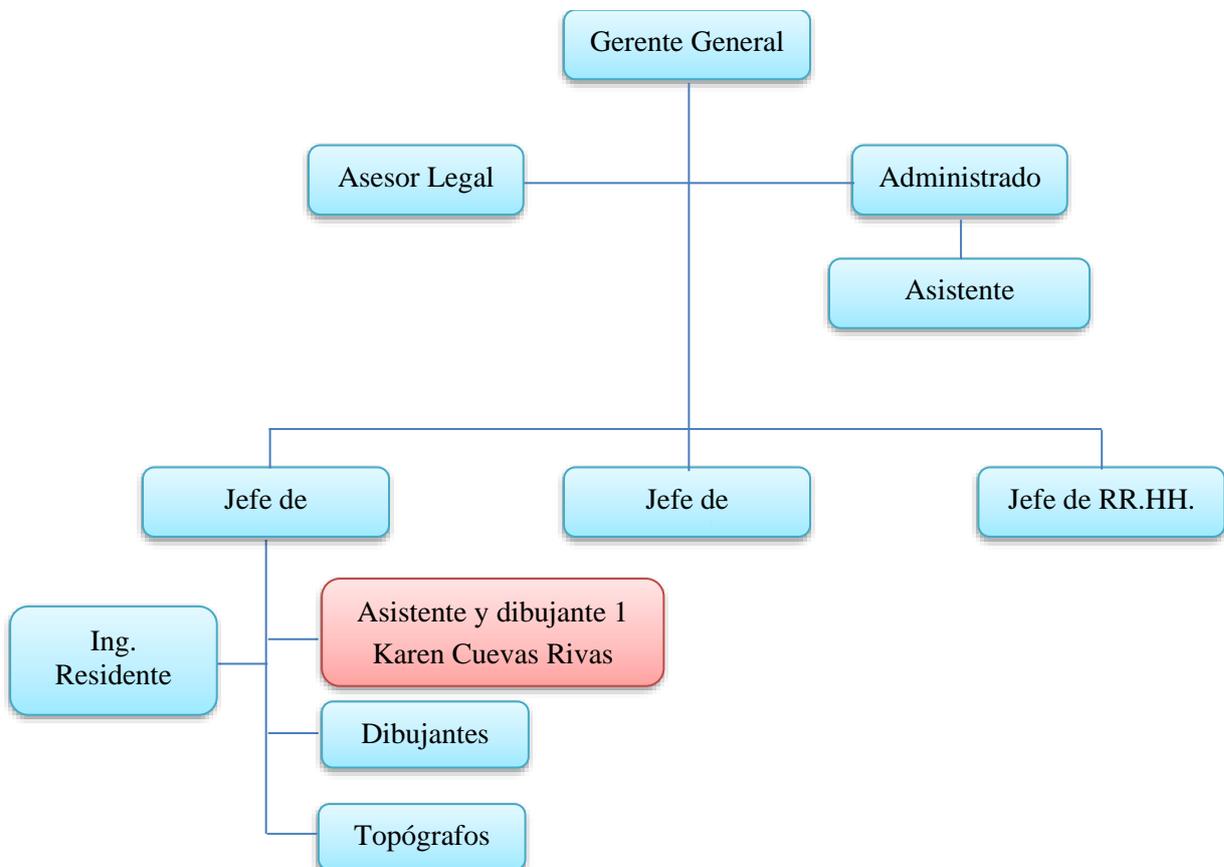
Valores principales:

Integridad: Cuenta con un staff de profesionales con ética y confiabilidad.

Excelencia: Constantemente la actualizan e innovación son prioridad, capacitando a nuestros colaboradores con las nuevas tecnologías que sirven de herramienta para brindar una mejor calidad en nuestros trabajos.

Organigrama:

Figura 3 Organigrama de la Empresa



Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE LA EMPRESA TOPOMATIC E.I.R.L MEDIANTE LA APLICACIÓN FODA

El análisis FODA, se representan el estudio de las fortalezas, Oportunidades, debilidades y amenazas de una empresa un mercado. TOPOMATIC E.I.R.L es una empresa que proporciona servicios de alta calidad, a tiempo y dentro de los presupuestos razonables. Se cuenta con un proceso de aseguramiento de la calidad e informes de múltiples niveles donde se garantiza los datos técnicos que se entrega a los clientes.

Figura 4 *Definición de FODA*

Fortalezas	Oportunidades
Debilidades	Amenazas

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 1 *Matriz FODA de la Empresa TOPOMATIC E.I.R.L*

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Contamos con suficiente experiencia en levantamientos topográficos ➤ Manejamos tecnología muy avanzada y software de última generación Hacernos trabajos de diversos tipos ➤ Equipos debidamente calibrados, lo cual cumple con los estándares de calidad 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Expansión en empresas mineras ➤ Hacer trabajos de grandes proyectos para darnos a conocer en el mercado. ➤ Reclutador personal y capacitarlo. ➤ Innovaciones Tecnológicas
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se tiene poco conocimiento en las zonas que pretendemos desarrollamos. ➤ Se tiene poco conocimiento en las zonas que pretendemos desarrollamos ➤ Falta de recursos económicos 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entradas de nuevas empresas extranjeras al país ➤ Empresas con mayor experiencia a la topografía ➤ Amenazas meteorológicas (Lluvias, nevadas, etc.) ➤ Aumenta la demanda de trabajo en la rama de transporte.

Fuente: *Elaboración Propia.*

1.2 Contextualización de la experiencia profesional

El tramo inicia en el km 0+200 (Santa Inés) y termina en Km. 29+996.597 (Emp Vía Los Libertadores, Puente Rumichaca), tiene una longitud de 29.800 km.

Para la georreferenciación se utilizó el método diferencial o estático, el cual consiste en colocar un equipo GPS que recibe datos de los satélites (Base) en un punto geodésico con coordenadas conocidas y un equipo GPS (rover) que recibe los datos del GPS Base en el punto con la finalidad de conocer las coordenadas absolutas.

Para establecer la Red Geodésica, se utilizó 01 punto Geodésico ERP del Instituto Geográfico Nacional (IGN): ERP Hv01 Huancavelica, cuya antena del receptor GPS está ubicada en el techo de la Dirección Regional de Transportes y Telecomunicaciones. Distrito, Provincia y Departamento de Huancavelica.

El control horizontal se estableció en 06 poligonales, cada poligonal de nuestro proyecto es una sucesión de líneas quebradas, conectadas entre sí en los vértices, donde se miden los ángulos horizontales en cada uno de los vértices y la distancia horizontal entre vértices consecutivos.

Para el control vertical, se ubicó el BM más cercano a la zona del proyecto, siendo este, el BM S-34-R, ubicado en el puente Huamaní (San Clemente – Pisco - Ica), en la carretera Antigua Panamericana Sur, del año 2010. La elevación de este punto es de 56.1054 msnm y en vista de la distancia de este punto al proyecto, se realizó una nivelación geodésica entre el BM del IGN, la estación de rastreo Permanente ERP-Hv01 y el primer punto geodésico del proyecto, el cual es el punto SIH-SIR-01, y en base a la cota ortométrica del SIR-01, por nivelación geométrica se ha trasladado la cota a los demás puntos del proyecto.

Los trabajos de trazo y topografía desarrollados en el presente estudio, han tenido en consideración lo establecido en los Términos de Referencia emitidos por PROVÍAS NACIONAL como Unidad Ejecutora del Pliego del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y en el Manual de Carreteras, Diseño Geométrico DG-2018, asimismo, se ha considerado las indicaciones de los estudios de Hidrología y Drenaje, Geología y Geotecnia, Suelos y Pavimentos, logrando tener un trazo acorde con los elementos precisados en los estudios estructuras, hidrología e hidráulica y de suelos y pavimentos, de forma de armonizar las diferentes especialidades y el diseño definido.

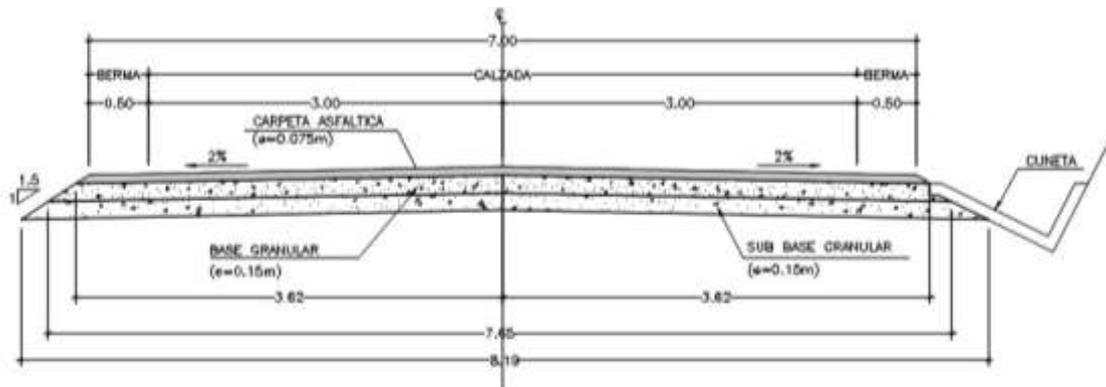
Para el desarrollo de los trabajos de Trazo y Topografía se ha utilizado para la planimetría el sistema de Coordenadas UTM-WGS84, obtenidas con equipos GPS diferencial, para el relleno topográfico se ha utilizado la topografía clásica con estación total y para la altimetría se usó un BM oficial IGN (Bench Mark).

En cuanto a los trabajos de trazo, éstos se han desarrollado teniendo en cuenta las características topográficas, el tráfico proyectado y el cumplimiento de las normas de diseño señaladas en el Manual de Carreteras, Diseño Geométrico DG-2018. El desarrollo de los trabajos de Trazo y Diseño Vial constituyen la parte más importante del Estudio, por lo que deberá elaborarse el diseño más apropiado que permita la circulación ininterrumpida de los vehículos de transporte de pasajeros y de carga, tratándose de conservar la misma velocidad directriz en la mayor longitud de la carretera que sea posible; para satisfacer al máximo los objetivos fundamentales como la funcionalidad, la seguridad, comodidad, la armonía, economía, etc., velando por la integridad física de los usuarios, desde ya contribuyendo al desarrollo socio económico en particular de la Región de Huancavelica.

Para el trazo se ha tenido en cuenta, el estudio de factibilidad del presente estudio.

Es dicho estudio se tuvo como resultado de su análisis la siguiente sección típica:

Figura 5 sección típica.



Fuente: Elaboración Propia.

Tal como se aprecia, el estudio de factibilidad considera una sección de 9.19m a nivel de subrasante, con diferentes velocidades de 30kph, 40kph, y 50kph.

Tal como lo indica el referido estudio y que ha sido comprobado, se encontró una vía existente con las siguientes características: Condiciones actuales

Tabla 2 características de la vía existente.

Parámetros		Sector 1 km 0+000 - 30+360
ELEMENTOS DE DISEÑO	Clasificación de la vía	Red Vial Nacional
	Topografía	Accidentado
	Velocidad de operación	Tipo 3 20 km/h
ALINEAMIENTO HORIZONTAL	Radio Mínimo	10
	Peralte	-
	Máxima Rural	

ALINEAMIENTO VERTICAL	Pendiente Máxima	14 %
SECCION TRANSVERSAL	Ancho de Calzada	3.5 – 5.5 m
	Bermas	-
	Bombeo	-
	Cuneta	0.50 m x 0.30 m
PAVIMENTO	Superficie Rodadura	Afirmado e=5 - 10 cm
	Estado de la vía	Regular a Malo

Fuente: Elaboración Propia

Los alcances que se obtuvo en el estudio de factibilidad son los siguientes: Diseño del Est. Factibilidad

Tabla 3 estudio de factibilidad

Parámetros	km 0+000 - 30+360
	Red Vial Nacional
	Tercera Clase
Clasificación de la vía	
Derecho de la Vía	20m (10 m a cada lado del eje de la vía)
Orografía	Accidentado
ELEMENTOS DE DISEÑO	Tipo 3
Velocidad de Diseño	40 km/h
ALINEAMIENTO HORIZONTAL	Radio Mínimo
	45 m
	Peralte Max – Rural
	12 %
ALINEAMIENTO VERTICAL	Pendiente Máxima (Excepcional)
	9 %
	Pendiente Mínima
	0.5 %
	Ancho de Carril
	3 m

SECCION TRANSVERSAL	Ancho de Calzada	6 m
	Bermas	0.50 m
	Bombeo	2.5%
	Cuneta	1.00 m x 0.50 m
PAVIMENTO	Flexible	Carpeta Asfáltica Caliente

Fuente: *Elaboración Propia*

Es así que con las características del estudio de factibilidad se recogió parámetros de partida que permitiesen definir el eje en campo, siendo estas las siguientes:

- Calzada de 6.0m
- Bermas de 0.50m a cada lado
- Sobreanchos
- Ancho a nivel de subrasante de 8.19m

Con la sección vial, 7m (calzada más bermas) y una estimación de 2m de sobreancho, se estima trazar un eje que se aleje 4 a 4.5m del borde de la calzada hacia el corte.

Teniendo en cuenta que la sección existente analizadas en el estudio de factibilidad se puede tener una idea de que se tendrá cerca de 4 a 5m de calzada en corte y 1.5m de cuneta, también en corte.

Es así como el eje que se trace estará aproximadamente a 5.0m del borde de la calzada existente preferentemente por método directo.

1.3 Antecedentes

En el presente trabajo de suficiencia profesional se tiene antecedentes que nos ayudan a un mejoramiento de diseño geométrico de carreteras, que nos favorecen en la disminución de la accidentalidad.

Esta investigación presenta parámetros a tener en consideración para el diseño geométrico de carreteras, obteniéndose un grado de seguridad vial óptimo. Los mismos son analizados y explicados con detenimiento, mostrando su importancia en la infraestructura vial. Para ello, es relevante describir las posibles causas de riesgo y accidentalidad que se pueden presentar ante la omisión de los mismos, con lo que también resulta importante exponer la responsabilidad ingenieril ante la consideración de estos elementos, haciendo clara la necesidad de considerar una verdadera gestión de seguridad (Barrera,2012).

García, Delgado y Díaz (2012) comentan que es fundamental para el diseño de carretera los aspectos relativos que influye la accidentalidad. Para un mejor diseño es a partir de la consistencia del trazado (...) Cuba no cuenta con modelos propios que consideren las características de las carreteras y los conductores, por lo que es necesario desarrollar modelos de predicción de velocidades para la evaluación de la consistencia del trazado. El desarrollo de modelos de predicción del perfil de velocidades de operación para diferentes condiciones de alineación en carreteras rurales de dos carriles en el contexto de Cuba, se efectúa a partir de características geométricas y velocidades puntuales, con análisis estadístico de las principales variables que relacionan la velocidad con el diseño (Díaz et al.,2012).

Define que geoméricamente, una carretera es un cuerpo tridimensional totalmente irregular, lo que en un principio hace complicada su representación, sin embargo, posee una serie de particularidades que simplifican y facilitan su estudio, estas particularidades permiten la adopción de un sistema de representación relativamente sencillo, de fácil interpretación y muy útil desde el punto de vista constructivo (Bañon,2002).

El diseño geométrico es una de las partes más importantes de un proyecto de carretera y a partir de diferentes elementos y factores, internos y externos, se configura su forma definitiva de modo que satisfaga de la mejor manera aspectos como la seguridad, la comodidad, la funcionalidad, el entorno, la economía, la estética y la elasticidad. (Agudelo,2002, p.72)

Bajo esta idea se construye el concepto de velocidad de diseño (Fitzpatrick et al., 2000). Esta, se define como la máxima velocidad segura que puede mantenerse en una sección de carretera cuando las condiciones son tan favorables que sólo la condicionan las características de diseño.

Para reducir los accidentes se debe de tener un óptimo diseño de carreteras a nivel mundial. Barrera (2012) afirma:

Reducir la tasa de accidentalidad en las Vías de un país es tan importante como la necesidad de construir y mantener las mismas, para permitir comunicar las diferentes regiones, mejorando así la economía de una zona, (...) se han estudiado y contemplado a nivel mundial y durante muchos años algunos parámetros que maximicen los trazados brindando no solo calidad y comodidad a la marcha, sino también un nivel óptimo de seguridad en el recorrido. (p.2)

Para garantizar un buen diseño se debe de tener en cuenta varios parámetros para brindar un nivel óptimo de seguridad.

Además, de acuerdo con Lam et al. (2001) existen tres criterios para mejorar la tasa de accidentes; el diseño de elementos sea consistente, exista armonía entre la velocidad de diseño y la velocidad de operación, especialmente en condición crítica cuando el pavimento esté mojado; y por último que el diseño geométrico garantice o promueva la comodidad y seguridad para el conductor.

Altamira, Graffigna y marcet (2020) El diseño geométrico de caminos se genera a partir de la adopción de una serie de factores que influyen en él y a partir de los cuales se desprenden todas las características geométricas visibles del proyecto final. Entre esos factores se tiene a la velocidad directriz o de diseño, la que es seleccionada en función de la topografía y del volumen de tránsito que recorrerá el camino cuando se termine su construcción.

García, Camacho, Pérez, Moreno y Llorca (2013) El actual proceso de diseño geométrico presenta ciertas carencias, derivadas principalmente de cómo se consideran las diferentes velocidades en el proceso. Tal y como ha sido descrito, el hecho de que la carretera se ajuste a los criterios marcados por las normas o guías de diseño no necesariamente garantiza su seguridad.

El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal, está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente. El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible. (Correa, 2017, p.19)

Las altas exigencias y estándares de calidad con las que trabajan muchas empresas constructoras en lo referente al control del Diseño Geométrico, nos orienta a capacitarnos en las correctas prácticas, conceptos y teorías en el campo de la topografía que nos permitan desarrollar de manera adecuada los planteamientos, cálculos y obtención de datos finales (Poligonal de Apoyo) que nos facilite llevar de

manera óptima y eficiente el control del Diseño Geométrico en la ejecución y construcción de Carreteras.(De la cruz,2021.p13)

Torres y Garzón (2020) Comenta que el mal diseño de una infraestructura vial no hace posible el adecuado desarrollo de la región de un país. Este déficit podría generar el lento crecimiento económico de la región, debido a la falta de integración de los mercados locales (distritos, provincias o centros poblados) con los centros económicos más relevantes, como las capitales departamentales.

Según Falen (2016) afirma que los accidentes de tránsito constituyen una de las principales causas de muerte en el país. Aunque en todo el país los choques y despistes de buses son los casos más comunes, la incidencia de los accidentes y el grado de siniestralidad están diferenciados por zonas. En las vías del norte –que incluyen la Panamericana Norte, la carretera de penetración hacia Huaraz, las rutas de la sierra liberteña, Cajamarca y Chota– ocurrieron el 27% de los accidentes. El 19% restante se presentó en la Carretera Central y las rutas que conectan la selva.

1.4 Formulación del Problema

1.4.1 Problema General

¿De qué manera el diseño geométrico de carretera de segunda y tercera clase según el DG 2018, mejorará las condiciones de transitabilidad, accidentabilidad y calidad de la población?

1.4.2 Problema Especifico

¿De qué manera la georreferenciación influye en el diseño geométrico de carretera de segunda clase y tercera clase según DG 2018, Huancavelica 2020?

¿De qué manera el control horizontal y control vertical influye en el diseño geométrico de carretera de segunda clase y tercera clase según DG 2018, Huancavelica 2020?

¿De qué manera el estudio topográfico influye en el diseño geométrico de carretera de segunda clase y tercera clase según DG 2018, Huancavelica 2020?

¿Cuál de los criterios y recomendación serán necesarios para determinar el trazo de la carretera de segunda clase y tercera clase según DG 2018, Huancavelica 2020?

1.5 Justificación

Justificación teórica

Este trabajo se realiza con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre diseño de carreteras según la norma DG 2018, Huancavelica 2020. Reforzando los conceptos teóricos sobre la rama de carreteras, cuyos resultados pueden ser utilizados.

Justificación metodológica

Al aplicar este diseño geométrico de carreteras según la norma DG 2018, se podrá evidenciar los procedimientos de la georreferenciación, topografía, trazo y diseño vial. Son muy importantes ya que en la universidad nos enseñan por separado, puede ayudar a los estudiantes con sus clases educativas para un adecuado levantamiento topográfico y diseño vial.

Justificación Practica

La implementación de este trabajo está realizada por etapas para un correcto diseño geométrico desde inicio a fin, optimizará el desempeño, rendimientos en tiempo de

ejecución, generando un buen diseño para mejorar la transitabilidad y mejorar la calidad de vida.

1.6 Limitaciones

Las limitaciones es la zona para los equipos topográficos, distancia para trasladarse hasta el lugar de los trabajos, los factores climatológicos, ausencia de personal calificado.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

Proponer un diseño de mejoramiento de carretera para mejorar la transitabilidad, accidentabilidad y calidad de vida de la población, permanente acorde a las condiciones actuales y el diseño del estudio de factibilidad, empleando el manual de diseños de carreteras DG 2018

1.7.2 Objetivo Especifico

- Realizar una Georreferenciación, con el objetivo de conocer el trazo, perfil longitudinal y secciones transversales del tramo de estudio
- Realizar un control horizontal y vertical, con el objetivo de conocer el trazo, perfil longitudinal y secciones transversales del tramo de estudio
- Realizar un estudio topográfico, con el objetivo de conocer el trazo, perfil longitudinal y secciones transversales del tramo de estudio
- Indicar los criterios y recomendaciones establecidas por el Manual de Diseño geométrico de carreteras DG 2018

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo reúne los parámetros y herramientas necesarias para poder realizar la propuesta de diseño geométrico de la carretera en mención. Con el fin de garantizar la seguridad y conformidad de la misma, que son exigidas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

2.1 BASES TEORICAS

2.2.1. PARAMETROS DEL DISEÑO GEOMETRICO

Las carreteras son infraestructuras de transporte cuyo propósito es permitir la circulación de vehículos, especialmente acondicionada dentro de una franja de terreno denominada derecho de vía.

2.2.1.1 Clasificación

Es importante definir la clasificación de la carretera para direccionar correctamente los parámetros geométricos.

Según su demanda las carreteras se clasifican bajo el IMDA (Índice máximo diario Anual).

Tabla 4 Clasificación Según Función

		IMD A veh/d/ ia	Separador central mínimo	Carri les	Ancho carril míni mo	Plazolet a de cruz e
Autopista	Clase I	>6000	6	2 o más	3.6	-
	Clase II	4001 - 6000	6	2	3.6	
	Clase I	2001 -	-	2	3.6	

Carretera	4000				
Clase II	400 - 2000	-	2	3.3	
Clase III	< 400	-	2	3	
Trocha carrozable	< 200	-	1	4	cada 500 m

Fuente: Elaboración propia

2.2.1.2 Vehículos de diseño

Los vehículos de diseño constituyen la base para establecer las características del diseño geométrico. Es por ello, que se debe seleccionar el tamaño representativo dentro de cada grupo para su uso en el proyecto, los vehículos seleccionados están destinados a distintos usos en función de su peso, dimensiones y características de operación.

Según el manual de diseño geométrico 2014, los tipos de vehículos definen distintos aspectos del dimensionamiento y estructura de una carretera.

Así, por ejemplo:

- El ancho del vehículo adoptado incide en el ancho del carril de las bermas y de los ramales.
- La distancia entre los ejes influye en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles en los ramales.

- La relación de peso bruto total/potencia guarda relación con el valor de pendiente admisible e incide en la determinación de la necesidad de una vía adicional para subida y, para los efectos de la capacidad, en la equivalencia en vehículos ligeros.

En la siguiente tabla se indica los tipos de vehículos de diseño.

Figura 6 Datos Básicos de los Vehículos de Diseño

Tabla 202.01
Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras
Según Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente)

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho Total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.75	4.05	13.70
Ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.30	2.60	6.70 / 1.90 / 4.00	3.10	12.80
Semirremolque simple (T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	6.00 / 12.50	0.80	13.70
Remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	10.30 / 0.80 / 2.15 / 7.75	0.80	12.80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.40 / 6.80 / 1.40 / 6.80	1.40	13.70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.45 / 5.70 / 1.40 / 2.15 / 5.70	1.40	13.70
Semirremolque simple (T3S3)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	5.40 / 11.90	2.00	1

Fuente: Extraída del manual DG-2018

2.2.1.3 Velocidad de diseño

La velocidad de diseño o también conocida como velocidad directriz es un dato usado para determinar las características geométricas de una carretera nueva durante el proyecto y condicionará todas las características geométricas de la vía.

Dicha velocidad será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera. En el proceso de asignación de la velocidad de diseño, se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad vial de los usuarios.

En la presente tabla se establece una relación muy práctica entre la clasificación por tráfico (IMDA) y su orografía.

Figura 7 Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

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

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

Fuente: Extraída del manual DG-2018

2.2.1.4 Velocidad de marcha

Como velocidad de cruceo, es resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento, bajo las condiciones prevalecientes de tránsito, la vía y los dispositivos de control; es deseable que la velocidad de marcha de una gran parte de los conductores, sea inferior a la velocidad de diseño.

Figura 8 *Velocidades de Marcha teóricas en función de la velocidad de diseño (km)*

Tabla 204.02
Velocidades de marcha teóricas en función de la velocidad de diseño (km)

Velocidad de diseño	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0	130.0
Velocidad media de marcha	27.0	36.0	45.0	54.0	63.0	72.0	81.0	90.0	99.0	108.0	117.0
Rangos de velocidad media	25.5 @ 28.5	34.0 @ 38.0	42.5 @ 47.5	51.0 @ 57.0	59.5 @ 66.5	68.0 @ 76.0	76.5 @ 85.5	85.0 @ 95.0	93.5 @ 104.5	102.0 @ 114.0	110.5 @ 123.5

Fuente: Extraída del manual DG-2018

2.2.1.5 Distancia de visibilidad

Es la longitud continua hacia delante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras que necesite realizar.

- Visibilidad de parada
- Visibilidad de paso o adelantamiento

- Visibilidad de cruce con otra vía

Distancia de visibilidad de parada

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

La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 1 *Distancia de Visibilidad de Parada*

$$D_p = \frac{V \cdot t_p}{3.6} + \frac{V^2}{254(f \pm i)}$$

Donde:

D_p : Distancia de visibilidad de parada (m)

V : Velocidad de parada (m)

T_p : Tiempo de percepción + reacción (s)

f : coeficiente de fricción, pavimento húmedo

i : pendiente longitudinal (tanto por uno)

$\pm i$: subidas respecto al sentido de circulación.

En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será mayor igual a la distancia de visibilidad de parada. La siguiente tabla muestra las distancias de visibilidad de parada, en función de las velocidades de diseño y de la pendiente.

Figura 9 *Distancia de visibilidad de parada con pendiente (metros)*

Tabla 205.01 -A
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

La distancia de visibilidad de parada también podrá determinarse de la **Figura 205.01**

Fuente: Extraída del manual DG-2018

2.2.2. DISEÑO GEOMETRICO

2.2.2.1 Alineamiento horizontal

También conocido como diseño geométrico en planta están constituidos por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura. El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos,

tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor parte de la carretera.

2.2.2.1.1 Tramo tangente

Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente en función a la velocidad de diseño, son las siguientes:

Figura 10 Longitudes de tramos en tangente

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

Dónde:

- $L_{\text{mín.s}}$: Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).
- $L_{\text{mín.o}}$: Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).
- $L_{\text{máx}}$: Longitud máxima deseable (m).
- V : Velocidad de diseño (km/h)

Las longitudes de tramos en tangente presentada en la [Tabla 302.01](#), están calculadas con las siguientes fórmulas:

$$L_{\text{mín.s}} : 1.39 V$$

$$L_{\text{mín.o}} : 2.78 V$$

$$L_{\text{máx}} : 16.70 V$$

Fuente: Extraída del manual DG-2018

2.2.2.2.1 Curvas circulares

Son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas.

Elementos de la curva circular

Los elementos y nomenclatura de las curvas horizontales circulares son las siguientes:

P.C. : Punto de inicio de la curva

P.I. : Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas

P.T. : Punto de tangencia

E : Distancia a externa (m)

M : Distancia de la ordenada media

(m)R: Longitud del radio de la curva (m)

T : Longitud de la Subtangente (P.C a

P.I y P.I a P.T.) (m)L : Longitud de la curva (m)

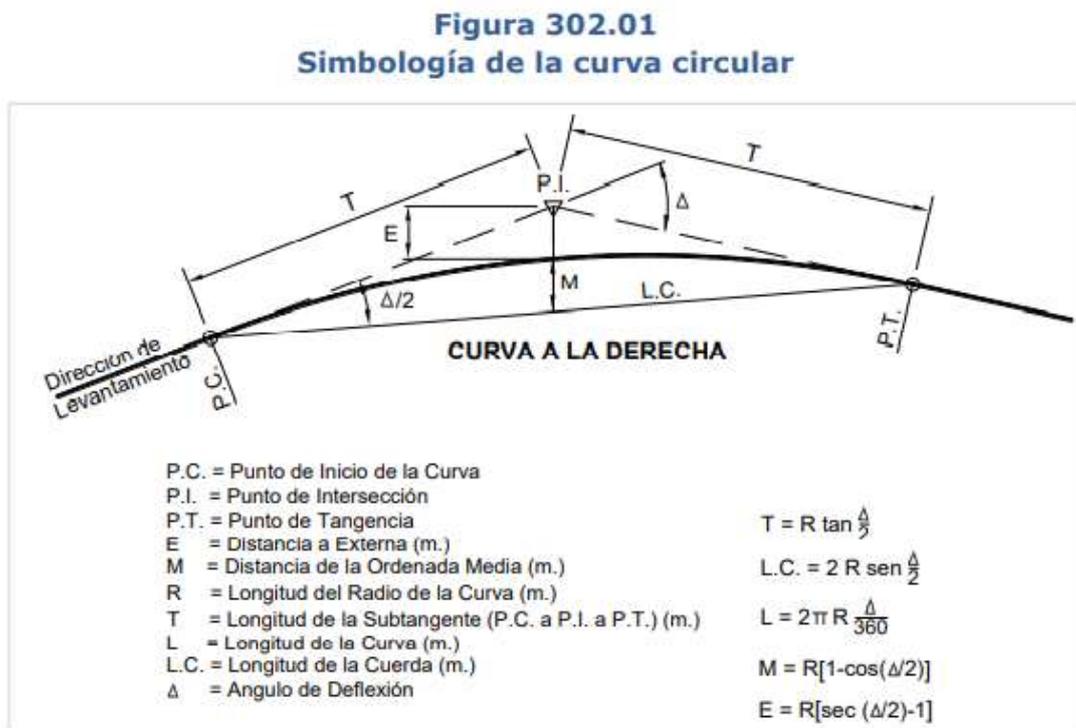
L.C : Longitud de la cuerda (m)

Δ : Ángulo de deflexión ($^{\circ}$)

P : Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)

Sa : Sobreebancho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva.

Figura 11 Simbología de la curva circular



Fuente: Extraída del manual DG-2018

Radios mínimos

Son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasamáxima de peralte, en condiciones de seguridad y comodidad.

Para el cálculo de los radios mínimos se puede utilizar la siguiente ecuación:

Ecuación 2 Radio Mínimo

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

Donde:

R_{min} : Radio mínimo
V : Velocidad de diseño

e_{max} : Peralte máximo

f_{max} : Coeficiente de fricción transversal

Los valores de fricción transversal se encuentran en la siguiente tabla:

Figura 12 *Fricción transversal máxima en cuevas*

Tabla 302.03

Fricción transversal máxima en curvas

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

Fuente: Extraída del manual DG-2018

2.2.2.3.1 Curvas de vuelta

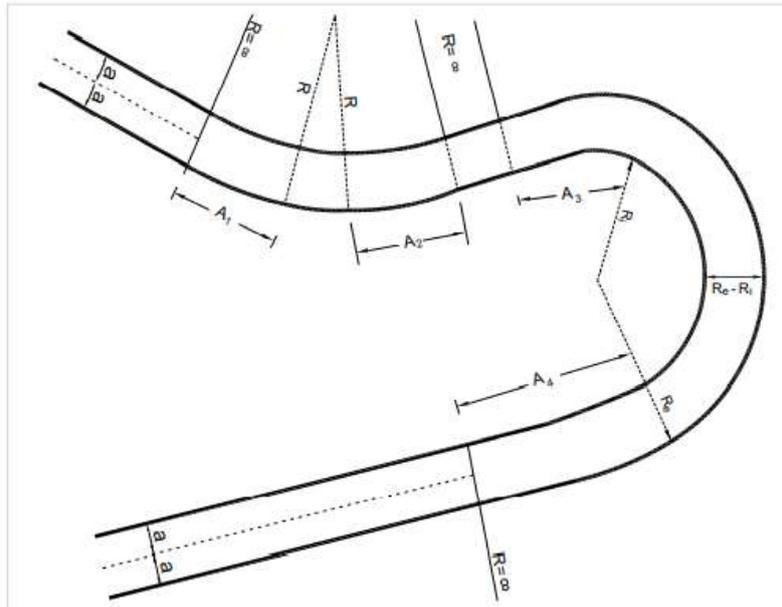
Son aquellas que se proyectan sobre una ladera, en terrenos accidentados, con el propósito de alcanzar una cota mayor y que no son posibles lograr mediante trazados alternativos.

Deberán tener como radio mínimo 20m.

En tal sentido, la curva de vuelta quedará definida por dos arcos circulares de radio interior “Ri” y radio exterior “Re”.

Figura 13 *Curvas de vuelta*

Figura 302.13



La **Tabla 302.12**, contiene los valores posibles para " R_i " y " R_e " según las maniobras de los vehículos tipo que se indican a continuación:

- T2S2 : Un camión semirremolque describiendo la curva de retorno. El resto del tránsito espera en la alineación recta.
- C2 : Un camión de 2 ejes puede describir la curva simultáneamente con un vehículo ligero (automóvil o similar).
- C2 + C2 : Dos camiones de dos ejes pueden describir la curva simultáneamente.

Fuente: Extraída del manual DG-2018

2.2.2.4.1 Transición de peraltes

En carreteras de tercera clase, se tomarán los valores de la siguiente tabla.

Figura 14 *Transición de peralte*

Tabla 302.13

Velocidad de diseño (Km/h)	Valor del peralte						Longitud mínima de transición de bombeo (m)**
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	Longitud mínima de transición de peralte (m)*						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	58	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	33	44	55	66	11
60	12	24	36	48	60	72	12
70	13	26	39	52	65	79	13
80	14	29	43	58	72	86	14
90	15	31	46	61	77	92	15

* Longitud de transición basada en la rotación de un carril

** Longitud basada en 2% de bombeo

Fuente: *Extraída del manual DG-2018*

2.2.2.5.1 Sobreancho

Las secciones en curva horizontal, deberán ser provistas del sobreancho necesario para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos. Los sobreanchos son necesarios para mantener el vehículo dentro del carril en tramos curvos²⁰.

Según el manual de diseño geométrico DG2014, la necesidad de un sobreancho se debe a la holgura adecuada ente

vehículos sobre una vía bidireccional. A
continuación, se muestra la ecuación para

Ecuación 3 Sobreancho

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

el cálculo del sobreancho.

Donde:

Sa : Sobreancho

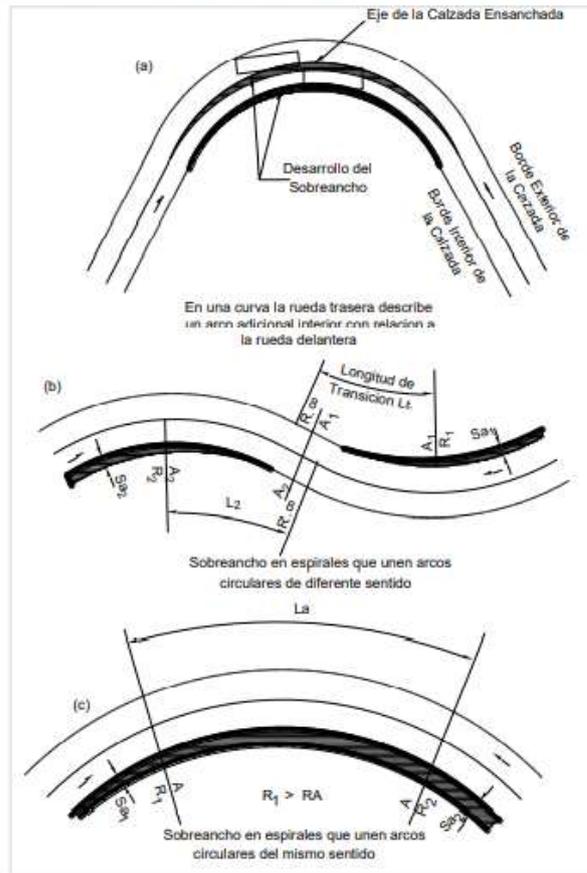
N : Número de carriles

R : radio (m)

L : Distancia entre eje posterior y
parte frontal

V : Velocidad de diseño (km/h)

Figura 15 *Sobreancho en curvas, espirales*



Fuente: Extraída del manual DG-2018

2.2.2.2 Alineamiento vertical

El perfil longitudinal está conformado por la rasante que a su vez está constituido por un conjunto de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos, a los cuales a dichas rectas se les denomina tangentes. Las curvas verticales se proyectan, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la

pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida.

2.2.2.2.1 Pendiente

Es conveniente proveer una pendiente mínima de 0.5% a fin de asegurar en toda la calzada un drenaje eficiente.²²

En cuanto a pendientes máximas para zonas mayores de 3000 m.s.n.m son las siguientes.

Figura 16 Pendientes máximas (%)

Tabla 303.01
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																				
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
60 km/h					6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00		
70 km/h			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	7.00	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	5.00	6.00	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	5.00	6.00	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																			

Notas:

- 1) En caso que se desee pasar de carreteras de Primera o Segunda Clase, a una autopista, las características de éstas se deberán adecuar al orden superior inmediato.
- 2) De presentarse casos no contemplados en la presente tabla, su utilización previo sustento técnico, será autorizada por el órgano competente del MTC.

Fuente: Extraída del manual DG-2018

2.2.2.2.2 Curvas verticales

Las curvas verticales son definidas por el parámetro K que es la relación entre la longitud de la curva y el valor absoluto de la diferencia de pendientes. Las curvas pueden ser convexas o cóncavas. A continuación, se muestra la ecuación para el cálculo de la longitud de la curva.

Ecuación 4 *Longitud de Curva*

$$K = L/A$$

Donde:

K: Parámetro de curvatura

L: Longitud de la curva vertical

A: Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

2.2.2.2.2.1 Longitud de las curvas convexas

La longitud de las curvas verticales convexas, se determina con las siguientes formulas:

Figura 17 *Fórmula de las curvas convexas*

Cuando : $D < L$

$$L = \frac{A D^2}{120 + 3.5D}$$

Cuando : $D > L$

$$L = 2D - \left(\frac{120 + 3.5D}{A} \right)$$

Dónde:

D : Distancia entre el vehículo y el punto dónde con un ángulo de 1° , los rayos de luz de los faros, interseca a la rasante.

Fuente: Extraída del manual DG-2018

Figura 19 *Formula de la longitud de la curva vertical (m)*

Adicionalmente, considerando que los efectos gravitacionales y de fuerzas centrífugas afectan en mayor proporción a las curvas cóncavas, se aplicará la siguiente fórmula:

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

Dónde:

V : Velocidad de proyecto (km/h)

L : Longitud de la curva vertical (m)

A : Diferencia algebraica de pendientes (%)

Fuente: Extraída del manual DG-2018

2.2.2.3 Secciones transversales

Consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal. Las secciones transversales están compuestas por carriles, calzada, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios.

Figura 21 *Anchos mínimos de calzadas en tangente*

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			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30km/h																				
40 km/h															6.60	6.60	6.60	6.60	5.00	5.00
50 km/h											7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	5.00	5.00
60 km/h					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	6.60		6.60	6.60		
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			6.60	6.60		
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60		
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20							
110 km/h	7.20	7.20			7.20															
120 km/h	7.20	7.20			7.20															
130 km/h	7.20																			

Notas:

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

Fuente: Extraída del manual DG-2018

2.2.2.3.2 Bermas

Son utilizadas como secciones de seguridad que tiene una orientación paralela a la calzada. Según el manual DG 2014 el ancho de la berma está en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía.

Figura 22 Ancho de bermas

Tabla 304.02
Ancho de bermas

Clasificación	Autopista				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																				
40 km/h																	1.20	1.20	0.90	0.50
50 km/h									2.60	2.60			1.70	1.70	1.70	1.70	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	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	3.00	3.00	3.00		2.00	2.00			1.20	1.20		
90 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20		
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00				2.00							
110 km/h	3.00	3.00			3.00															
120 km/h	3.00	3.00			3.00															
130 km/h	3.00																			

Fuente: Extraída del manual DG-2018

2.2.2.3.3 Bombeos

El bombeo es la inclinación mínima que posee la calzada. Este depende del tipo de rodadura y niveles de precipitación.

Figura 23 Valores del bombeo de la calzada

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

Fuente: Extraída del manual DG-2018

2.2.2.3.4 Peralte

Con fines de contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo se agrega un peralte a la calzada. Sin embargo, no siempre es necesario el peralte. Para velocidades de 40,60 y 80 cuyos radios serán 3.50m y para velocidades mayores a 100 cuyo radio es 7.50 no es necesario aplicarlo.

El peralte máximo se obtiene bajo la siguiente ecuación.

Ecuación 6 *Peralte Máximo*

$$p = \frac{V^2}{127R} - f$$

Donde:

p: Peralte máximo

V: Velocidad de diseño

R: Radio mínimo absoluto

f : Coeficiente de fricción lateral

2.2.2.3.5 Derecho de vía

El MTC la denominada también faja de dominio. El derecho de vía depende de la clasificación de la vía. En algunos casos se incrementan 5m del borde superior de los taludes, pie de terraplenes, borde de obras de drenaje, borde exterior de los caminos de servicio.

Figura 24 *Anchos mínimos de derecho de vía*

Tabla 304.09
Anchos mínimos de Derecho de Vía

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

Fuente: Extraída del manual DG-2018

2.2.3. HERRAMIENTAS APLICADAS

2.2.5.1 Autocad civil 3D

El presente software permite generar las curvas de nivel a partir de puntos levantados en el estudio topográfico. Para poder, a partir de ellas, generar la superficie a trabajar. Además, permite el trazo de la propuesta, incorporando los elementos del alineamiento vertical, horizontal y secciones transversales. Finalmente, permite cuantificar los volúmenes de corte y relleno generados a partir de la propuesta.

2.2.5.2 Vehicle tracking

Este software permite la modelación del vehículo de diseño sobre la carretera propuesta, teniendo en cuenta las longitudes de la sección transversal y velocidad de diseño. Es por medio de este programa donde se podrá visualizar si el vehículo de diseño puede circular sin necesidad de invadir el carril opuesto, retroceder, o realizar maniobras peligrosas.

2.2.5.3 Normas y Manuales

La actualización del diseño geométrico se basa principalmente en la aplicación del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2014.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

En la empresa **TOPOMATIC E.I.R.L.**, se realizó el estudio correspondiente a la Topografía, trazo, Diseño Vial, señalización y seguridad vial del Estudio de Factibilidad del Proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera "Huancavelica – Santa Inés – Pámpano" (Emp. Ruta 24 A Vía Los Libertadores) y "Santa Inés – Puente Rumichaca" (Emp. Ruta 24 A Vía Los Libertadores).

El tramo I, inicia en el Km. 79+000 (Huancavelica) y termina en km 255+384(Pámpano), tiene una longitud de 176.34 km; y mientras el tramo II inicia en el km 0+000 (Santa Inés) y termina en Km. 30+360 (Puente Rumichaca), tiene una longitud de 30.36 km. Este proyecto vial tiene una longitud total de 206.74 kilómetros.

El desarrollo de los trabajos de Trazo y Diseño vial se realiza porque constituye la parte más importante del Estudio, por lo que deberá elaborarse el diseño más apropiado que permita la circulación ininterrumpida de los vehículos de transporte de pasajeros de carga, tratándose de conservar la misma velocidad directriz en la mayor longitud de la carretera que sea posible; para satisfacer al máximo los objetivos fundamentales como la funcionalidad, la seguridad, comodidad, la armonía, economía, etc., velando por la integridad física de los usuarios, desde ya contribuyendo al desarrollo socio económico en particular de la Región de Huancavelica.

Para el diseño del alineamiento horizontal, vertical y para la determinación de la sección transversal se ha contemplado los criterios y experiencias del consultor; de igual manera los parámetros y recomendaciones del Manual de diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito y Manuales de Carreteras

Diseño Geométrico DG-20 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones conforme indica en los términos de referencia para la elaboración del estudio de este capítulo.

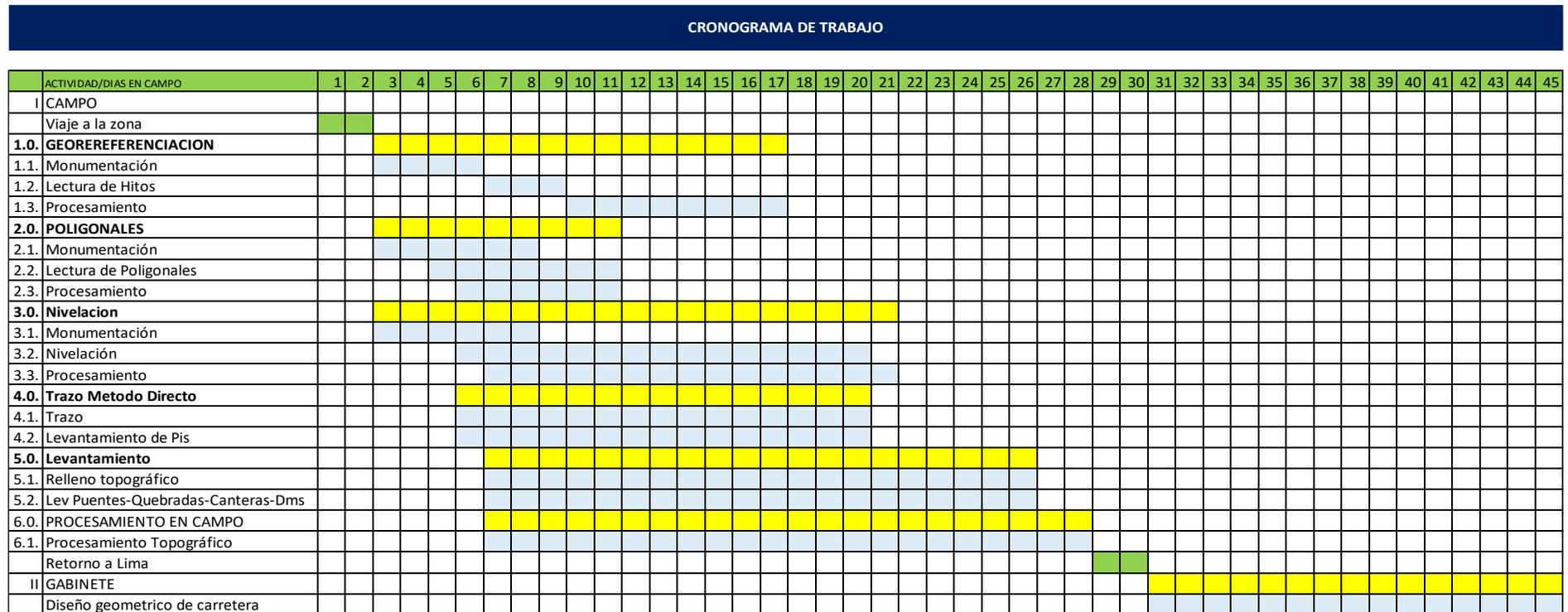
FUNCIONES

Encargada de revisar diariamente los levantamientos topográficos teniendo en cuenta métodos y procedimientos con el objetivo de tener en trabajo topográfico con valores de cierres tanto en coordenadas como en elevaciones que estén dentro de la tolerancia establecidas en el contrato, también realicé los planos en base al levantamiento topográfico , Responsable de los reportes diario de actividades como informes de Geodesia, levantamiento topográfico con estación total, informe de ajuste de poligonales, de nivelación que influye fichas de nivelación y compensación, cronogramas de trabajo, rendimientos para los trabajos de topografía en campo, Revisión y mejoramiento diaria de data topográfica realizada en campo, Administración y gestión de proyectos viales, verifica el sistema de origen de coordenadas planas y elevación a trabajar en el proyecto, dependiendo de la zona donde se desarrolle verifica con el topógrafo las condiciones iniciales de calibración y operación de los equipos a emplear, tanto los de topografía convencional como los de GNSS estático o en tiempo real, verifica el cumplimiento de los procedimientos de trabajo y operación de los equipos y del personal a su cargo, Coordina y ejecuta en campo los amojonamientos de los puntos permanentes, GPS y BMs, Diseño Geométrico de Carreteras después de la entrega diariamente la información recopilada en campo Ingeniero jefe de Comisión en campo.

4.1 Descripción del proyecto

3.1.1 Desarrollo de trabajo y etapas planificada

Figura 25 Cronograma de Trabajo



Fuente: Elaboración Propia

3.1.1.1 Ubicación geográfica

El proyecto se encuentra ubicado en parte Centro-Sur de la región de Huancavelica, Provincia de Huaytará

Santa Inés (Inicio): 4,002.21 m.s.n.m

Rumichaca (Final): 3,952.59 m.s.n.m

La ruta en estudio corresponde a la ruta 28E, y se inicia en el empalme con la ruta 28D (Santa Inés) y concluye en Rumichaca (Empalme con la ruta 28/A los libertadores), y se tiene una longitud de 30.6Km

Figura 8 Vista Satelital de la Ruta del Proyecto:
“Mejoramiento de la Carretera Santa Inés – Empalme Ruta 28D, Vía Los Libertadores (Puente Rumichaca)”



Fuente: Elaboración Propia

3.1.1.2 Geología

La Geología y Geomorfología del departamento de Huancavelica, ha tenido como objetivos principales proporcionar el conocimiento geológico integral del área de estudio estableciendo, además, las características o determinantes geológico mineros más importantes relacionados con la existencia, localización, rasgos geológicos principales y aprovechamiento y utilización de los diversos depósitos minerales.

3.1.1.3 Accesos

Acceso Vía Terrestre Por Pisco:

Desde la ciudad de Lima, se recorre vía terrestre, por la Carretera Panamericana Sur, hasta la ciudad de San Clemente en el Km. 228, luego se continua por el desvío hacia Ayacucho (Libertadores Wari) aprox. 196 km de vía asfaltada, hasta el Puente Rumichaca I (Punto Fin del proyecto), y finalmente desde Rumichaca se continua por el tramo en estudio en 29.95km de vía asfaltada hasta Santa Inés.

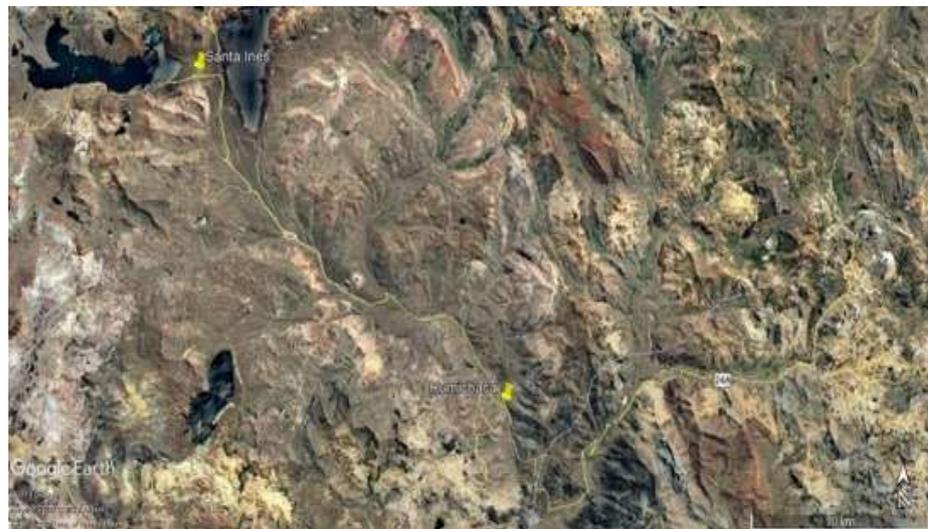
Acceso Vía Aérea:

El acceso por vía aérea desde Lima, se realiza mediante vuelos al aeropuerto de Huamanga (Ayacucho), luego por Vía Libertadores Wari, aproximadamente 134km hasta el Puente Rumichaca I.

Área de estudio

- Región : Huancavelica
- Provincia : Huancavelica
- Distrito : Huancavelica

Figura 9 *Ubicación del Terreno*



Fuente: Elaboración Propia

3.1.1.4 Características generales del tramo del tramo de santa Inés – Rumichaca

Tabla 5 *Características del Tramo Santa*

Fuente: Elaboración Propia

SECTOR	LONGITUD (km)	ANCHO PROMEDIO DE LA VIA (m)	ESTADO DE LA VIA	SUPERFICIE DE RODADURA DE LA VIA
Km. 0+000 – km. 9+000	9.000	5.00	Regular a malo	Afirmada
Km. 9+000 – km. 21+000	12.000	4.00	Regular a malo	Afirmada
Km. 21+000 – km. 28+000	7.000	3.50	Malo	Afirmada
Km. 28+000 – km. 29+970	2.360	5.50	Regular a malo	Afirmada

Centros poblados

Tabla 6 Características de Centro Poblado

PROGRESIVA		POBLADOS
0+100	0+600	Santa Inés (4602.21 msnm)
6+150	6+700	Poblado de Huaracco (4525 msnm)
22+900	24+100	Pilpichaca (4060 msnm)

Fuente: Elaboración Propia

4.2 VISITA DE CAMPO

La visita a la zona del proyecto nos ha permitido identificar el inicio y el final del tramo donde se hace necesario algún tipo de intersección a nivel. Siendo un punto en común con la el final del tramo de un estudio contiguo, nos corresponde coordinar con la consultora encargada del estudio a fin de realizar mediciones y soluciones para ambos proyectos.

Figura 10 Intersección del Km. 0+000.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 11 Intersección en Y, de santa Inés- Huancavelica



Fuente: Elaboración Propia

De

manera similar, se tendrá que evaluar el tipo de intersección en el empalme final, inclinándonos por una intersección en Y, debido a la cercanía del Puente existente.

Figura 12 Fin del tramo Puente Rumichaca



Fuente: Elaboración Propia

Figura 13 *Puente de Huaytará - Ayacucho*



Fuente: Elaboración Propia

Figura 14 *Visita de campo*



Fuente: Elaboración Propia

Figura 15 *Mediciones del ancho de calzada*



Fuente: Elaboración Propia

PRIMERA ETAPA: En la primera etapa según nuestro objetivo 1 tenemos que determinar la influencia que tiene la georreferenciación en el diseño geométrico de carretera de segunda y tercera clase según DG -2018, porque el método geodésico es utilizado para medir largas distancias y es ahora el método más exacto para obtener coordenadas con GPS Diferencial, La precisión del método depende de los tiempos de medición, precisión del punto base y sobre todo del tipo de receptor empleado

4.3 ESTUDIO DE GEOREFERENCIACION

Para la realización de los trabajos correspondientes a georreferenciación del proyecto se desarrolló el establecimiento de 03 puntos de la red principal o primaria (SIR-01, SIR-07 y SIR-14, amarrados al punto HV01 de orden 0, de la Red Geodésica del IGN), de acuerdo a las especificaciones técnicas solicitadas por el cliente, y como red secundaria 07 pares de puntos, 02 puntos cada 5 km aproximadamente a lo largo del proyecto, amarrados a la red primaria del proyecto.

Se realizará la monumentación de los pares de puntos GPS tal como lo indican los TDR. Se colocarán un par de puntos cada 5km con hitos de 0.30x0.30x0.40 con una placa de bronce al centro. En total se colocarán un total de 14 placas, sin embargo, ya se ha realizado la coordinación con la Consultora del Tramo Huancavelica – Santa Inés, para que ellos coloquen los puntos en el sector Santa Inés. Por nuestra



parte realizaremos la verificación de las lecturas sobre esos dos puntos en común.

Se utilizará como sistema de referencia el elipsoide WGS84 (World Geodetic System 1984), el sistema de proyección UTM (Universal Transversal Mercator) y el



Modelo Geoidal EGM2008 (Earth Gravitational Model 2008) para el cálculo corrección de las elevaciones de los puntos de control georreferenciados como punto de enlace o vinculación geodésica aquel punto que pertenecen al Sistema Geodésico Oficial conformada por la Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo (REGPMOC) conocidas comúnmente como estaciones de rastreo permanente y que se encuentre cerca al proyecto.

Es así que se identificó y utilizó la Estación de Rastreo Permanente (ERP) ubicada en Huancavelica (HV01), de orden 0. Desde esta ERP, se leyó 03 puntos que forman la red principal SIR 01, SIR 07 y SIR 14, con un tiempo de 05 horas.

Para la toma de datos de todos los puntos geodésicos de orden “C”, que se



georreferenciarán en el proyecto, se utilizará el método Estático, según los

TdR del proyecto, estos puntos se obtendrán con apoyo de por lo menos un punto geodésico, ya sea de orden "0", orden "A" u orden "B" a nivel nacional, que estén separados equidistantemente, a una distancia no mayor de 100 Km al punto geodésico que se quiere establecer; por lo tanto, se ha considerado el punto ERP HV01 de orden "0" como el punto Base de enlace a la Red Geodésica Nacional.

4.3.1 RED GEODESICA PRINCIPAL O PRIMARIA

4.3.1.1 Metodología de trabajo

Al inicio de los trabajos se realizó el reconocimiento de campo para identificar los sectores donde serán colocados los GPS de nuestro proyecto. Se identificó y monumentó pares de puntos cada 05 Km, y de esta manera se monumentarán 14 puntos GPS. Los 02 primeros se colocaron en el Km. 0+000, los siguientes 02 puntos GPS en el Km. 5+000 aproximadamente, y así sucesivamente hasta los 02 puntos finales en el final del trazo Km. 30+000 aproximadamente. En total 07 pares de puntos.

Cada par de punto, tiene visual entre sí, con distancia aproximadas mínimo a 300m. Los hitos monumentados presentan características recomendadas por el IGN (0.40x 0.40 x 0.55) con placa de bronce con la denominación del proyecto y la entidad. Las fotografías pueden apreciarse en el panel fotográfico de este informe.

Se utilizó el método diferencial o estático, el cual consiste en colocar un equipo GPS que recibe datos de los satélites (Base) en un punto geodésico con coordenadas conocidas y un equipo GPS (rover) que recibe los datos del GPS base en el punto del cual se desea conocer sus coordenadas absolutas.

Se trabajó con 04 equipos de doble frecuencia distribuidos de la siguiente manera:

- 01 equipo ERP de la Red Geodésica GPS del IGN (Estación Permanente) en la Municipalidad de Huancavelica (HV01).
- 04 equipos GPS en los puntos sobre la línea base con lectura de 04 horas por cada punto en la red primaria y luego los puntos de la red secundaria.

Se procedió a posicionar simultáneamente los equipos GPS Base y 02 Equipos Móviles por aproximadamente 04 horas simultáneas por cada punto de control de la Red Geodésica primaria. La red principal del proyecto está conformada por las líneas bases entre el punto geodésico inicial SIH-SIR-01, el punto geodésico intermedio SIR-07, el punto geodésico final SIR-14 y el ajuste con la estación de rastreo permanente Hv01 Huancavelica, para estar enlazada a la red geodésica nacional del Perú.

4.3.1.2 Sistema estático diferencial

Consiste en el uso de un receptor denominado "Base" sobre un punto de coordenadas conocidas y otro receptor "rover" sobre el punto de coordenadas a medir u obtener. Ninguno de los dos receptores debe moverse durante el tiempo de medición.

El método geodésico es utilizado para medir largas distancias y es ahora el método más exacto para obtener coordenadas con GPS Diferencial. La precisión del método depende de los tiempos de medición, precisión del punto base y sobre todo del tipo de receptor empleado.

El método es aplicable con receptores de fase de portadora L1 o con receptores de fase de portadoras L1+2. En caso de receptores de doble frecuencia la precisión del sistema es de 5mm+1ppm. La coordenada medida en el terreno debe ser procesada posteriormente con un software adecuado para cada tipo de equipo, siendo este el MAGNET TOOLS. Los valores obtenidos se relacionan con los valores obtenidos del IGN, con las medidas obtenidas de los satélites.

Como la estación de referencia se ha ubicado en un punto de coordenadas conocidas, se puede saber en cada momento de la medición que error aproximado estaban induciendo los satélites, dicho error es compensado sobre la serie del receptor medido.

Todo esto se resume en la idea siguiente: las señales captadas por la estación base han recorrido prácticamente la misma región atmosférica que las señales que han llegado hasta el receptor medido, con lo cual ambas señales han sido sometidas al mismo tipo de degradaciones por efectos de la ionosfera.

4.3.1.3 Cálculos de gabinete

Para realizar el procesamiento de la información satelital de los receptores GPS, estos son analizados y luego se realiza el post proceso de las líneas base utilizando el programa MAGNET TOOLS. Se procesa las líneas base a través de las estaciones GPS-Glonass con el método estático.

Durante el post proceso se tiene en cuenta lo siguiente:

- Examinar los detalles de la solución de la línea base, que no están disponibles en el resumen de una línea, tales como los errores en NEE (Norte, Este, Elevación) o el número de mediciones utilizadas y/o rechazadas.
- Verificar el ingreso correcto de los datos de altura de antena, hora de inicio, hora de fin y demás apuntes de la libreta de campo.
- Los números de serie de los equipos GPS.
- Los nombres de las estaciones (puntos).

- La ubicación de los puntos de control.
- Las alturas de antena, tipos y métodos de medición.
- Comprobar el resumen de seguimiento (rastreo) de fase del satélite de cada estación, para notar cualquier interrupción o vacío en las señales L1 o L2.
- Comprobar el resumen de los seguimientos de fases de los satélites combinados.
- Comprobar los dibujos residuales de cada satélite. Estos muestran el RMS de cada satélite, utilizado para determinar la solución de línea base, a su vez rechazar en los tiempos donde se genere mayor valor de RMS.

Posteriormente se realiza el ajuste de Redes por el método de mínimos cuadrados, que basa su metodología en la teoría de las probabilidades, para la determinación de los valores de las coordenadas. El fin de realizar un ajuste por mínimos cuadrados de una red es:

- Estimar y eliminar los errores aleatorios.
- Proporcionar una solución única cuando existen datos redundantes.
- Minimizar las correcciones sobre las observaciones.
- Identificar errores y equivocaciones groseras.
- Generar información para el análisis, incluidas las estimaciones de precisión.

- Asegurar buenos cierres de posiciones, dando fiabilidad a las actuales mediciones y futuras.
- Cerrar la red geoméricamente y matemáticamente.

Realizado el ajuste, se concluye que:

- No existen equivocaciones ni errores en las observaciones y puntos de control.
- Cualquier error será despreciable y se redistribuirá adecuadamente.

4.3.1.4 Procedimientos

En la zona del proyecto se estableció una Red Geodésica Principal, con 03 Puntos, amarrados al punto HV01, de orden 0, de la Red Geodésica del IGN, de acuerdo a las especificaciones técnicas solicitadas por el cliente, 02 Puntos cada 5 km aproximadamente, amarrados a la red principal. Los puntos se ubicaron estratégicamente a lo largo de la carretera del SIR 01 al SIR 14. Para realizar el establecimiento de los puntos de control horizontal se utilizó el método de Medición GPS en modo diferencial estático con los parámetros de medición siguiente:

Tabla 7 *Parámetros de Medición Método Estático.*

PARÁMETROS DE MEDICIÓN MÉTODO ESTÁTICO		
Marca / Modelo	Sokkia / GSX2: Trimble / R8	
Precisión Método Estático	Horizontal	Vertical
	± 5mm +0.5ppm RMS	± 5 mm +1ppm RMS

Intervalo de Medición DGPS	5 seg.
Máscara de Elevación	10°
Tiempo de Medición (Puntos Bases)	> 04h :00
Frecuencias GNSS	GNSS: L1C/A, L1P, L2C/A (Solo GNSS M), L2P SBAS: L1C/A
Número de Canales	78
Número de Satélites	> 4
Número de Satélites en condiciones óptimas GPS+GNSS	Promedio: 13
PDOP	< 6

Fuente: Elaboración Propia

La medición GPS en modo diferencial es un tipo de levantamiento puntual, por el cual se obtienen las coordenadas de un determinado punto como consecuencia de un post proceso al trabajo de campo. Este método diferencial cuenta con la colocación mínima de 02 receptores denominados base y rover. El receptor denominado Base, se posiciona en un punto de coordenadas fijas y conocidas. Para el caso de nuestro proyecto se utilizó la Base de rastreo permanente del Instituto Geográfico Nacional (IGN) ubicado en Huancavelica. El receptor denominado Rover, se posiciona en el punto de coordenadas que deseamos conocer (Hito monumentados con placa de bronce). La precisión del método mejora cuando se usa equipos adicionales como receptores Rover's en el mismo intervalo de tiempo durante el trabajo de campo, de manera simultánea.

Concluida la toma de datos en cada receptor, se post procesa la información traslapando la información recopilada por cada equipo y la información recopilada por el equipo denominado Base. Con este traslape el cálculo diferencial determina las coordenadas de cada punto deseado.

Las precisiones encontradas en la red principal y secundaria se indican en el Anexo de Georreferenciación.

4.3.1.5 Punto de enlace de IGN

Para establecer la Red Geodésica, se utilizó 01 punto ERP del Instituto Geográfico Nacional (IGN): HV01, de Orden 0, ubicado en Huancavelica.

4.3.1.6 Número de puntos en la zona del proyecto

En la zona del proyecto se estableció una Red Geodésica Principal, con 03 Puntos, de acuerdo a las especificaciones técnicas solicitadas por el cliente. Los puntos se ubicaron estratégicamente a lo largo de la carretera. de la siguiente manera:

Figura 16 Cuadro de coordenadas de la red Primaria del Proyecto

Datum: **WGS 84** - Proyección: **UTMSouth-Zone_18: 78W to 72W**

Nombre	Coordenadas UTM 18S		Altura Geoidal (m)	Coordenadas Geográficas		Altura Elipsoidal (m)
	Norte (m)	Este (m)		Latitud	Longitud	
ERP.HV01	8 586 473.204	503 501.691	3 684.073	12° 47' 11.42683" S	74° 58' 03.85053" W	3 720.711

CUADRO COORDENADAS DE LA RED PRIMARIA DEL PROYECTO CARRETERA : SANTA INÉS - PILPICHACA - PUENTE RUMICHACA

Datum: **WGS 84** - Proyección: **UTMSouth-Zone_18: 78W to 72W**

Nombre	Coordenadas UTM 18S		Elevación Geoidal (m)	Coordenadas Geográficas		Altura Elipsoidal (m)
	Norte (m)	Este (m)		Latitud	Longitud	
SIR 01	8 538 353.957	488 213.999	4 622.016	13° 13' 17.81348" S	75° 06' 31.61789" W	4 659.377
SIR 07	8 528 807.117	495 901.417	4 232.043	13° 18' 28.66598" S	75° 02' 16.23331" W	4 269.683
SIR 14	8 521 598.742	506 395.048	3 941.992	13° 22' 23.30495" S	74° 56' 27.37723" W	3 979.864

Fuente: Extraída de los informes de Geodesia

Figura 17 Red Geodésica Primaria



Fuente: Elaboración Propia

4.3.1.7 EQUIPOS

Los equipos geodésicos a utilizar para la realización de la Georreferenciación del proyecto son:

Tabla 8 Georreferenciación Del Proyecto

Receptor	Marca	Modelo	N / serie
GPS Diferencial (1)	SOKKIA	GSX2	1228-10125
GPS Diferencial (1)	SOKKIA	GSX2	1228-10142
GPS Diferencial (1)	TOPCON	HIPER+	378-1537

Fuente: Elaboración Propia

Figura 18 Ficha Receptor GPS Diferencial

FICHA TECNICA RECEPTOR GPS DIFERENCIAL

Para Posicionamiento



SOKKIA

Descripción:

El GSX2 ofrece para su aplicación capacidades de posicionamiento y navegación de clase mundial mediante el seguimiento de las señales de sistemas satelitales de múltiples constelaciones.

Marca: SOKKIA Modelo: GSX 2

El GPS GNSS GSX2 es un equipo compacto, liviano y robusto que integra una antena con 226 canales preparados para GPS, GLONASS, SBAS, QZSS, GALILEO* y COMPASS*, RTK de corta distancia con tecnología inalámbrica Bluetooth o GSM con controladora, autonomía extendida y el nuevo software Topcon/Sokkia Magnet Field. El diseño integrado incluye una tarjeta receptora GNSS, basada en tecnología líder en la industria, baterías internas de larga duración, almacenamiento en memoria, y la innovadora tecnología Sokkia de comunicación inalámbrica Long-Range Bluetooth®.

Especificaciones de Precisión

- **Capacidad de Rastreo**
 - Numero de Canales: 226 Canales
 - Señales Rastreadas: GPS, GLONASS, SBAS, QZSS, Galileo*, and COMPASS*
 - Antena: Integrada
- **Precisión de Posicionamiento**
 - Estática Rapida (L1): H: 3mm + 0.8ppm V: 4mm + 1.0ppm
 - Estática rapida (L1 y L2) H: 3mm + 0.5ppm V: 5mm + 0.5ppm
 - Cinemática (L1, L1 + L2) H: 10mm + 1.0ppm V: 15mm + 1.0ppm
 - DGPS: < 0.4m
 - SBAS: < 0.6m
 - RTK (L1 + L2): H: 10mm + 1.0ppm V: 15mm + 1.0ppm
 - Autonomous: < 1.2m
- **Gestión de datos**
 - Memoria: Memoria interna de 4 GB (límite de firmware de 2 GB de datos estáticos)
 - Salida de datos: TPS: RTCM SC104 v 2.x, 3.x; CMR/CMR+ (en tiempo real)
 - Salida ASCII: NMEA 0183 v 2.x and 3.0
 - Puertos de Comunic: Bluetooth, Serial, USB (Client)



Fuente: Elaboración Propia

Figura 19 Ficha Técnica -Receptor GPS Geodésico

FICHA TÉCNICA.- RECEPTOR GPS GEODÉSICO	
<p>Descripción.</p> <p>Receptor GPS Geodésico diferencial de 40 canales universales con GPS+ integrado en el receptor/antena con MINTER interface y señales rastreadas L1 / L2 / C/A Código P y Portadora.</p> <p>Marca: TOPCON. Modelo: HIPER +</p> <p>Compuesto por unidad Base y unidad Rover, adicionalmente un equipo completo de Radio Módem para posicionamiento en modo RTK.</p> <p>Especificaciones de Precisión:</p> <p><u>Modo Estático:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Precisión Horizontal: $\pm 3 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ • Precisión Vertical: $\pm 4 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ <p><u>Modo RTK: Real Time Kinematic</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Precisión Horizontal: $\pm 5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ • Precisión Vertical: $\pm 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ 	 
<p>Usos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecimiento de puntos de control geodésico. • Establecimiento de redes de control topográfico. • Densificación de redes de control horizontal y vertical en RTK. • Levantamientos Topográficos y Batimétricos en RTK. • Replanteos por coordenadas en RTK. 	 

Fuente: Elaboración Propia

4.3.1.8 Tiempo de observación

Se trabajó con 04 equipos de doble frecuencia. Se procedió a posicionar simultáneamente los equipos móviles por aproximadamente 04 horas simultáneas por cada punto de control de la Red Geodésica principal.

4.3.1.9 Línea de tiempo

Las líneas de tiempo de recepción de para cada punto GPS se muestran en el Anexo de Georreferenciación, en ese esquema se observa que cada compartición tiene un valor de 0.6 horas por lo que el resultado mínimo para obtener las 4 horas se

necesita que la línea de tiempo cruce 7 particiones, y este proyecto se ha cumplido con el tiempo mínimo requerido.

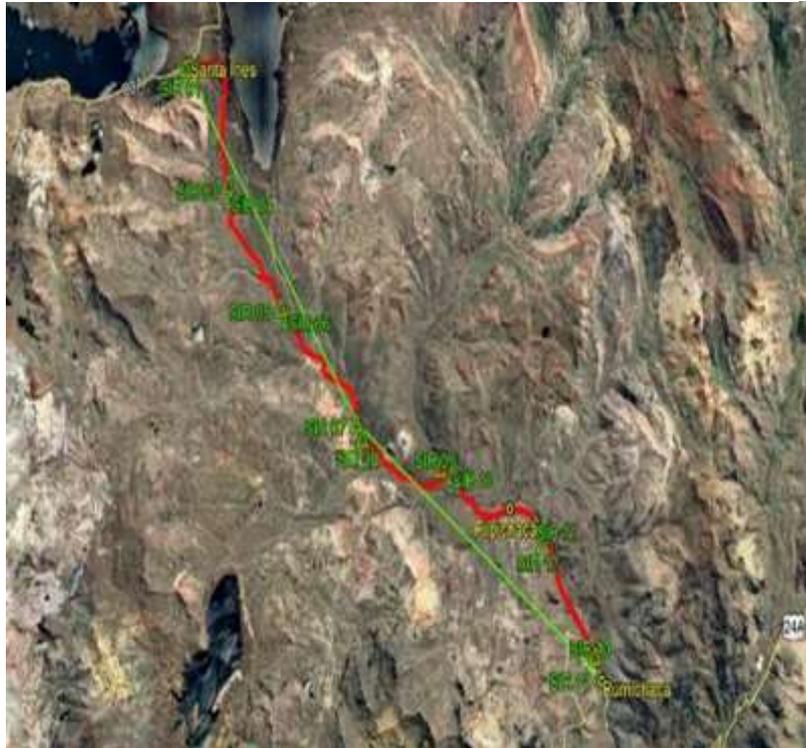
4.3.1.10 Croquis de enlace

Se realizaron circuitos enlazados a la Base de Rastreo Permanente HV-01 en la red primaria y circuitos para la red secundaria, se aprecian en el Anexo de Georreferenciación.

4.3.1.11 Red geodésica secundaria

La red secundaria del proyecto está conformada por los 14 puntos geodésicos establecidos a lo largo de la carretera del proyecto conformada por 30 kilómetros aproximadamente de longitud. Estos puntos están en forma secuencial desde el SIR-01 hasta el SIR-14. La Línea Base de esta red son los puntos SIH-SIR-01, SIR-07 y SIR-14.

Figura 20 *Red Geodésica Secundaria*



Fuente: Elaboración Propia

La recopilación de datos satelitales en modo simultáneo de los cuatro receptores geodésicos, cuya recopilación de datos ha sido de 60 minutos (1 hora) continua, realizando triangulaciones entre la red de líneas bases de los puntos geodésicos SIR-01, SIR-07 y SIR-14; y entre cada uno de los siguientes puntos geodésicos, SIR-02, SIR-03, SIR-04, SIR-05, SIR-06, SIR-08, SIR-09, SIR-10, SIR-11, SIR-12 y SIR-13.

SEGUNDA ETAPA: En la segunda etapa según nuestro objetivo 2 tenemos que determinar la influencia que tiene el control horizontal y vertical en el diseño geométrico de carretera de segunda y tercera clase según DG -2018 donde se miden los ángulos horizontales en cada uno de los vértices y la distancia horizontal entre vértices consecutivos. Las poligonales cumplen las precisiones y cierres y se encuentran dentro de la tolerancia exigida. Mejorar y optimizar el trazo del Estudio de factibilidad, con alineamientos que nos eviten mayor movimiento de tierras.

Evitar las zonas urbanas actuales y de futura expansión.

Recomendaciones de los especialistas en Suelos y Pavimentos, Geología, Hidrología e Hidráulica, etc.

4.4 CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL

4.4.1 Control horizontal

4.4.1.1 Metodología

4.4.1.1.1 Poligonal de apoyo

Para el levantamiento topográfico del área de estudio se estableció una poligonal con partida y llegada siempre en un par de puntos GPS.

Medición de Ángulos Horizontales

La medición de los ángulos horizontales se efectuó con dos (02) Estaciones Totales de 5" de precisión, la cual elimina los errores del cálculo de ángulos horizontales y verticales que se producen normalmente en los teodolitos convencionales. El

principio de lectura está basado en la lectura de una señal integrada sobre la superficie completa del dispositivo electrónico horizontal y vertical, y la obtención de un valor angular medio. De esta manera, se elimina completamente la falta de precisión que se produce debido a la excentricidad y a la graduación, el sistema de medición de ángulos facilita la compensación automática en los siguientes casos:

- Corrección automática de errores del sensor de ángulos.
- Corrección automática del error de colimación y de la inclinación del eje de muñones.
- Corrección automática de error de colimación del seguidor.
- Cálculo de la medida aritmética para la eliminación de los errores de puntería.

Cálculo del Ángulo Horizontal

Ecuación 7 *Angulo Horizontal*

$$AH = AH_S + E_H \cdot \frac{1}{\text{sen } V} + Y_H \cdot \frac{1}{\text{tan } V} + V \cdot \frac{1}{\text{tan } V}$$

La fórmula que a continuación se explica, se emplea para calcular el ángulo horizontal.

Dónde:

AH_S: Angulo Horizontal medido por el sensorelectrónico.

EH: Error de colimación horizontal.

YH: Error de nivelado en ángulo recto al telescopio.

V : Error de eje horizontal.

Cálculo del Ángulo Vertical

La fórmula que a continuación se explica, se emplea para calcular el ángulo vertical.

Ecuación 8 Angulo Vertical

$$AV = AVS + EV + YV$$

Dónde:

AVS: Angulo vertical medido por el círculo electrónico.

EV: Error de colimación vertical.

YV: Desviación en el vertical, medida por el compensador automático del nivel.

Medición de Distancias Electrónicas

La medición electrónica de distancias se ha ejecutado con el distanciómetro incorporado de la Estación Total. El módulo de medición de distancia opera dentro del área de infrarroja del espectro electromagnético. Transmite un rayo de luz infrarroja, el rayo de luz reflejado es recibido por el instrumento y, con ayuda de un comparador, se puede medir el desfase entre la señal transmitida y recibida. Gracias a un microprocesador incorporado, la medida de tiempo del desfase se convierte en medida de distancia y se almacena en memoria como tal, con precisión de mm. El tiempo de medida para cada

punto toma 3.5 segundos. La precisión de la medida de distancia es de (5mm +3ppm). El factor PPM (partes por millón) puede ser considerado en términos de milímetros por kilómetro. Por ello, 3PPM significa 3 mm/Km.

Corrección por Refracción y Curvatura

Ya que la proyección de las alturas y las distancias se calcula con sólo multiplicar la distancia medida geoméricamente por el seno y el coseno, respectivamente del ángulo cenital medido, los errores de cálculo se pueden deber principalmente a la curvatura de la tierra, y la refracción.

A continuación, se muestran las dos fórmulas que la estación total emplea para el cálculo automático de los errores de curvatura y refracción.

Ecuación 9 *Cálculo Automático de los Errores de Curvatura y Refracción.*

$$DH = DG \cdot \text{sen}Z - \frac{DG^2 \cdot \text{sen}2Z}{2 \cdot R_r} \cdot \left(1 - \frac{K}{2}\right) \quad DV = DG \cdot \text{cos}Z + \frac{DG^2 \cdot \text{sen}^2Z}{2 \cdot R_c} \cdot (1 - K)$$

Dónde:

DH : Distancia horizontal

DZ : Diferencia de altura

DG : Distancia geométrica

RT : Valor medio del radio de la tierra en Km = 6 372

K : Media de la constante de refracción = 0,142

Corrección Atmosférica

La velocidad de la luz varía levemente al ir atravesando diferentes presiones y temperaturas de aire, se debe aplicar un factor de corrección atmosférica para obtener la distancia correcta al final de los cálculos. Este factor de corrección atmosférica se calcula con la siguiente fórmula:

Ecuación 10 *Corrección Atmosférica*

$$\text{ppm} = 275 - 79.55 \cdot \frac{P}{273 + t}$$

Dónde:

P = Presión en milibares

T = Temperatura en grados Celsius.

La estación total calcula y corrige esto automáticamente, la corrección cero se obtiene con una temperatura ambiente de 20 °C y a una presión atmosférica de 750 m.m.h.g.

Poligonales

Cada poligonal de nuestro proyecto es una sucesión de líneas quebradas, conectadas entre sí en los vértices, donde se miden los ángulos horizontales en cada uno de los vértices y la distancia horizontal entre vértices consecutivos.

A continuación, se **detalla la metodología adoptada** para la compensación de la poligonal Básica:

- Se compensan los ángulos horizontales observados en campo para que cumplan la condición geométrica.
- Con un azimut de partida conocido y los ángulos horizontales compensados se calculan los azimuts de los lados de la poligonal.
- Con los azimuts calculados y las distancias observadas se calculan los incrementos en este y norte, los cuales son adicionados a las coordenadas de un vértice para obtener las coordenadas del siguiente, así hasta cerrar la poligonal.
- La diferencia entre las coordenadas calculadas y las coordenadas del punto de inicio se debe repartir proporcionalmente en toda la poligonal, obteniendo coordenadas topográficas.
- Debido al Error de Cierre Lineal, las coordenadas calculadas deben corregirse mediante una compensación, que consiste en distribuir ese error proporcionalmente a la longitud de cada lado, se usó la siguiente fórmula:

Ecuación 11 *Compensación de cierre lineal*

$$C = \frac{d}{\sum d} \cdot (eN \text{ ó } eE)$$

Dónde:

D : Distancia de un lado.

Sd: Suma de las distancias o longitud de la poligonal.

eN: Error en el Norte

eE: Error en el Este

Desde los puntos GPS, en tramos de 5km, involucrando 04 puntos GPS (02 GPS al inicio y 02 GPS cada 5 km) se ha desarrollado una poligonal encuadrada (cerrada) con partida en la base formada por el primer par de GPS, para llegar a la base conocida y formada por el segundo par de GPS.

Las poligonales cumplen las precisiones y cierres y se encuentran dentro de la tolerancia exigida por los Términos de Referencia.

El procedimiento en cada poligonal de control se ha obtenido con el promedio de las vistas repetitivas en series de 04 lecturas desde cada punto de la poligonal a los puntos adyacentes. Con estos promedios de lecturas, se ha compensado la poligonal hasta obtener coordenadas topográficas de los puntos de control intermedio.

El desarrollo de las poligonales nos ha permitido obtener coordenadas de control para los puntos topográficos en todo el proyecto. De esta manera toda la información topográfica obtenida está amarrada a los puntos GPS cumpliendo distancias y ángulos para replanteo desde cualquier punto GPS.

Con la información gráfica obtenida y por método directo se ha realizado el trazo del eje, teniendo las siguientes consideraciones:

- Mejorar y optimizar el trazo del Estudio de Factibilidad, con alineamientos que nos eviten mayor movimiento de tierras.
- Evitar las zonas urbanas actuales y de futura expansión.
- Recomendaciones de los especialistas en Suelos y Pavimentos, Geología, Hidrología e Hidráulica, etc.
- El procesamiento de la información de campo se efectuó con el software de AutoCAD 2018 – AutoCAD Civil 3D 2018.
- Los detalles y resultados de la compensación de las seis poligonales enlazadas de este proyecto se muestran en el Anexo 06 de este Informe, donde se pueden apreciar las tolerancias y precisión de cada poligonal.

4.4.1.1.2 Cuadro de resumen de poligonales, tolerancia y error

Todas las poligonales cumplen en sus precisiones tanto angular como linealmente.

Tabla 9 Cuadro de Resumen Poligonales, Tolerancia y Error.

POLIGONO	TOLERANCIA		Datos del Polígono			ERROR (campo)		
	Distancia	Angular	Error	Distancia	Long.Polig	# Vértices	Distancia	Angular
	1/10000	$\text{Pr.Eq} \times \sqrt{\text{Vertice}}$	Δ ESTE	Δ NORTE	metros			

POLIGONO 1	1/10000	17"	-0,052	-0,004	4713.286	12	1/91 054	11"
POLIGONO 2	1/10000	17"	-0.046	-0.017	4105.401	12	1/830356	6"
POLIGONO 3	1/10000	14"	-0.030	-0.030	3760.491	8	1/88 521	4"
POLIGONO 4	1/10000	17"	0.019	0.043	4809.545	12	1/101 870	-8"
POLIGONO 5	1/10000	15"	-0.011	-0.052	3385.434	9	1/63 949	11"
POLIGONO 6	1/10000	16"	-0.043	-0.037	4475.946	10	1/79 492	12"

4.4.2 NIVELACION

Se visitó el IGN para la ubicación de un BM dentro de la zona del proyecto. Al no encontrarse, se buscó un BM en los alrededores del proyecto a fin de hacer el amarre altimétrico por métodos geodésicos. Se ubicó El BM oficial más cercano en el Puente Huamaní, en San Clemente - Pisco, con nomenclatura S-34-R de 2010.

En base a la cota ortométrica del BM de inicio para el proyecto, SIR-01, por nivelación geométrica se ha trasladado la cota a los demás puntos del proyecto.

La nivelación geométrica se realizó con nivel automático, con sus respectivas miras, en circuitos cada 500m, con una tolerancia de $0,012 \sqrt{K}$ (en donde K es en kilómetros).

Cabe recalcar que los puntos de cierre se encuentran sobre hitos de concreto o en parapetos de alcantarillas, puntos inamovibles claramente identificados en campo, pintados con su respectiva codificación.

Figura 21 Equipo de nivel automático



*Fuente: Imagen obtenida de los equipos topográficos de
TOPOMATIC E.I.R.L*

Figura 22 Realizando el control vertical



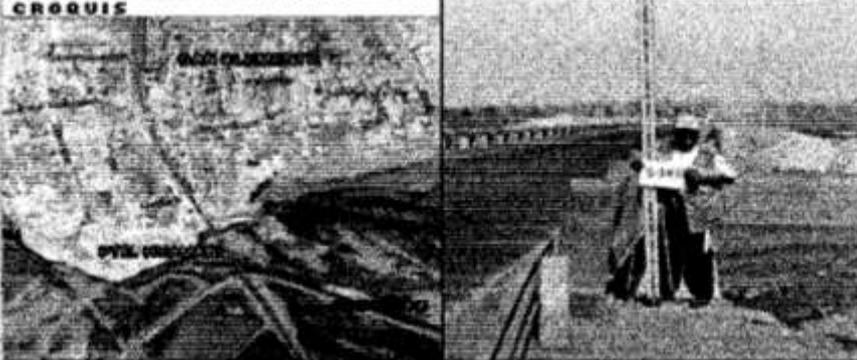
Fuente: Elaboración Propia

Figura 23 Realizando la nivelación del tramo



4.4.2.1 FICHA BM GN OFICIAL

Ficha BM GN Oficial

 INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL DIRECCION DE GEODESIA DESCRIPCION DE MARCA DE COTA FIJA (BM)		
DEPARTAMENTO: ICA	CARACTERISTICAS: DISCO DE BRONCE DE 5 CM DE DIAMETRO	CODIGO: S-34-R
PROVINCIA: PISCO	ESTABLECIDA POR: INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL	ALTITUD (M): 56.1054
LÍNEA: Calleo - Punta Pejerrey	CÓDIGO DE HOJA: CN 28-k (1643) Esc. 1/100 000	ORDEN: 1er
TRAMO: Cafete - Pisco	ESTAMPADO: S-34-R 2010	DATUM: N.M.M
CROQUIS 		

Fuente: Obtenida del informe de Geodesia

TERCERA ETAPA: En la tercera etapa según nuestro objetivo 3 tenemos que determinar la influencia que tiene topografía en el diseño geométrico de carretera de segunda y tercera clase según DG -2018 es importante determinar la planimetría del sistema de Coordenadas UTM-WGS84, obtenidas con equipos GPS diferencial, para el relleno topográfico se ha utilizado la topografía clásica con estación total y para la altimetría se usó un BM oficial IGN (Bench Mark). Se tienen en cuenta las características topográficas, el tráfico proyectado y el cumplimiento de las normas de diseño señaladas en el Manual de Carreteras, Diseño Geométrico DG-2018.

4.5 TOPOGRAFIA

Los trabajos de trazo y topografía desarrollados en el presente estudio, han tenido en consideración lo establecido en los Términos de Referencia emitidos por PROVÍAS NACIONAL como Unidad Ejecutora del Pliego del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y en el Manual de Carreteras, Diseño Geométrico DG-2018, asimismo, se ha considerado las indicaciones de los estudios de Hidrología y Drenaje, Geología y Geotecnia, Suelos y Pavimentos, logrando tener un trazo acorde con los elementos precisados en los estudios estructuras, hidrología e hidráulica y de suelos y pavimentos, de forma de armonizar las diferentes especialidades y el diseño definido.

4.5.1 METODOLOGIA

Para la realización de los trabajos de topografía, se ejecutaron las siguientes actividades:

- Reconocimiento del terreno.
- Monumentación de los Puntos de Control Horizontal y Vertical.
- Establecimiento de la red geodésica base, con puntos de denominación GPS.
- Establecimiento de una red de puntos de control horizontal (poligonales de apoyo).
- Establecimiento de una red de puntos de control vertical, denominación BM.
- Trazo y Replanteo del eje
- Levantamiento topográfico de secciones transversales.
- Se ha realizado el levantamiento a detalles de las características del terreno
- Levantamientos Topográficos Complementarios en obras de arte y área auxiliares tales como: Canteras, DMEs, etc.

4.5.2 ANCHO DE LA FRANJA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

El ancho de la franja de trabajo es considerado para levantar las secciones transversales en cada estaca del eje, en un ancho no menor de 30 m, a cada lado del eje y en condiciones del requerimiento de las demás especialidades, debiendo permitir obtener la óptima evaluación de los volúmenes de movimiento de tierras

Figura 24 Ancho de la franja del levantamiento topográfico



Fuente: Elaboración Propia

Figura 25 Levantamiento topográfico del tramo



Fuente: Elaboración Propia

Figura 26 *Levantamiento topográfico del tramo*



Fuente: Elaboración Propia

4.5.3 DISTRIBUCION DE LOS PUNTOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Previamente se elaboró un trazo preliminar de ruta, considerando:

- La topografía y orografía del terreno
- Manteniendo un determinado rango de pendiente entre 6% y 8%
- El tramo más corto entre los dos puntos de interés
- Los posibles recursos que se podrían aprovechar y algunas intervenciones que se realizarían si se encontrarían con áreas de cultivo.

Se entiende como ruta a aquella franja de terreno, de ancho variable, comprendida entre dos puntos obligatorios extremos y que pasan a lo largo de puntos obligatorios intermedios, dentro de la cual es factible realizar la localización del trazo de la vía.

Estos puntos fueron identificados en campo con banderas, nombrados y digitalizados con Estación Total para el diseño del eje en la PC.

Una vez elaborado el diseño del alineamiento del eje, se replanteó y estacó en campo y posteriormente los levantamientos topográficos que fueron realizados con Estación Total mediante la toma de datos, cada 40 m en tramos, en un ancho de 30 m a cada lado del eje, en

toda la longitud del estudio, además se ha obtenido información detallada de las siguientes zonas cercanas a:

- Zona de inicio de la vía en Santa Inés.
- Zona Urbana de Pilpichaca
- Zona de final del proyecto en Rumichaca.

En los levantamientos topográficos se han detallado lo siguiente:

- Caminos existentes que atraviesan el trazo
- Canales de regadío
- Estructuras existentes
- Puntos representativos del terreno en el área comprometida con obras de saneamiento y expropiaciones.

4.5.4 DESCRIPCIÓN DE LA TOPOGRAFÍA DE LA VÍA EXISTENTE Y PROYECTADA

La topografía del lugar del proyecto presenta un relieve accidentado, con fuertes pendientes, y altitudes variables que varía desde 4,602.21 m.s.n.m. en el inicio hasta 3,952.59 m.s.n.m. en el final del tramo en estudio.

A lo largo del desarrollo de la vía evitamiento el trazo cruza por diversas quebradas secas, zonas de terreno de cultivo, cuya clasificación orográfica es como se indica:

Tabla 10 Descripción de la Topografía de la vía Existente y Proyectada

SECTOR	LONGITUD (km)	CLASIFICACIÓN SEGÚN OROGRAFÍA
Km. 0+000 – km. 9+000	9	Carretera tipo 2 y 3
Km. 9+000 – km. 21+000	12	Carretera tipo 3
Km. 21+000 – km. 28+000	7	Carretera tipo 3
Km. 28+000 – km. 29+949.245	2.36	Carretera tipo 2 y 3

Fuente: elaboración propia

4.5.5 LEVANTAMIENTOS COMPLEMENTARIOS

4.5.5.1 levantamientos en zonas urbanas

Se ha realizado levantamientos topográficos detallados dentro del área que se afecta en las zonas urbanas siguientes:

Tabla 11 Descripción de la Topografía de la vía Existente y Proyectada.

PROGRESIVA	POBLADOS
0+100	0+600 Santa Inés
6+150	6+700 Poblado de Huaracco
22+900	24+100 Pilpichaca

Fuente: elaboración propia.

4.5.5.2 Levantamientos de quebradas mayores y menores

Los trabajos de topografía incluyeron el levantamiento topográfico de todas las quebradas mayores y menores ubicadas

a lo largo del tramo en estudio, en donde se proyectarán estructuras mayores de drenaje transversal y badenes.

Estos trabajos fueron realizados en coordinación con el Especialista en Hidrología y Drenaje y el de Geología y Geotecnia.

Tabla 12 *Levantamiento de Quebradas Mayores y Menores.*

No	Componente	Progresiva
1	Quebrada	1+512
2	Quebrada	2+400
3	Quebrada	2+912
4	Quebrada	3+761
5	Quebrada	4+140
6	Quebrada	4+361
7	Quebrada	4+605
8	Quebrada	5+860
9	Quebrada	6+268
10	Quebrada	8+376
11	Quebrada	8+540
12	Quebrada	9+245
13	Quebrada	9+540
14	Quebrada	9+741
15	Quebrada	10+326
16	Quebrada	10+694
17	Quebrada	10+967
18	Quebrada	12+567
19	Quebrada	13+970
20	Quebrada	14+588
21	Quebrada	15+520
22	Quebrada	16+769
23	Quebrada	18+101
24	Quebrada	18+142
25	Quebrada	18+539
26	Quebrada	18+655
27	Quebrada	18+688
28	Quebrada	20+436

29	Quebrada	20+735
30	Quebrada	22+843
31	Quebrada	23+133
32	Quebrada	23+862
33	Quebrada	25+825
34	Quebrada	26+585
35	Quebrada	29+610
36	Quebrada	29+852

Fuente: elaboración propia.

4.5.5.3 Levantamiento de emplazamiento de estructuras

Se ha realizado el inventario y levantamiento de las estructuras existentes, tales como: alcantarillas, muros, canales y pontones existentes, con la finalidad de cuantificar los volúmenes de demolición.

La información obtenida ha permitido obtener para el caso de las alcantarillas, un perfil transversal por el eje de la estructura proyectada y por el cauce aguas arriba y aguas abajo, con los detalles necesarios para realizar el diseño de la estructura proyectada.

De manera similar se ha utilizado para el diseño de estructuras mayores (PUENTES).

Tabla 13 Levantamiento de Emplazamiento de Estructuras

Canteras				
Nº	Nombre	Progresiva (Km)	Lado	Área (Ha)
1	Cantera 1	14+500	Izquierdo	3.3
2	Cantera 2	25+000		0.6 y 2.5
3	Cantera 3	26+800	Derecho	0.9
4	Cantera 4	27+900		10.0

5	Cantera 5	29+100	Derecho	1.0
---	-----------	--------	---------	-----

Fuente: elaboración propia.

La relación de estructuras mayores son las siguientes:

Tabla 14 *Relación de Estructuras Mayores.*

No	Componente	Progresiva
01	PUENTE	17+680
02	PUENTE	19+791
03	PUENTE	25+280
04	PUENTE	29+120
05	PUENTE	29+390

Fuente: elaboración propia.

4.5.5.4 Levantamiento de canteras

Se identificaron áreas destinadas a canteras, en coordinación con los especialistas de suelos y pavimentos, Ambiental y arqueología las cuales son:

4.5.5.5 Levantamiento de DMEs

Se han identificado seis (05) depósitos de material excedentes, ubicados de manera estratégica en coordinación con los especialistas Ambiental y arqueología considerando la menor afectación posible.

Tabla 15 *Levantamiento de DMEs*

N°	PROGRESIVA	LADO
1	1+000	DERECHO
2	6+100	DERECHO
3	12+800	IZQUIERDO
4	19+000	DERECHO
5	21+600	IZQUIERDO

Fuente: elaboración propia.

CUARTA ETAPA: En la cuarta etapa según nuestro objetivo general tenemos que Proponer un diseño de mejoramiento de carretera para mejorar su transitabilidad permanente acorde a las condiciones actuales y el diseño del estudio de factibilidad, empleando el manual de diseños de carreteras DG 2018, Para el diseño geométrico de la vía, se considera las normas y especificaciones necesarias para conseguir un alineamiento homogéneo, donde tangentes y curvas se sucedan armónicamente; el diseño se ha desarrollado considerando los procedimientos y metodologías establecidos en los Términos de Referencia, en el Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018, y en las indicaciones de los estudios de Geología y Geotecnia, Hidrología e Hidráulica, Suelos y Pavimentos y Aspectos Ambientales.

El estudio incluye la determinación de la Velocidad Directriz, del diseño de la sección transversal típica que considera lo siguiente: ancho de calzada, ancho de bermas, bombeo, peraltes, taludes de corte y relleno, diseño, tipo y dimensiones de las cunetas, parámetros de diseño de los alineamientos horizontal y vertical, distancia de visibilidad de parada, distancia de visibilidad de sobrepaso, radios mínimos, peraltes, sobrecanchos y pendientes.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Los resultados del objetivo específico 1: La Georreferenciación nos da el posicionamiento con el que se define la localización de un objeto espacial (representado mediante punto, vector, área, volumen) en un sistema de coordenadas y Datum determinado. También nos muestra la metodología en terreno y en gabinete para asegurar la calidad de servicio de la zona del proyecto ya que se estableció una Red Geodésica Principal, con 03 Puntos, de acuerdo a las especificaciones técnicas solicitadas por el cliente. Los puntos se ubicaron estratégicamente a lo largo de la carretera de la siguiente manera:

Figura 27 Cuadro de coordenadas de la red primaria del proyecto

Datum: **WGS 84** - Proyección: **UTMSouth-Zone_18: 78W to 72W**

Nombre	Coordenadas UTM 18S		Altura Geoidal (m)	Coordenadas Geográficas		Altura Elipsoidal (m)
	Norte (m)	Este (m)		Latitud	Longitud	
ERP.HV01	8 586 473.204	503 501.691	3 684.073	12° 47' 11.42683" S	74° 58' 03.85053" W	3 720.711

CUADRO COORDENADAS DE LA RED PRIMARIA DEL PROYECTO CARRETERA : SANTA INÉS - PILPICHACA - PUENTE RUMICHACA

Datum: **WGS 84** - Proyección: **UTMSouth-Zone_18: 78W to 72W**

Nombre	Coordenadas UTM 18S		Elevación Geoidal (m)	Coordenadas Geográficas		Altura Elipsoidal (m)
	Norte (m)	Este (m)		Latitud	Longitud	
SIR 01	8 538 353.957	488 213.999	4 622.016	13° 13' 17.81348" S	75° 06' 31.61789" W	4 659.377
SIR 07	8 528 807.117	495 901.417	4 232.043	13° 18' 28.66598" S	75° 02' 16.23331" W	4 269.683
SIR 14	8 521 598.742	506 395.048	3 941.992	13° 22' 23.30495" S	74° 56' 27.37723" W	3 979.864

El resultado del post proceso de la red secundaria se muestra a continuación:

Figura 28 Cuadrado de Coordenadas UTM y Topografía de la Zona

**CUADRO COORDENADAS TOPOGRAFICAS DEL PROYECTO
CARRETERA : SANTA INÉS - PILPICHACA - PUENTE RUMICHACA**

Datum: WGS 84 - Proyección: UTMSouth-Zone_18: 78W to 72W

Nombre	Coordenadas UTM 18S		Nombre	Coordenadas TOPOGRAFICAS	
	Norte (m)	Este (m)		Norte (m)	Este (m)
SIR 01	8 538 353.957	488 213.999	SIR 01	8 538 353.957	488 213.999
SIR 02	8 538 568.133	488 643.603	SIR 02	8 538 568.374	488 644.086
SIR 03	8 535 435.313	490 339.580	SIR 03	8 535 432.047	490 341.972
SIR 04	8 534 852.328	490 482.761	SIR 04	8 534 848.413	490 485.312
SIR 05	8 531 751.616	492 916.504	SIR 05	8 531 744.287	492 921.731
SIR 06	8 531 180.117	493 349.360	SIR 06	8 531 172.167	493 355.058
SIR 07	8 528 807.117	495 901.417	SIR 07	8 528 796.617	495 909.861
SIR 08	8 528 377.298	496 124.954	SIR 08	8 528 366.340	496 133.636
SIR 09	8 527 253.709	499 951.978	SIR 09	8 527 241.560	499 964.697
SIR 10	8 526 914.720	500 379.029	SIR 10	8 526 902.216	500 392.195
SIR 11	8 526 123.275	503 371.802	SIR 11	8 526 109.945	503 388.079
SIR 12	8 525 763.916	503 765.810	SIR 12	8 525 750.215	503 782.494
SIR 13	8 522 069.002	506 204.681	SIR 13	8 522 051.505	506 223.870
SIR 14	8 521 598.742	506 395.048	SIR 14	8 521 580.765	506 414.431

Fuente: Elaboración Propia

Con las coordenadas UTM y factores de escala se procedió a la transformación a coordenadas topográficas.

Figura 29 *Coordenadas UTM vs Coordenadas Geográficas*

Datum: **WGS 84** - Proyección: **UTMSouth-Zone_18: 78W to 72W**

Nombre	Coordenadas UTM 18S		Elevación Geoidal (m)	Coordenadas Geográficas		Altura Elipsoidal (m)
	Norte (m)	Este (m)		Latitud	Longitud	
SIR 01	8538 353.957	488 213.999	4622.016	13° 13' 17.81348" S	75° 06' 31.61789" W	4659.377
SIR 02	8538 568.133	488 643.603	4611.857	13° 13' 10.84731" S	75° 06' 17.34033" W	4649.220
SIR 03	8535 435.313	490 339.580	4538.106	13° 14' 52.85185" S	75° 05' 21.02504" W	4575.543
SIR 04	8534 852.328	490 482.761	4529.100	13° 15' 11.83147" S	75° 05' 16.27380" W	4566.549
SIR 05	8531 751.616	492 916.504	4379.869	13° 16' 52.79350" S	75° 03' 55.42347" W	4417.412
SIR 06	8531 180.117	493 349.360	4364.770	13° 17' 11.40113" S	75° 03' 41.04199" W	4402.330
SIR 07	8528 807.117	495 901.417	4232.043	13° 18' 28.66598" S	75° 02' 16.23331" W	4269.683
SIR 08	8528 377.298	496 124.954	4223.439	13° 18' 42.65896" S	75° 02' 08.80518" W	4261.091
SIR 09	8527 253.709	499 951.978	4109.524	13° 19' 19.24420" S	75° 00' 01.59630" W	4147.248
SIR 10	8526 914.720	500 379.029	4103.687	13° 19' 30.27920" S	74° 59' 47.40051" W	4141.422
SIR 11	8526 123.275	503 371.802	4030.886	13° 19' 56.03628" S	74° 58' 07.91309" W	4068.665
SIR 12	8525 763.916	503 765.810	4023.059	13° 20' 07.73277" S	74° 57' 54.81361" W	4060.850
SIR 13	8522 069.002	506 204.681	3949.885	13° 22' 07.99812" S	74° 56' 33.71018" W	3987.749
SIR 14	8521 598.742	506 395.048	3941.992	13° 22' 23.30495" S	74° 56' 27.37723" W	3979.864

Fuente: *Elaboración Propia*

Los resultados obtenidos fueron verificados con la medición directa a través de las poligonales obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 16 *Resultados y comparación de distancia topográfica*

PAR GPS	DISTANCIA TOPOGRAFIA POR METODO GEODESICO	DISTANCIA TOPOGRAFICO CON ESTACION TOTAL	DIFERENCIA
SIR 01 – SIR 02	480.572	480.575	- 0.003
SIR 03 – SIR 04	600.978	600.974	0.004
SIR 05 – SIR 06	717.700	717.697	0.003
SIR 07 – SIR 08	484.988	484.982	0.006
SIR 09 – SIR10	545.810	545.806	0.004
SIR 11 – SIR 12	533.825	533.821	0.004
SIR 13 – SIR 14	507.848	507.853	-0.005

4.2 *Los resultados del objetivo específico 2 del control horizontal y vertical* en el diseño geométrico carretera de segunda y tercera clase según DG -2018 donde se miden los ángulos horizontales en cada uno de los vértices y la distancia horizontal entre vértices consecutivos. El control horizontal se realizó mediante las poligonales donde el procedimiento en cada poligonal de control se ha obtenido con el promedio de las vistas repetitivas en series de 04 lecturas desde cada punto de la poligonal a los puntos adyacentes. Con estos promedios de lecturas, se ha compensado la poligonal hasta obtener coordenadas topográficas de los puntos de control intermedio. El control vertical se realizó mediante la nivelación geométrica con nivel automático, y sus respectivas miras, en circuitos cada 500m. El proyecto tiene como partida el **BM S-34-R**, ubicado en el puente Huamaní (San Clemente – Pisco - Ica), en la carretera Antigua Panamericana Sur, del año 2010. La elevación de este punto

es de 56.1054 msnm, cota que se arrastró por nivelación geodésica al BM del proyecto.

Control horizontal: Se muestra el cuadro resumen de puntos de control

Tabla 17 *Puntos de Control.*

Nombre	COORDENADAS TOPOGRAFICAS		Elevación Ortométrica (m)
	Norte (m)	Este (m)	
SR 01	8,538,593.455	489,053.652	4,618.180
SR 02	8,538,652.184	489,547.708	4,621.936
SR 03	8,538,629.666	490,069.234	4,636.137
SR 04	8,538,436.428	490,207.919	4,624.646
SR 05	8,538,185.716	490,264.943	4,619.475
SR 06	8,537,744.344	490,304.900	4,597.557
SR 07	8,537,334.274	490,200.527	4,583.716
SR 08	8,536,903.842	490,180.228	4,575.241
SR 09	8,536,416.751	490,154.121	4,561.495
SR 10	8,535,905.205	490,273.948	4,550.958
SR 11	8,534,553.020	490,531.761	4,518.761
SR 12	8,534,217.212	490,571.065	4,512.700
SR 13	8,533,872.498	490,897.778	4,495.756
SR 14	8,533,529.985	491,281.420	4,472.832
SR 15	8,533,187.404	491,686.832	4,459.134
SR 16	8,533,003.140	491,824.747	4,444.884
SR 17	8,532,693.491	492,024.937	4,428.903
SR 18	8,532,627.355	492,243.399	4,420.920
SR 19	8,532,576.448	492,311.778	4,419.157
SR 20	8,532,223.862	492,514.229	4,406.622
SR 21	8,530,791.507	493,614.634	4,337.240
SR 22	8,530,573.227	494,205.934	4,314.263
SR 23	8,530,503.005	494,380.949	4,314.806
SR 24	8,530,040.542	494,657.675	4,294.929
SR 25	8,529,812.222	495,308.497	4,270.433
SR 26	8,529,561.906	495,674.306	4,261.056
SR 27	8,529,141.989	495,863.255	4,238.365
SR 28	8,528,078.505	496,355.104	4,207.740
SR 29	8,527,907.617	496,848.212	4,192.380
SR 30	8,527,595.133	497,171.876	4,178.070
SR 31	8,527,532.910	497,308.972	4,174.000

SR 32	8,527,147.431	498,067.339	4,148.472
SR 33	8,526,925.665	498,543.933	4,139.714
SR 34	8,526,894.517	498,793.701	4,136.407
SR 35	8,527,035.306	499,405.460	4,131.889
SR 36	8,527,210.916	499,657.521	4,124.793
SR 37	8,527,508.716	499,594.417	4,112.933
SR 38	8,526,634.276	500,528.117	4,091.147
SR 39	8,526,256.335	501,001.692	4,085.627
SR 40	8,526,141.943	501,215.291	4,079.860
SR 41	8,526,086.452	501,566.998	4,068.628
SR 42	8,526,180.345	502,127.589	4,056.239
SR 43	8,526,299.470	502,617.318	4,043.591
SR 44	8,526,307.380	502,886.334	4,040.324
SR 45	8,525,518.861	503,888.416	4,012.214
SR 46	8,525,136.551	504,224.439	4,006.832
SR 47	8,524,580.491	504,487.402	4,002.258
SR 48	8,524,078.774	504,686.421	3,990.254
SR 49	8,523,664.152	505,037.249	3,980.922
SR 50	8,523,191.651	505,392.678	3,970.957
SR 51	8,522,763.359	505,778.956	3,961.901
SR 52	8,522,286.184	506,135.773	3,952.740

Control Vertical: Se muestra el cuadro de resumen de los BM`s

Tabla 18 Cuadro de Resumen de los BM`s

BM / PTO DE CONTROL	COTA
BM 0.0 / GPS SIH-SIR-02	4611.897
BM 0.5 / SR-01	4618.180
BM 1.0 / SR-02	4621.936
BM 1.5 / SR-03	4636.137
BM 2.0 / SR-04	4624.646
BM 2.5 / SR-06	4597.557
BM 3.0 / SR7	4583.715
BM 3.5 / SR8	4575.241
BM 4.0 / SR-9	4561.494

BM 4.5 / SR-10	4550.958
BM 5.0 / GPS SIR-03	4537.884
BM 5.5	4521.602
BM 6.0 / SR 11	4518.761
BM 6.5 / SR 12	4512.700
BM 7.0 / SR 13	4495.756
BM 7.5 / SR-14	4472.832
BM 8.0 / SR-15	4459.134
BM 8.5	4440.045
BM 9.0 / SR-17	4428.902
BM 9.5	4411.785
BM 10.0	4389.215
SR-20	4406.622
BM 10.5	4372.937
BM 11.0 / GPS SIR-06	4363.845
BM 11.5 / SR-21	4337.240
BM 12.0	4317.558
BM 12.5	4310.566
BM 13.0 / SR-24	4294.929
BM 13.5	4276.926
BM 14.0 / SR-26	4261.056
BM 14.5 / SR-27	4238.364
BM 15.0 / GPS SIR-07	4230.480
BM 15.5 / GPS SIR-08	4221.710
BM 16.0	4198.659
BM 16.5 / SR-29	4192.380
BM 17.0 / SR-31	4173.999
BM 17.5	4158.445
BM 18.0	4147.398
BM 18.5 / SR-33	4139.714
BM 19.0	4136.091
BM 19.5	4126.501

BM 20.0	4109.468
BM 20.5 / GPS SIR-09	4106.991
BM 21.0	4102.277
BM 21.5	4090.800
BM 22.0 / SR-39	4085.627
BM 22.5	4071.694
BM 23.0	4059.480
BM 23.5	4048.017
BM 24.0 / SR-44	4040.324
BM 24.5 / GPS SIR-11	4027.679
BM 25.0 / GPS SIR-12	4019.766
BM 25.5	4005.407
BM 26.0	4005.082
BM 26.5 / SR-47	4002.258
BM 27.0 / SR-48	3990.254
BM 27.5 / SR-49	3980.922
BM 28.0	3974.106
BM 28.5	3964.629
BM 29.0	3958.201
BM 29.5	3950.234
BM 30.0	3939.539

Circuitos de Nivelación

Tabla 19 *Circuitos de Nivelación.*

BM / PTO DE CONTROL	COTA	ERROR PERMISIBLE	ERROR COMETIDO
GPS SIH-SIR-01	4622.080	$(\pm 0.012\sqrt{K}) = 0.008$	0.003
BM 0.0 / GPS SIH-SIR-02	4611.897	$(\pm 0.012\sqrt{K}) = 0.008$	0.004
BM 0.5 / SR-01	4618.180	$(\pm 0.012\sqrt{K}) = 0.008$	0.004
BM 1.0 / SR-02	4621.936	$(\pm 0.012\sqrt{K}) = 0.008$	0.005
BM 1.5 / SR-03	4636.137	$(\pm 0.012\sqrt{K}) = 0.008$	0.003
BM 2.0 / SR-04	4624.646	$(\pm 0.012\sqrt{K}) = 0.008$	0.006
SR-05	4619.475	$(\pm 0.012\sqrt{K}) = 0.008$	0.008

BM 2.5 / SR-06	4597.557	(+/-0.012√K) = 0.008	0.008
BM 3.0 / SR7	4583.715	(+/-0.012√K) = 0.008	0.001
BM 3.5 / SR8	4575.241	(+/-0.012√K) = 0.008	0.005
BM 4.0 / SR-9	4561.494	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 4.5 / SR-10	4550.958	(+/-0.012√K) = 0.008	0.005
BM 5.0 / GPS SIR-03	4537.884	(+/-0.012√K) = 0.008	0.004
BM 5.5	4521.602	(+/-0.012√K) = 0.008	0.004
GPS SIR-04	4528.878	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 6.0 / SR 11	4518.761	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 6.5 / SR 12	4512.700	(+/-0.012√K) = 0.008	-0.003
BM 7.0 / SR 13	4495.756	(+/-0.012√K) = 0.008	0.004
BM 7.5 / SR-14	4472.832	(+/-0.012√K) = 0.008	-0.006
BM 8.0 / SR-15	4459.134	(+/-0.012√K) = 0.008	0.002
SR-16	4444.884	(+/-0.012√K) = 0.008	0.005
BM 8.5	4440.045	(+/-0.012√K) = 0.008	0.005
BM 9.0 / SR-17	4428.902	(+/-0.012√K) = 0.008	0.006
SR-18	4420.919	(+/-0.012√K) = 0.008	0.003
SR-19	4419.157	(+/-0.012√K) = 0.008	0.003
BM 9.5	4411.785	(+/-0.012√K) = 0.008	0.003
BM 10.0	4389.215	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
SR-20	4406.622	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 10.5	4372.937	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
GPS SIR-05	4379.025	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 11.0 / GPS SIR-06	4363.845	(+/-0.012√K) = 0.008	0.006
BM 11.5 / SR-21	4337.240	(+/-0.012√K) = 0.008	0.003
BM 12.0	4317.558	(+/-0.012√K) = 0.008	0.004
BM 12.5	4310.566	(+/-0.012√K) = 0.008	0.002
SR-22	4314.263	(+/-0.012√K) = 0.008	0.002
SR-23	4314.806	(+/-0.012√K) = 0.008	0.002
BM 13.0 / SR-24	4294.929	(+/-0.012√K) = 0.008	0.000
BM 13.5	4276.926	(+/-0.012√K) = 0.008	-0.007
SR-25	4270.433	(+/-0.012√K) = 0.008	0.006
BM 14.0 / SR-26	4261.056	(+/-0.012√K) = 0.008	0.006
BM 14.5 / SR-27	4238.364	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 15.0 / GPS SIR-07	4230.480	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 15.5 / GPS SIR-08	4221.710	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 16.0	4198.659	(+/-0.012√K) = 0.008	0.008
SR-28	4207.740	(+/-0.012√K) = 0.008	0.008
BM 16.5 / SR-29	4192.380	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
SR-30	4178.070	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 17.0 / SR-31	4173.999	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 17.5	4158.445	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007

SR-32	4148.471	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 18.0	4147.398	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 18.5 / SR-33	4139.714	(+/-0.012√K) = 0.008	0.006
SR-34	4136.407	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 19.0	4136.091	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
SR-35	4131.889	(+/-0.012√K) = 0.008	0.006
BM 19.5	4126.501	(+/-0.012√K) = 0.008	0.006
SR-36	4124.793	(+/-0.012√K) = 0.008	0.006
BM 20.0	4109.468	(+/-0.012√K) = 0.008	0.006
SR-37	4112.933	(+/-0.012√K) = 0.008	0.004
BM 20.5 / GPS SIR-09	4106.991	(+/-0.012√K) = 0.008	0.004
BM 21.0	4102.277	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
GPS SIR-10	4101.030	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
SR-38	4091.147	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 21.5	4090.800	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 22.0 / SR-39	4085.627	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
SR-40	4079.860	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 22.5	4071.694	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
SR-41	4068.628	(+/-0.012√K) = 0.008	0.006
BM 23.0	4059.480	(+/-0.012√K) = 0.008	0.006
SR-42	4056.239	(+/-0.012√K) = 0.008	0.006
BM 23.5	4048.017	(+/-0.012√K) = 0.008	0.006
SR-43	4043.591	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 24.0 / SR-44	4040.324	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 24.5 / GPS SIR-11	4027.679	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 25.0 / GPS SIR-12	4019.766	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
SR-45	4012.214	(+/-0.012√K) = 0.008	-0.005
BM 25.5	4005.407	(+/-0.012√K) = 0.008	-0.005
SR-46	4006.832	(+/-0.012√K) = 0.008	0.004
BM 26.0	4005.082	(+/-0.012√K) = 0.008	0.004
BM 26.5 / SR-47	4002.258	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 27.0 / SR-48	3990.254	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 27.5 / SR-49	3980.922	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 28.0	3974.106	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
SR-50	3970.957	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 28.5	3964.629	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
SR-51	3961.901	(+/-0.012√K) = 0.008	0.006
BM 29.0	3958.201	(+/-0.012√K) = 0.008	0.006
SR-52	3952.740	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
BM 29.5	3950.234	(+/-0.012√K) = 0.008	0.007
GPS SIR-13	3945.997	(+/-0.012√K) = 0.008	0.003
BM 30.0	3939.539	(+/-0.012√K) = 0.008	0.003

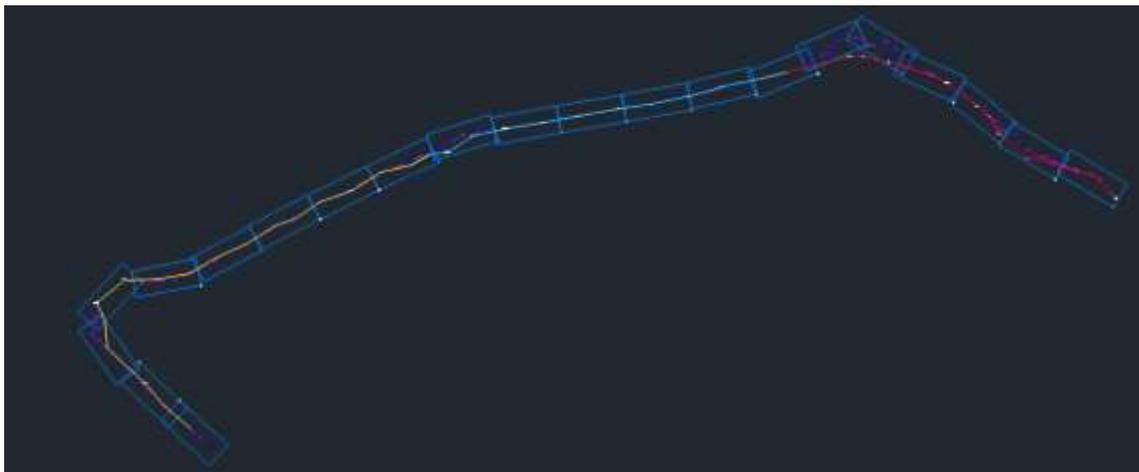
GPS SIR-14	3938.018	$(\pm 0.012\sqrt{K}) = 0.008$	0.002
------------	----------	-------------------------------	-------

Del cuadro de circuitos de nivelación, se indica que la precisión esta con valores menores en relación la tolerancia $0.012 \sqrt{K}$ permitida.

4.3 Los resultados del objetivo específico 3 de la topografía con la finalidad de conocer el trazo, perfil longitudinal y secciones transversales del tramo.

se ha utilizado para la planimetría el sistema de Coordenadas UTM-WGS84, obtenidas con equipos GPS diferencial, para el relleno topográfico se ha utilizado la topografía clásica con estación total y para la altimetría se usó un BM oficial IGN (Bench Mark)..

Figura 30 Levantamiento topográfico del tramo y separados casa 5km



Fuente: Elaboración Propia

4.4 Los resultados del objetivo específico 4, se sigue los criterios y recomendaciones establecidas por el manual de diseño geométrico de carretera DG 2018 con la finalidad de realizar el trazo, perfil longitudinal y secciones transversales del tramo.

DISEÑO GEOMETRICO

PROCEDIMIENTO

Se ha tenido en consideración el Estudio de Factibilidad de la carretera Huancavelica – Santa Inés - Empalme ruta 24^a (vía Los Libertadores).

Este estudio presenta como características de la intervención una sección típica con una calzada de 6.00m (02 carriles), bermas de 0.50m a cada lado, velocidades de 30kph, 40kph y 50kph, radio mínimo de 45m (40kph), bombeo de 2.5% y cunetas de 0.50 x 1.00m, con 8pisxkm en promedio.

SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente, el inicio de la ruta en estudio se da en una intersección que no está desarrollada en la comunidad de Santa Inés. La vía en sus primeros kilómetros (hasta el km 9) presenta un ancho promedio de 5m. Desde el km. 9 hasta el km. 21, el ancho promedio se reduce a 4m. Desde el Km. 21 al Km. 28 el ancho promedio disminuye aún más, a 3.5m (excepto en la zona urbana de Pilpichaca km 23), y concluye con un ensanche de 5.50m en promedio hasta el puente Rumichaca. La orografía del proyecto es de Tipo 3, y cuenta con radios mínimos de 10m aproximadamente, con una velocidad de operación de 20kph.

ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)

Análisis de Antecedentes

Se ha tenido en consideración el Estudio de Factibilidad de la carretera Huancavelica – Santa Inés - Empalme ruta 24^a (vía Los Libertadores).

Este estudio presenta como características de la intervención una sección típica con una calzada de 6.00m (02 carriles), bermas de 0.50m a cada lado, velocidades de 30kph, 40kph y 50kph, radio mínimo de 45m (40kph), bombeo de 2.5% y cunetas de 0.50 x 1.00m, con 8pisxkm en promedio.

Situación Actual

Actualmente, el inicio de la ruta en estudio se da en una intersección que no está desarrollada en la comunidad de Santa Inés.

La vía en sus primeros kilómetros (hasta el km 9) presenta un ancho promedio de 5m.

Desde el km. 9 hasta el km. 21, el ancho promedio se reduce a 4m.

Desde el Km. 21 al Km. 28 el ancho promedio disminuye aún más, a 3.5m (excepto en la zona urbana de Pilpichaca km 23), y concluye con un ensanche de 5.50m en promedio hasta el puente Rumichaca.

La orografía del proyecto es de Tipo 3, y cuenta con radios mínimos de 10m aproximadamente, con una velocidad de operación de 20kph.

Los estudios de conteo y clasificación vehicular y las encuestas de Origen Destino, se ejecutaron en las estaciones programadas por el especialista y coordinadas con el supervisor de Provías Nacional.

Los conteos de tráfico estuvieron a cargo de encuestadores, dirigidos por los especialistas de tráfico que verificaron las encuestas. Se realizó una estricta supervisión para que la información obtenida se registrase según los métodos y procedimientos establecidos. El tráfico Normal de los diferentes tipos de vehículos,

ha sido proyectado a 20 años teniendo como año base el 2023, mediante las tasas de crecimiento indicadas en los cuadros que vienen a continuación en los párrafos siguientes.

De los estudios de tráfico, se presentan los resultados de los conteos y las proyecciones a 20 años, de 02 estaciones de conteo: el E1 se encuentra entre Santa Ines y Pilpichaca, y el E2 entre Pilpichaca y Rumichaca. El IMD obtenido para el año 2042,

E1: 354 vehículos (del Km. 0+200 al Km. 22+400, antes de la entrada a Pilpichaca)

E2 : 706 vehículos (desde Pilpichaca Km. 22+400 hasta el final)

El vehículo predominante es el camino de 2 ejes C2.

De las DG 2018, se extraen las siguientes medidas de vehículos

Figura 34 Datos Básicos de los Vehículos de Tipo M Utilizados para el Dimensionamiento de Carreteras Según Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente)

Tabla 202.01

Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras
Según Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente)

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho Total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1,30	2,10	0,15	1,80	5,80	0,90	3,40	1,50	7,30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4,10	2,60	0,00	2,60	13,20	2,30	8,25	2,65	12,80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	14,00	2,40	7,55	4,05	13,70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	15,00	3,20	7,75	4,05	13,70
Ómnibus articulado (BA-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	18,30	2,60	6,70 / 1,90 / 4,00	3,10	12,80
Semirremolque simple (T2S1)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	6,00 / 12,50	0,80	13,70
Remolque simple (C2R1)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	10,30 / 0,80 / 2,15 / 7,75	0,80	12,80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,40 / 6,80 / 1,40 / 6,80	1,40	13,70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,45 / 5,70 / 1,40 / 2,15 / 5,70	1,40	13,70
Semirremolque simple (T3S3)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	5,40 / 11,90	2,00	1

Fuente: Imagen obtenida de la norma DG 2018

De las DG 2001, se extraen las siguientes medidas de vehículos, especialmente el C2.

Figura 35 Datos Básicos de los Vehículos de Diseño

**TABLA 202.01
DATOS BÁSICOS DE LOS VEHÍCULOS DE DISEÑO
(medidas en metros)**

TIPO DE VEHÍCULO	NOMENCLATURA	ALTO TOTAL	ANCHO TOTAL	LARGO TOTAL	LONGITUD ENTRE EJES	RADIO MÍNIMO RUEDA EXTERNA DELANTERA	RADIO MÍNIMO RUEDA INTERNA TRASERA
VEHÍCULO LIGERO	VL	1,30	2,10	5,80	3,40	7,30	4,20
OMNIBUS DE DOS EJES	B2	4,10	2,60	9,10	6,10	12,80	8,50
OMNIBUS DE TRES EJES	B3	4,10	2,60	12,10	7,60	12,80	7,40
CAMION SIMPLE 2 EJES	C2	4,10	2,60	9,10	6,10	12,80	8,50
CAMION SIMPLE 3 EJES O MAS	C3 / C4	4,10	2,60	12,20	7,6	12,80	7,40
COMBINACION DE CAMIONES							
SEMIREMOLQUE TANDEM	T2S1 / 2 / 3	4,10 *	2,60	15,20	4,00 / 7,00	12,20	5,80
SEMIREMOLQUE TANDEM	T3S1 / 2 / 3	4,10	2,60	16,70	4,90 / 7,90	13,70	5,90
REMOLQUE 2 EJES + 1 DOBLE (TANDEM)	C2 - R2 / 3	4,10	2,60	19,90	3,80 / 6,10 / 6,40	13,70	6,80
REMOLQUE 3 EJES + 1 DOBLE (TANDEM)	C3 - R2 / 3 / 4	4,10	2,60	19,90	3,80 / 6,10 / 6,40	13,70	6,80

* Altura máxima para contenedores 4,65

Fuente: Imagen obtenida de la norma DG 2018

Trafico Projectado Estación El Fuente: Estudio de Tráfico

Figura 36 IMD Tráfico Total Projectado Estación(E-01) SANTA INES PILPICHACA.

Cuadro N° 100: IMD TRAFICO TOTAL PROYECTADO ESTACION (E-01) SANTA INES - PILPICHACA

E-01 SANTA INES - PILPICHACA																												
Tabla Total Proyecto																												
Traffic/Creacion Vehiculo Camiones	0.17%																											
Traffic/Creacion Vehiculo Omnibus	0.81%																											
Traffic/Creacion Vehiculo Pasajero	0.81%																											
Traffic/Generado	11.27%																											
Vehiculo	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046
Automovil	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
Autobus/Regen	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
Camion	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
C. Rural	8	9	9	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14
Motocicla	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bus 2E	6	6	6	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Bus 3E	15	15	14	15	15	17	17	18	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	24	24	25	25	26	26	27	27	28	28
Bus 4E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Camion 2E	11	11	11	12	14	14	15	15	15	16	16	16	16	17	17	18	18	20	20	21	21	22	22	23	24	24	24	24
Camion 3E	7	7	7	8	8	9	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	12	12	12	13	13	14	14	14	14	14	14
Camion 4E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Remolque 2E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Remolque 3E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Remolque 3E	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Remolque 3E	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Remolque 3E	15	14	14	15	16	16	17	17	17	18	18	21	21	21	22	22	23	24	24	25	25	26	27	27	27	28	28	28
Remolque 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trailer 2E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trailer 2E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trailer 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trailer 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trailer 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trailer 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	189	194	197	201	205	211	218	223	226	231	235	239	243	247	251	255	259	263	267	271	275	279	283	287	291	295	299	303

Fuente: Elaboración Propia

Trafico Proyectado Estación E2 Fuente: Estudio de Tráfico

Figura 37 IMD Tráfico Total Proyectado Estación (E-2)

Cuadro N° 103: IMD TRAFICO TOTAL PROYECTADO ESTACION (E2) PILPICHACA- RUMICHACA

E-02 PILPICHACA - RUMICHACA																								
Tabla Total Proyectada																								
Tasa de Crecimiento Vehículo Licencia	2.17%																							
Tasa de Crecimiento Vehículo Comercial	2.98%																							
Tasa de Crecimiento Vehículo Pesado	2.98%																							
Trafo General	11.27%																							
Vehículo	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
Autobus	107	104	102	144	151	155	159	162	166	169	172	175	179	183	187	192	195	200	204	207	210	216	221	226
Camión	48	50	51	57	58	59	60	61	63	65	66	68	69	70	71	73	75	76	78	79	81	82	84	86
Tránsito	85	87	88	111	113	114	117	120	122	124	127	131	133	135	138	142	144	147	150	154	157	160	163	166
C. Rural	30	31	31	35	36	36	37	38	39	40	41	42	42	43	44	45	46	46	47	48	49	51	52	53
Camión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus E2	6	6	6	7	7	7	8	8	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	12	12
Bus E1	14	14	15	17	18	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	24	24	25	25	26	26	28	28	30
Bus E3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5
Camión E1	20	22	22	25	27	27	28	28	29	30	32	33	34	34	35	36	37	38	39	41	42	42	45	46
Camión E2	10	10	10	12	12	12	13	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	17	18	18	19	20	20	22
Camión E3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Camión E4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión E5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión E6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión E7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión E8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión E9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión E10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión E11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión E12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión E13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión E14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	300	304	302	448	458	469	481	487	502	512	520	529	540	551	564	580	596	613	627	644	660	678	697	716

Fuente: Elaboración Propia

CLASIFICACIÓN DE LA VÍA

Se ha obtenido la clasificación de la vía en función de lo siguiente:

- Clasificación por la demanda.
- Clasificación por la orografía.

Clasificación por la demanda

El índice medio diario (IMD) es el parámetro preponderante para determinar la clasificación de la carretera en función de la demanda,

- *Autopistas de Primera Clase*, son carreteras con $IMD > 6000$ veh/día, de calzadas divididas por un separador central como mínimo de 6.00 m. cada calzada debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos que proporcionen flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas.
- *Autopistas de Segunda Clase*. - Con IMD entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas por medio de un separador central que puede ser menor de 6.00 m. en cuyo caso se instalará un sistemas de contención de vehículos tipo barreras de seguridad; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles, con un mínimo de 3.60 m. de sección por carril, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionen flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas.
- *Carreteras de Primera Clase*. - Son aquellas con un IMD entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles, como mínimo de 3.60 m. de sección por carril; en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial que permitan velocidades de operación amigables.

- *Carreteras de Segunda Clase.* - Son aquellas con un IMD entre 2000-400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho mínimo. Pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.
- *Carreteras de Tercera Clase.* -Son aquellas con un IMD menor a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.
- *Trochas Carrozables.* - Es la categoría más baja de camino transitable para vehículos automotores, constituida con un mínimo de movimiento de tierra, permite el paso de un solo vehículo. Tienen un IMDA menor a 200 veh/día.

La carretera en proyecto se clasifica por la demanda:

Del Km. 0+200 hasta el ingreso a Pilpichaca (Km. 22+400), como carretera de Tercera Clase, en razón de que el IMD proyectado a 20 años, es menor a 2000 veh/día. Según el estudio de tráfico el IMD es 354 vehículos.

Desde Pilpichaca (Km. 22+400) hasta el final, como carretera de Segunda Clase, en razón que el IMD proyectado a 20 años es menor de 2000 veh/día. Según el estudio de tráfico el IMD es 706 vehículos.

Clasificación por la orografía

Las carreteras según condiciones orográficas se clasifican de la siguiente forma:

Terreno Plano (Tipo 1). - Tiene pendientes transversales al eje de las vías menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazado.

Terreno Ondulado (Tipo 2). -Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado.

Terreno Accidentado (Tipo 3). - Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazado.

Terreno Escarpado (Tipo 4). -Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazado.

La carretera en proyecto, se clasifica por la orografía como carretera de Tipo 3, de acuerdo al cuadro indicado a continuación.

Conclusión: La carretera en proyecto se clasifica:

Tabla 20 Clasificación Según Orografía

Desde	Tramo		Hasta	LONGITUD (km)	IMD (2038)	CLASIFICACIÓN SEGÚN OROGRAFÍA
Sta Inés	Km. 0+200	Pilpichaca	Km. 22+400	Carretera Tercera Clase	354	Carretera tipo 3
Pilpichaca	Km. 22+400	Rumichaca	Km. 29+996.597	Carretera Segunda Clase	706	Carretera tipo 4

Fuente: elaboración propia

CRITERIOS Y CONTROLES BÁSICOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO VEHÍCULO DE DISEÑO

Del conteo vehicular se ha considerado el vehículo de mayor presencia, siendo este el C2 en los dos tramos.

Figura 38 Datos Básicos de los Vehículos de Diseño.

DATOS BÁSICOS DE LOS VEHÍCULOS DE DISEÑO
(medidas en metros)

TIPO DE VEHICULO	NOMENCLATURA	ALTO TOTAL	ANCHO TOTAL	LARGO TOTAL	LONGITUD ENTRE EJES	RADIO MINIMO RUEDA EXTERNA DELANTERA	RADIO MINIMO RUEDA INTERNA TRASERA
VEHICULO LIGERO	VL	1,30	2,10	5,80	3,40	7,30	4,20
OMNIBUS DE DOS EJES	B2	4,10	2,60	9,10	6,10	12,80	8,50
OMNIBUS DE TRES EJES	B3	4,10	2,60	12,10	7,60	12,80	7,40
CAMION SIMPLE 2 EJES	C2	4,10	2,60	9,10	6,10	12,80	8,50
CAMION SIMPLE 3 EJES O MAS	C3 / C4	4,10	2,60	12,20	7,6	12,80	7,40
COMBINACION DE CAMIONES							
SEMIREMOLQUE TANDEM	T2S1 / 2 / 3	4,10 *	2,60	15,20	4,00 / 7,00	12,20	5,80
SEMIREMOLQUE TANDEM	T3S1 / 2 / 3	4,10	2,60	16,70	4,90 / 7,90	13,70	5,90
REMOLQUE 2 EJES * 1 DOBLE (TANDEM)	C2 - R2 / 3	4,10	2,60	19,90	3,80 / 6,10 / 6,40	13,70	6,80
REMOLQUE 3 EJES * 1 DOBLE (TANDEM)	C3 - R2 / 3 / 4	4,10	2,60	19,90	3,80 / 6,10 / 6,40	13,70	6,80

* Altura máxima para contenedores 4.65

Fuente: Obtenida de la normativa DG 2018

El vehículo de diseño tiene una longitud total de 9.10m, con una longitud entre ejes de 6.10, por lo que la longitud para el cálculo del sobreecho es $1.50m + 6.10m = 7.60m$

Criterios y Controles Básicos para el Diseño Geométrico

Derecho de Vía o Faja de Dominio

La norma DG-2018 menciona lo siguiente:

Es la faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario.

La Faja del terreno que conforma el Derecho de Vía es un bien de dominio público inalienable e imprescriptible, cuyas definiciones y condiciones de uso se encuentran establecidas en el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado con Decreto Supremo N° 034-2008-MTC y sus modificaciones, bajo los siguientes conceptos:

- Del ancho y aprobación del Derecho de Vía.
- De la libre disponibilidad del Derecho de Vía.
- Del registro del Derecho de Vía.
- De la propiedad del Derecho de Vía.
- De la propiedad restringida.
- De las condiciones para el uso del Derecho de Vía.

A su vez presenta la siguiente tabla:

Tabla 21 *Anchos Mínimos de Derecho de Vía*

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

Fuente: *Tabla 304.09 de la Norma DG-2014*

Para la vía proyectada se tiene los siguientes derechos de vía:

Tabla 22 *Derechos de Via.*

Desde	Tramo	Hasta	LONGITUD (km)	Derecho de Vía
Sta Inés	Km. 0+200	Pilpichaca	Km. 22+400	Carretera Tercera Clase 16m
Pilpichaca	Km. 22+400	Rumichaca	Km. 29+996.597	Carretera Segunda Clase 20m

Fuente: Elaboración Propia

VELOCIDAD DE DISEÑO

Según el conteo vehicular del estudio de tráfico (ver informe de tráfico ítem 7.1 al ítem 7.5) la mayor cantidad de vehículos que transitarán por la vía proyectada es el camión C2.

Las características del vehículo de diseño C2, se puede apreciar en el siguiente cuadro:

Para la determinar la velocidad de diseño se recurrió a la Tabla 204.01 del Manual de Diseño Geométrico DG-2018.

Figura 39 Rangos de Velocidad de Diseño en Función a la Clasificación de la Carretera por Demanda y Orografía.

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

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

Fuente: Obtenida del manual DG 2018

De acuerdo con el tipo de carretera y la orografía se ha obtenido que:

Tabla 23 Tipo de Carretera y la Orografía.

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO
Km. 0+200 – Km. 22+400	40 kph
Km. 22+400 – Km. 29+996.597	50kph

Fuente: Elaboración Propia

Sin embargo, según las DG 2018, Sección 204.01 se indica "La longitud mínima de un tramo de carretera, con una velocidad dada, debe de ser de tres (3.0) kilómetros, para velocidades entre veinte y cincuenta (20 y 50 km/h) y de cuatro (4.0) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento veinte kilómetros por hora (60 y 120 Km/h).

Debido al párrafo indicado se tiene que: Existen 03 zonas urbanas que necesariamente se circulará a 30 kph.

- Santa Inés 0+200 – 0+800
- Huaracco 6+500 – 6+800
- Pilpichaca 22+400 – 24+600

La velocidad de 30 kph viene establecida en el Texto Único Ordenado del Reglamento Nacional de Tránsito – Código de Tránsito aprobado con D.S. N° 016-2009-MTC donde se indica lo siguiente en los artículos 162,163, 164 y 165.

Artículo 162.- Límites máximos de velocidad.

Cuando no existan los riesgos o circunstancias señaladas en los artículos anteriores, los límites máximos de velocidad, son los siguientes:

a) En zona urbana:

- 1. En Calles y Jirones: 40 Km/h.*
- 2. En Avenidas: 60 Km/h.*
- 3. En Vías Expresas: 80 Km/h.*
- 4. Zona escolar: 30 Km/h.*

5. Zona de hospital: 30 Km/h.

b) En Carreteras:

1. Para, automóviles, camionetas y motocicletas: 100Km/h.
2. Para vehículos del servicio público de transporte de pasajeros: 90 Km/h.
3. Para casas rodantes motorizadas: 90 Km/h.
4. Para vehículos de carga: 80 Km/h.
5. Para automotores con casa rodante acoplada: 80 Km/h.
6. Para vehículos de transporte de mercancías peligrosas: 70 Km/h.
7. Para vehículos de transporte público o privado de escolares: 70 Km/h.

c) En caminos rurales: 60 Km/h.

Artículo 163.- Límites máximos de velocidad en carreteras que cruzan centros poblados.

Los límites de velocidad en Carreteras que cruzan centros poblados, son los siguientes:

- a) En zonas comerciales: 35 Km/h.
- b) En zonas residenciales: 55 Km/h.
- c) En zonas escolares: 30 Km/h.**

La Autoridad competente, debe señalar estos cruces.

Artículo 164.- Límites máximos de velocidad especiales.

Límites máximos especiales:

a) En las intersecciones urbanas no semaforizadas: la velocidad precautoria, no debe superar a 30Km/h.

b) En los cruces de ferrocarril a nivel sin barrera ni semáforos: la velocidad precautoria no debe superar a 20 Km/h., y después de asegurarse el conductor que no se aproxima un tren.

c) En la proximidad de establecimientos escolares, deportivos y de gran afluencia de personas, durante el ingreso, su funcionamiento y evacuación, la velocidad precautoria no debe superar a 20 Km/h.

d) En vías que circunvalen zonas urbanas, 60 Km/h., salvo señalización en contrario.

Artículo 165.- Límites mínimos de velocidad.

Las reglas y límites de velocidad mínima son las siguientes:

a) En zona urbana y carreteras: la mitad del máximo fijado para cada tipo de vía.

b) En caminos: 20 Km/h, salvo los vehículos que deban utilizar permisos.

- Respetando inicio y fin de las zonas urbanas, consideramos 3km, antes y después de la zona urbana a 30kph (a fin de comenzar a incrementar la velocidad cuando se sale de la zona urbana o cuando se llega a la zona urbana)

- Establecido los límites de la velocidad de 30kph, verificamos si se puede incrementar a 40kph. Esta verificación es verificando si se cuenta con una distancia libre de 3km para subir a 40kph, y 3km para reducir a 30kph. Es decir, se requiere una distancia de 9k para pasar de 30kph, luego a 40kph para reducir a 30kph, antes de llegar a la zona urbana.
- La distancia entre Santa Inés (Km. 0+800) a Huaracco (Km. 6+500) es de 5.7Km, por lo que no se cuenta con la distancia de 9k para elevar la velocidad a 40kph, por esta razón el tramo libre entre Santa Inés y Huaracco se circulará con 30kph.
- Entre Huaracco (Km. 6+800) y el inicio de la zona urbana de Pilpichaca (Km. 22+400) hay una distancia 15.6 Km. Esta distancia permite llevar parte de esta distancia a una velocidad de 40kph. De esta manera los cambios de velocidad serian de la siguiente manera:
 - Del 6+800 al 9+800, a 30 kph
 - Del 9+800 al 19+400 a 40 kph
 - Del 19+400 al 22+400 a 30kph
- Saliendo de Pilpichaca (Km. 24+600) hacia el punto final del proyecto (Km. 29+996.597) existe una distancia de 5.4Km. Esta distancia es menor de los 9km que se requieren para efectuar incrementos de velocidad. **Por esta razón se mantiene todo el tramo en 30kph.**

- En resumen, los tramos de velocidad se efectuarán de la siguiente manera:

DISTANCIA DE VISIBILIDAD

Tabla 24 *Distancia de Visibilidad*

Tramo	Velocidad de diseño	Orografía	Tipo de Carretera
Km. 0+200 – Km. 0+800 (Zona Urbana)	30 kph	Tipo 3	Tercera clase
Km. 0+800 – Km. 6+500	30 kph	Tipo 3	Tercera clase
Km.6+500 – Km. 6+800 (Zona Urbana)	30 kph	Tipo 3	Tercera clase
Km. 6+800 – Km. 9+800	30 kph	Tipo 3	Tercera clase
Km. 9+800 – Km. 19+400	40 kph	Tipo 3	Tercera clase
Km. 19+400 – Km. 22+400	30 kph	Tipo 3	Tercera clase
Km. 22+400 – Km. 24+600 (Zona Urbana)	30 kph	Tipo 4	Segunda clase
Km. 24+600 – Km. 27+600	30Kph	Tipo 4	Segunda clase
Km. 27+600 – Km. 29+996.597	30kph	Tipo 4	Segunda clase

Fuente: Elaboración Propia

Distancia de visibilidad de parada

De acuerdo con la norma DG-2018:

Tabla 25 *Distancia de Visibilidad de Parada (metros)*

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

Fuente: Tabla 205.01 de la Norma DG-2014

En nuestro caso tenemos que la distancia de velocidad de parada sería:

Tabla 26 *Distancia de Visibilidad Parada*

Tramo	Velocidad de diseño	Dist. Visibilidad Parada
Km. 0+200 – Km. 0+800 (Zona Urbana)	30 kph	29m – 35m
Km. 0+800 – Km. 6+500	30 kph	29m – 35m
Km.6+500 – Km. 6+800 (Zona Urbana)	30 kph	29m – 35m
Km. 6+800 – Km. 9+800	30 kph	29m – 35m
Km. 9+800 – Km. 19+400	40 kph	43m – 53m
Km. 19+400 – Km. 22+400	30 kph	29m – 35m
Km. 22+400 – Km. 24+600 (Zona Urbana)	30 kph	29m – 35m
Km. 24+600 – Km. 27+600	30Kph	29m - 35m
Km. 27+600 – Km. 29+996.597	30kph	29m – 35m

Fuente: Elaboración Propia

Distancia de visibilidad de paso

De acuerdo con la norma DG-2018:

Tabla 27 *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 DA (m)	
			CALCULADA	R EDONDEADA
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: *Tabla 205.03 de la Norma DG-2014*

En nuestro caso la distancia de visibilidad de paso será de fines de comprender el cuadro siguiente, se explica un sector a continuación:

Tabla 28 *Distancia de Visibilidad de Paso.*

Tramo	Velocidad de diseño	Dist. Visibilidad Paso
Km. 0+200 – Km. 0+800 (Zona Urbana)	30 kph	200m
Km. 0+800 – Km. 6+500	30 kph	200m
Km.6+500 – Km. 6+800 (Zona Urbana)	30 kph	200m
Km. 6+800 – Km. 9+800	30 kph	200m
Km. 9+800 – Km. 19+400	40 kph	270m
Km. 19+400 – Km. 22+400	30 kph	200m
Km. 22+400 – Km. 24+600 (Zona Urbana)	30 kph	200m
Km. 24+600 – Km. 27+600	30Kph	270m
Km. 27+600 – Km. 29+996.597	30kph	200m

Fuente: Elaboración Propia

En la Curva N°06,

PT Curva N° 05: 2+096.696

PC Curva N° 06: 2+283.435

Tangente 5 – 6: 186.739m.

Esta longitud es mayor a los 35m que exige las DG 2018, por lo que se concluye que este tramo cuenta con una distancia suficiente para que un vehículo pueda identificar la presencia de otro adelante y pueda efectuar la operación de frenado deteniéndose con el tiempo suficiente.

De esta manera, se ha evaluado que los tramos tangentes existentes cumplan con la distancia de visibilidad de parada.

De la misma manera, se procede a explicar, para un mejor entendimiento el análisis de la distancia de visibilidad de paso.

Curva N° 05,

PC Curva N° 05 : 2+007.121

PT Curva N° 04 : 1+832.000

Tangente 04 – 05 : 175.121m.

Esta distancia es menor de los 200m que exige las DG 2018. Es así que este tramo No cumple con la distancia requerida por lo que no se debe realizar la operación de adelantar.

Se ha realizado este análisis para todos los tramos tangentes, determinando así una lista donde no se podrá realizar la operación de adelantamiento. En estos sectores deberá implementarse la señalización horizontal y vertical que haga de conocimiento al conductor.

ANALISIS DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PASO

En los tramos donde no se cumpla la distancia de visibilidad de paso, deberá implementarse la señalización y marcas en el pavimento para garantizar que no se efectúe el adelantamiento.

Tabla 29 *Tramos Recomendados Complementar Señalización de no Adelantamiento.*

Inicio	Fin	Recomendación
2+000	2+950	Doble línea (marca en el pavimento)
3+350	3+650	Doble línea (marca en el pavimento)
4+600	4+700	Doble línea (marca en el pavimento)
5+90	6+750	Doble línea (marca en el pavimento)

7+000	8+150	Doble línea (marca en el pavimento)
9+200	9+500	Doble línea (marca en el pavimento)
9+700	10+500	Doble línea (marca en el pavimento)
11+050	11+650	Doble línea (marca en el pavimento)
11+950	12+600	Doble línea (marca en el pavimento)
14+500	14+800	Doble línea (marca en el pavimento)
14+950	15+120	Doble línea (marca en el pavimento)
15+440	15+580	Doble línea (marca en el pavimento)
15+750	16+040	Doble línea (marca en el pavimento)
16+350	17+450	Doble línea (marca en el pavimento)
17+580	18+280	Doble línea (marca en el pavimento)
18+760	19+180	Doble línea (marca en el pavimento)
19+520	20+180	Doble línea (marca en el pavimento)
21+280	21+480	Doble línea (marca en el pavimento)
21+840	22+120	Doble línea (marca en el pavimento)
26+000	26+100	Doble línea (marca en el pavimento)
29+120	29+350	Doble línea (marca en el pavimento)
29+850	29+980	Doble línea (marca en el pavimento)

Fuente: Elaboración propia

CONTROL DE ACCESOS

Se han desarrollado empalmes con trochas que desembocan en nuestra ruta de estudios. Estos empalmes menores han sido atendidos en una longitud de 20m, con el desarrollo de la intersección con nuestra vía.

Los planos de estas intersecciones a trochas se muestran en el capítulo de planos.

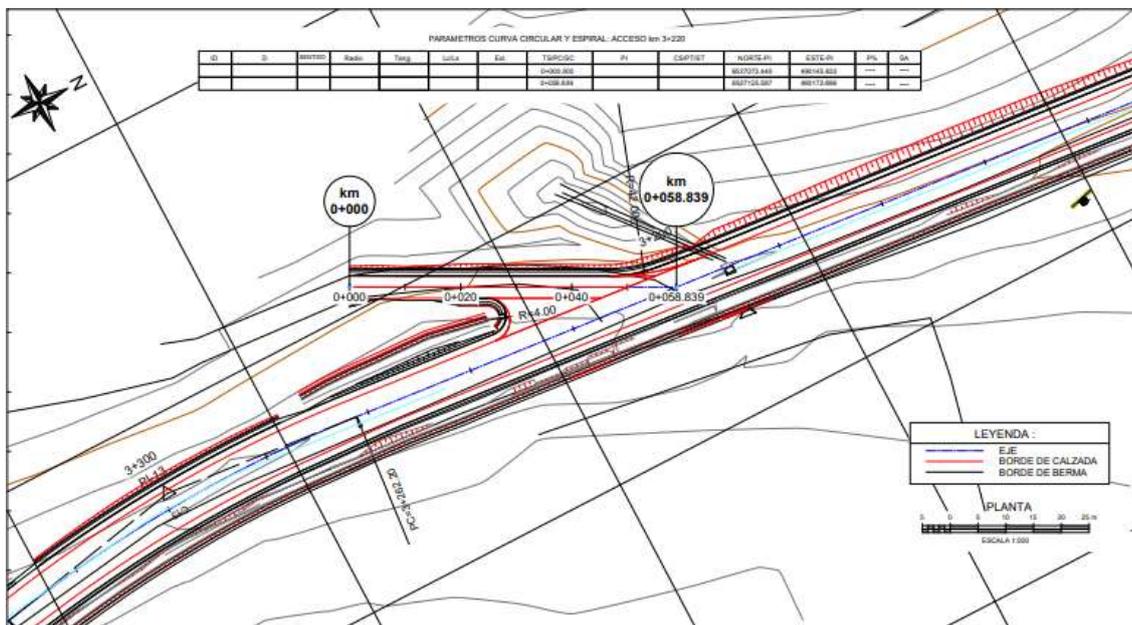
Acceso Km 3+220

Ubicado al lado derecho de la vía, con un ancho existente de 4m. El acceso es tipo trocha, de poca circulación. Esta trocha se ha empalma a la vía mediante 2 pendientes de 8.9% y 3.13% con curva vertical de 20m. El empalme entre el acceso y la berma no requiere curva vertical. El camino conduce a una pequeña cantidad de viviendas y luego enrumba a Santa Inés. Esta ruta, de intervenir se convertiría en una paralela a nuestro proyecto.

El acceso tiene una longitud de 58m. Los detalles se pueden apreciar en los volúmenes de planos.

Durante los trabajos de campo, no se evidenció circulación de vehículos, pudiendo afirmar que el IMD es menor 50 vehículos/día.

Figura 40 Plano de acceso km 3+220



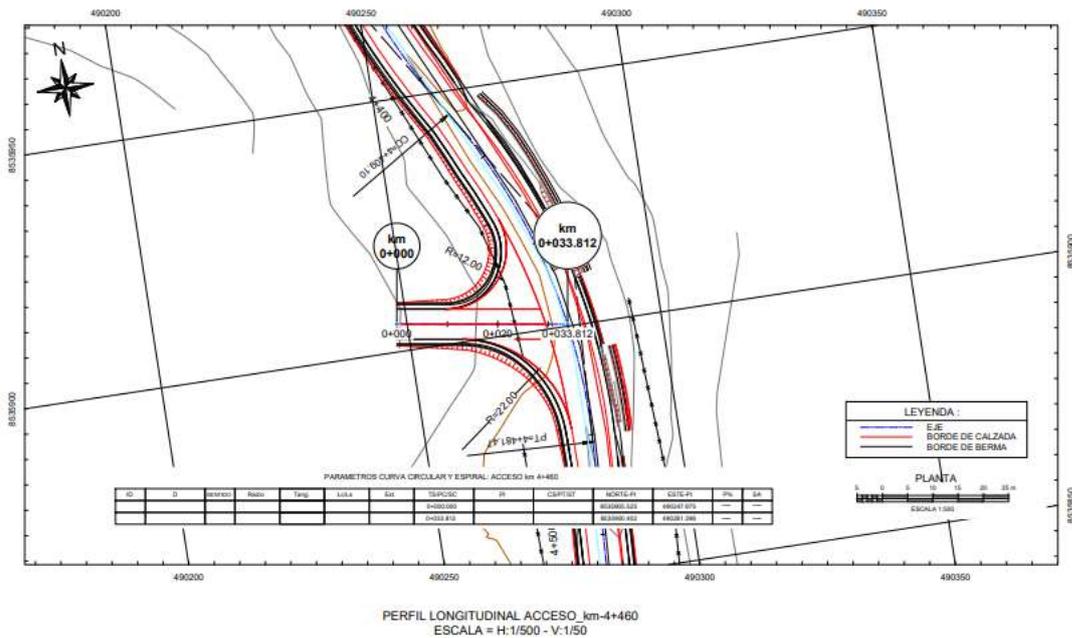
Acceso Km 4+460

Ubicado al lado derecho de la vía, con un ancho existente de 4m. El acceso es tipo trocha, de poca circulación. Esta trocha se ha empalma a la vía mediante 2 pendientes de 8.9% y 3.13% con curva vertical de 20m. El empalme entre el acceso y la berma no requiere curva vertical. El camino empalma con el acceso anterior y también conduce a Santa Inés.

El acceso tiene 95.2m, y los detalles se pueden apreciar en los volúmenes de planos.

Durante los trabajos de campo, no se evidenció circulación de vehículos, pudiendo afirmar que el IMD es menor 50 vehículos/día.

Figura 41 Plano de Acceso km-4+460



Fuente: Elaboración propia

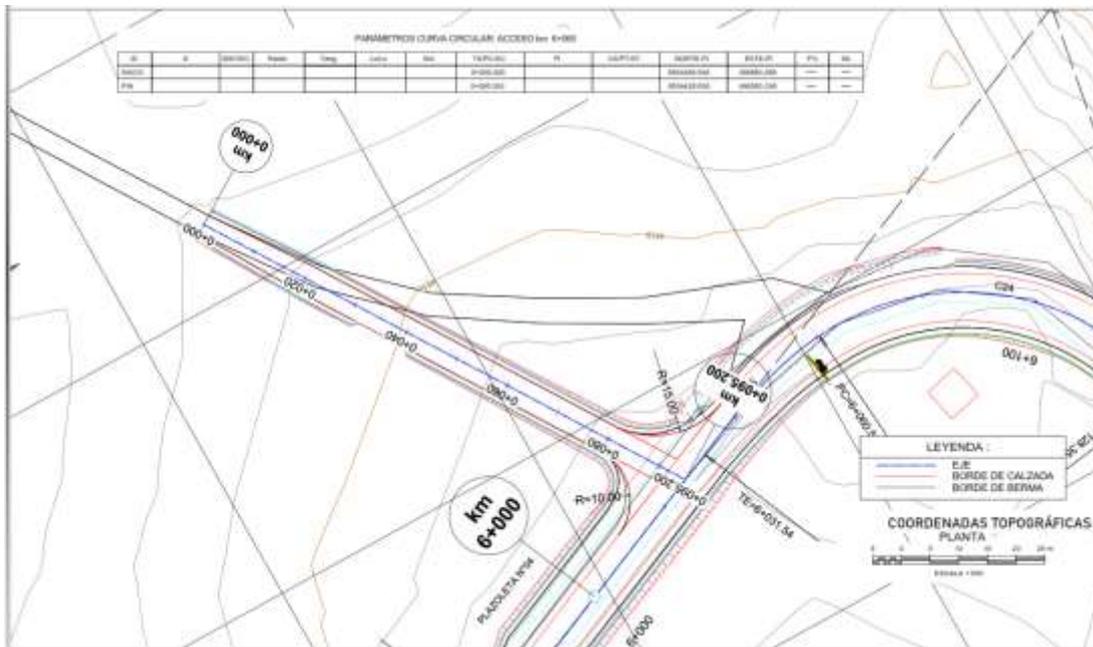
Acceso Km 6+060

Se encuentra en el lado izquierdo de la vía. Es una trocha de 4.5m, que conduce a la Laguna Choclococha. Este acceso tiene una longitud de 57.2m.

Durante los trabajos de campo, no se evidenció circulación de vehículos, pudiendo afirmar que el IMD es menor 50 vehículos/día. Por lo general la población camina este tramo corto.

Los detalles se pueden apreciar en el plano correspondiente.

Figura 42 Plano de acceso Km 6+060



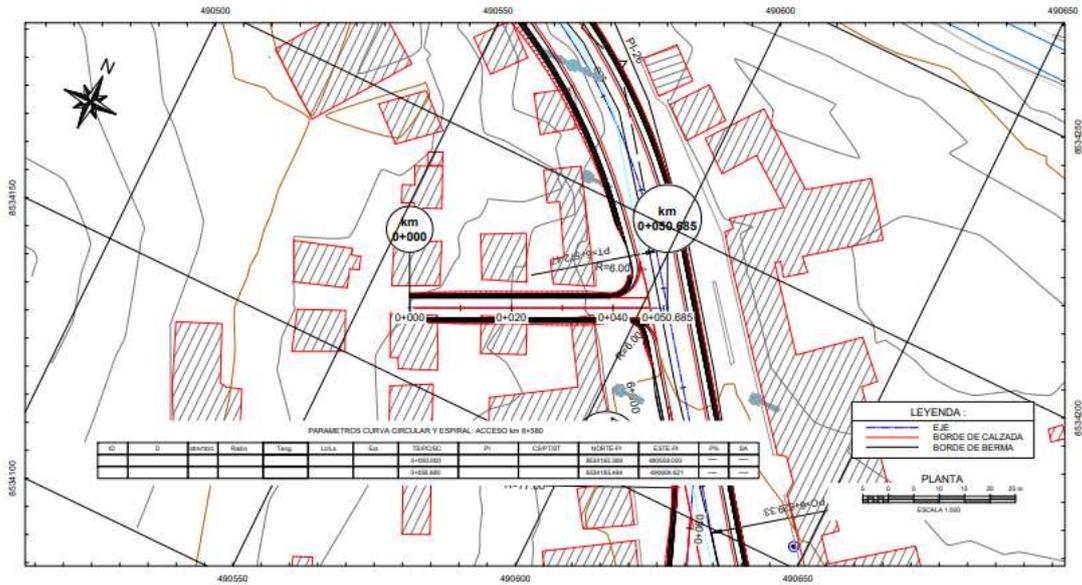
Fuente: Elaboración propia

Acceso Km 6+580

Este camino coincide con una posible calle dentro del ordenamiento de viviendas del centro poblado de Huaracco al lado derecho de la vía. El acceso tiene una longitud de 50.6m y un ancho de 4m y una pendiente bastante pronunciada de 14.06%

Este camino actualmente se usa con fines particulares. Pocos pobladores con vehículo circulan por ahí para estacionar sus vehículos en la frontera de su vivienda. No existe flujo vehicular.

Figura 43 Plano de acceso Km 6+580



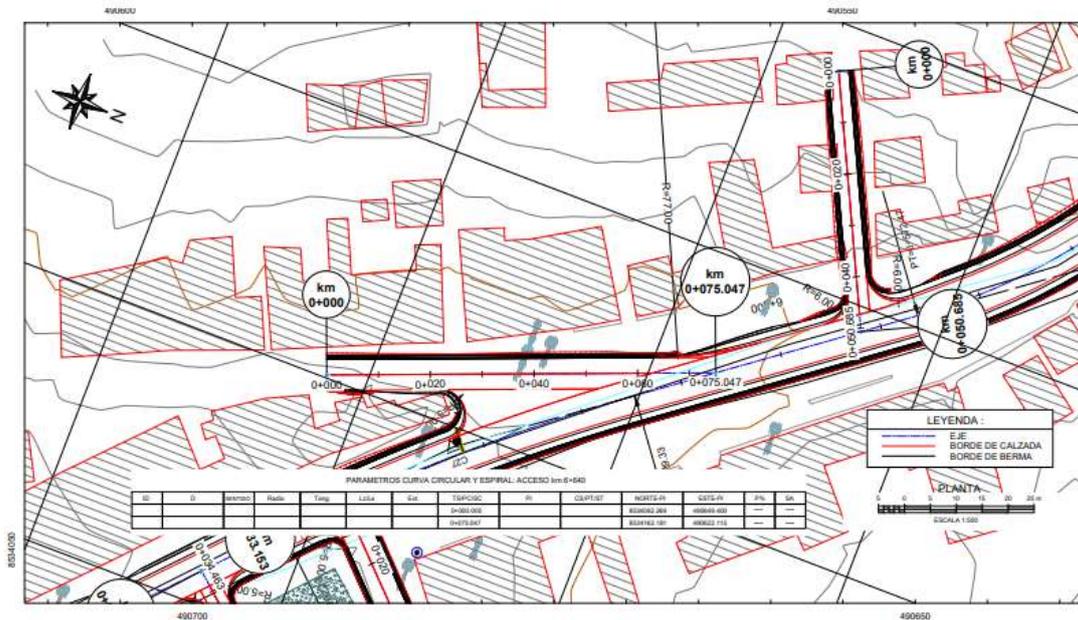
Fuente: Elaboración propia

Acceso Km 6+640

Este camino coincide con una posible calle dentro del ordenamiento de viviendas del centro poblado de Huaracco. El acceso tiene una longitud de 75.05m y un ancho de 6m y una pendiente bastante pronunciada de 4.23%. Este acceso se encuentra al lado derecho de la vía.

Este camino actualmente se usa con fines particulares. Pocos pobladores con vehículo circulan por ahí para estacionar sus vehículos en la frontera de su vivienda. No existe flujo vehicular.

Figura 44 Plano de Acceso km-4+460



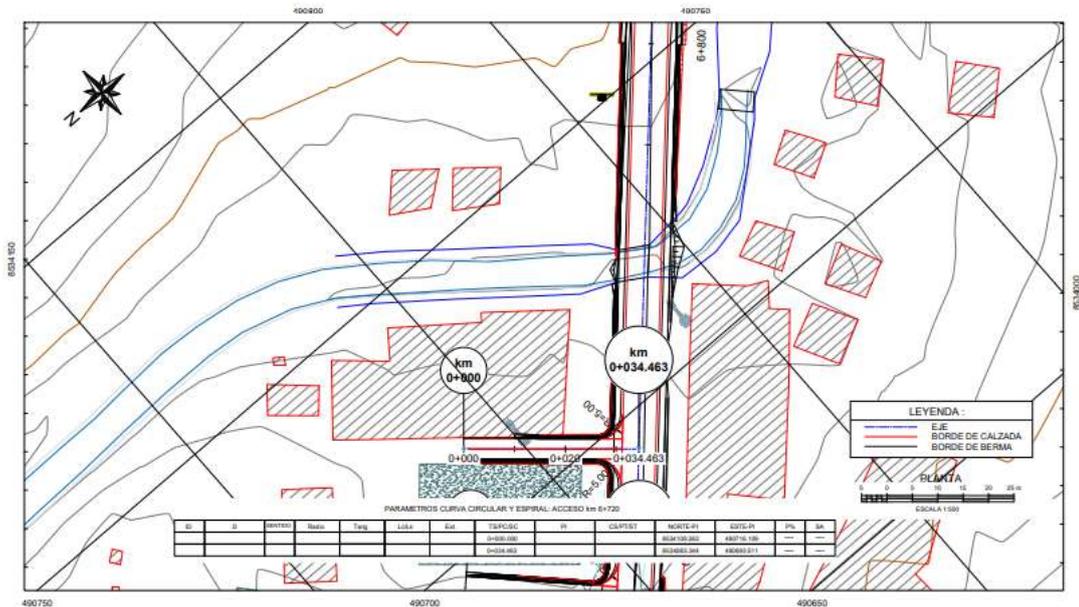
Fuente: Elaboración propia

Acceso Km 6+690

Este acceso tiene un ancho de 6m, y coincide con una de las calles alineadas y paralelas a una losa. Esta al lado izquierdo de la vía y tiene una longitud 33.15m. Las pendientes de entrada son de 2.529% y -0.416%. El acceso existente esta a nivel de tierra cerca de las viviendas.

Este camino actualmente se usa con fines particulares. Pocos pobladores con vehículo circulan por ahí para estacionar sus vehículos en la frontera de su vivienda. No existe flujo vehicular.

Figura 46 Plano de acceso Km 6+720



Fuente: Elaboración propia

Acceso Km 12+470

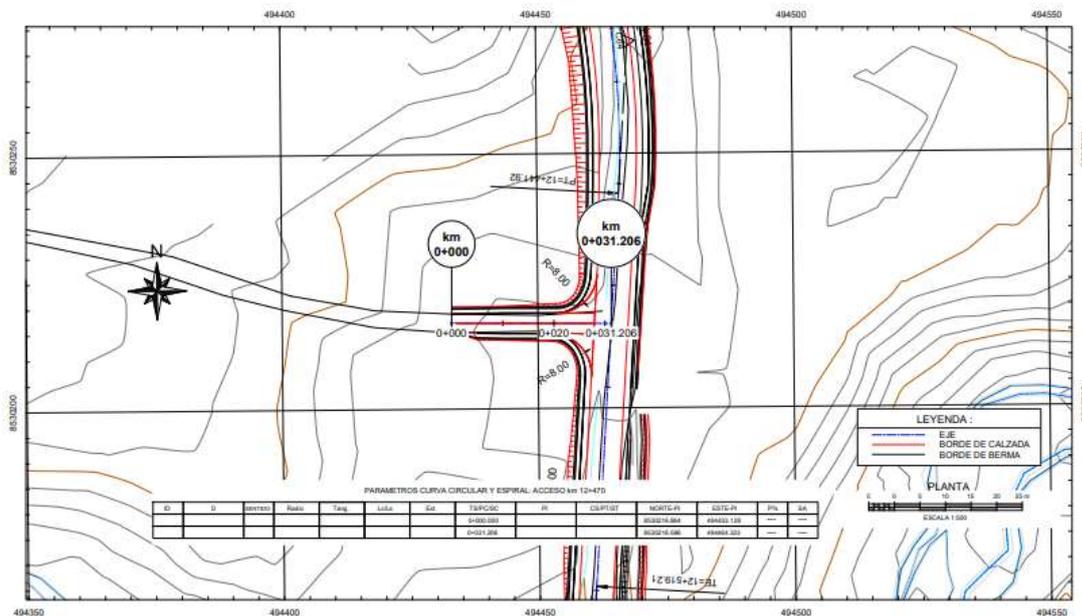
El acceso se encuentra al lado derecho de la vía con un ancho de 4m, que conduce a una cantera explotada a 500m y a unas viviendas ubicadas a 1km.

Este acceso es tipo trocha, tiene una longitud de 31.20m y se ha requerido generar una curva vertical a fin de que empalme con la berma de la vía.

Durante los trabajos de campo no se evidenció flujo vehicular por lo que se estima un IMD menor de 100 vehículos/diario.

El detalle se puede apreciar en los planos adjuntos.

Figura 47 Plano de acceso Km 12+470



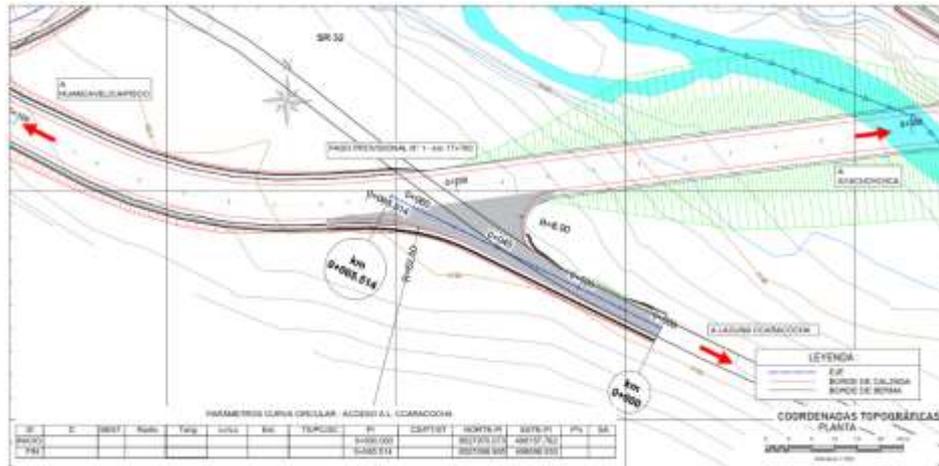
Fuente: Elaboración propia

Acceso Km 17+760: ACCESO LAGUNA CCARACOCHA

Este acceso tiene un ancho de 5m, a nivel de trocha. Nace desde el pase provisional del puente 17+760 hacia la Laguna. Tiene una longitud de 60m

No se ha evidenciado flujo vehicular por este acceso por lo que se estima un IMD menor de 100 vehiculos/diario.

Figura 48 Plano de acceso Km 17+760



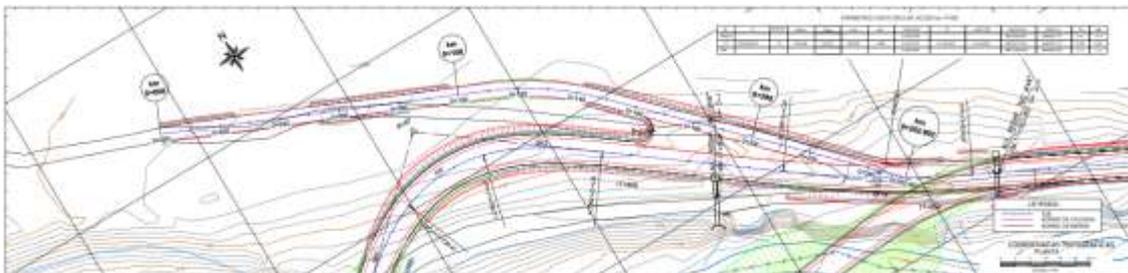
Fuente: Elaboración propia

Acceso Km 17+890

Este acceso tiene un ancho de 5m, a nivel de trocha y conduce a una posible cantera ubicada 01 km aguas arriba paralelo al río. La geometría del puente afecto el acceso original por lo que ha sido necesario rediseñar el ingreso en unos 252m.

No se ha evidenciado flujo vehicular por este acceso por lo que se estima un IMD menor de 100 vehículos/diario.

Figura 49 Plano de acceso Km 17+890



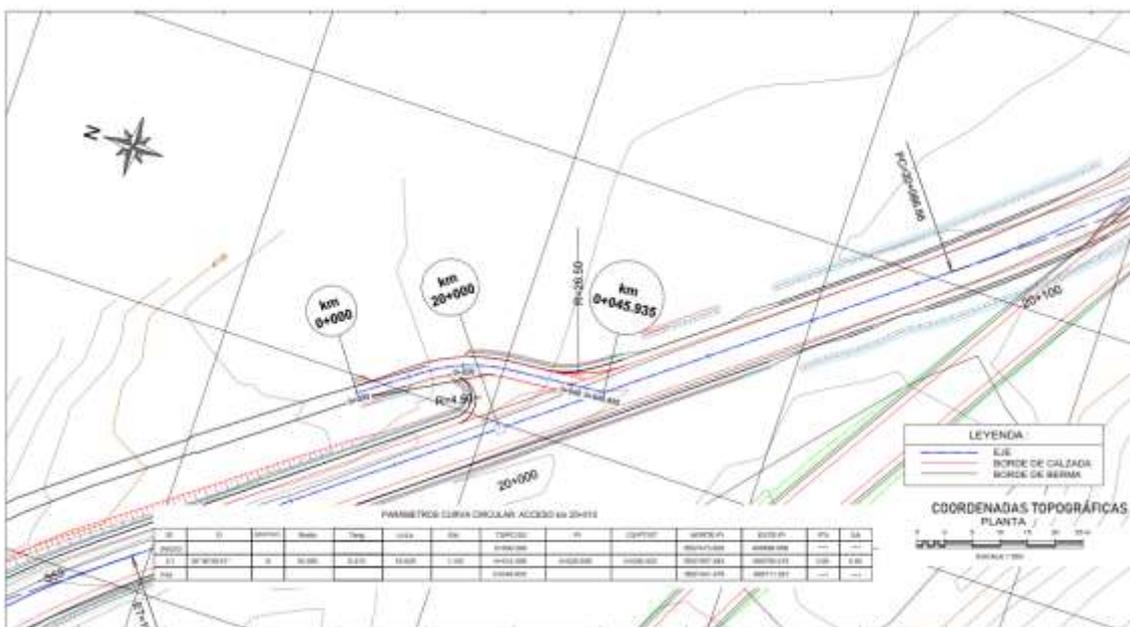
Fuente: Elaboración propia

Acceso Km 20+010

Este acceso tiene un ancho de 3.5 a 4m. a nivel de trocha. Se ha adecuado el ingreso al acceso en una longitud de 45.94m y tiene una pendiente máxima de 10%.

No se ha evidenciado flujo vehicular por este acceso, por lo que se estima un flujo menor de 100 vehículos/diario.

Figura 50 Plano de acceso de Km 20+010



Fuente: Elaboración propia

Acceso Km 21+480

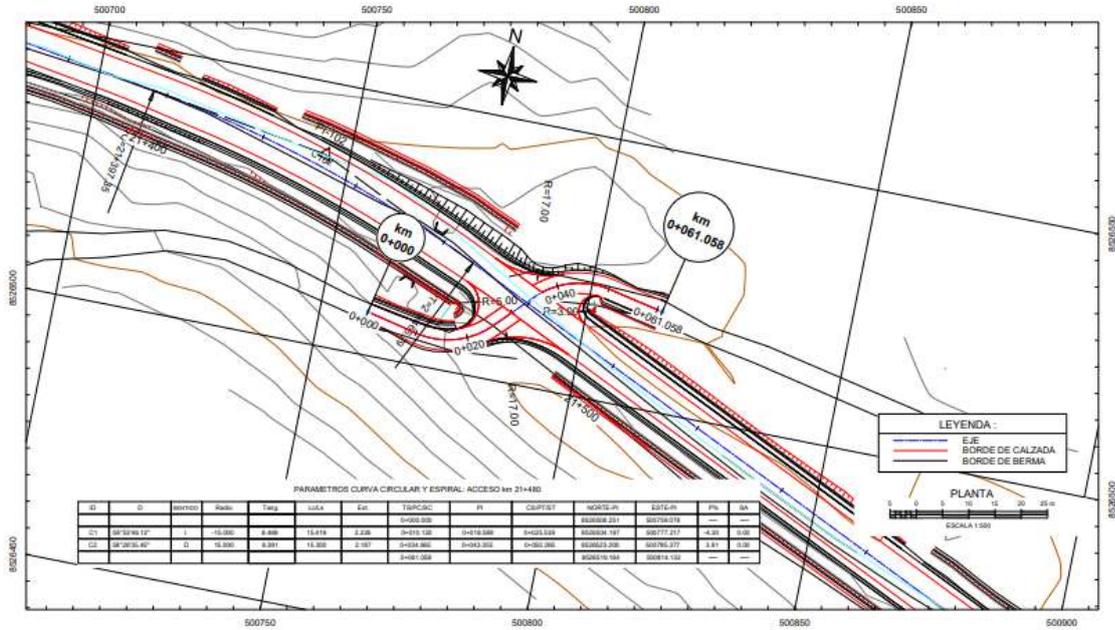
En esta progresiva se encuentra un doble ingreso a accesos (02 accesos).

Hacia la derecha se accede a una cantera de río, siendo la longitud total del acceso de 100m. Se ha intervenido 30m. El ancho del acceso es de 4m

Hacia el lado izquierdo se accede a una cantera de cerro con una longitud máxima de 100m. Se ha intervenido 45m. El ancho del acceso es de 4m

Presentan un IMD menor de 100 vehículos/diarios.

Figura 51 Plano de acceso Km 21+480

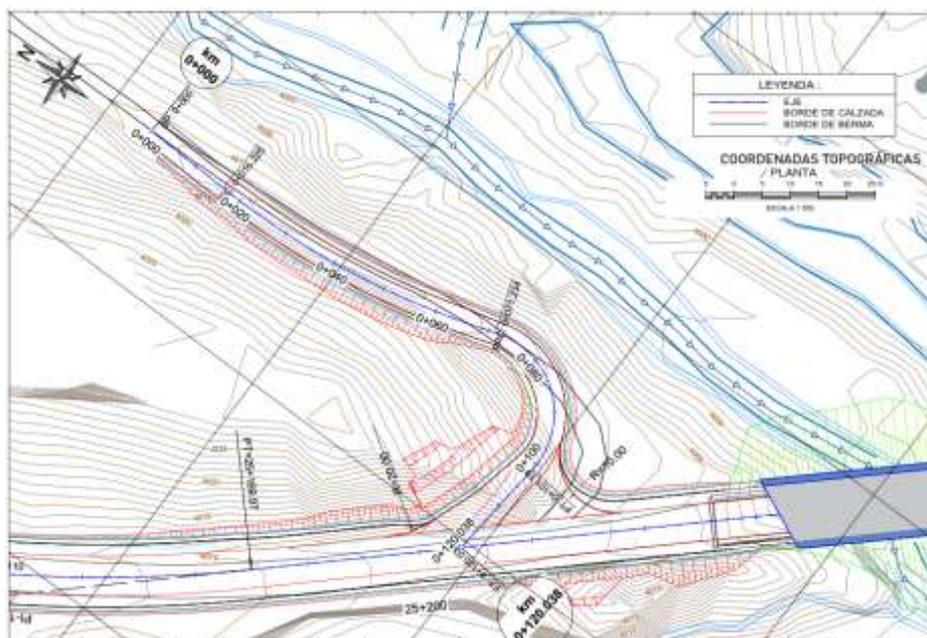


Fuente: Elaboración propia

Acceso Km 25+230

Se encuentra al lado izquierdo de la vía y cuenta con un ancho de 3.5m, a nivel de trocha. Este acceso tiene una longitud de 48.9m y 14% de pendiente. Los detalles se pueden apreciar en los planos adjuntos. No se evidenció flujo vehicular por lo que se estima un flujo vehicular menor de 100 vehículos/diarios.

Figura 52 Plano de acceso Km 25+230



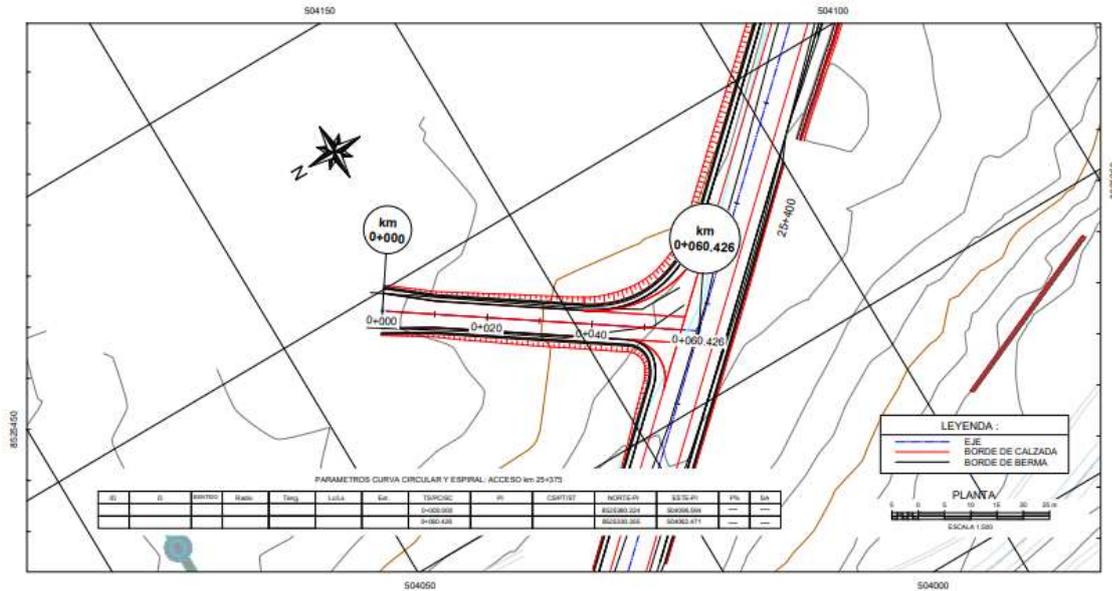
Fuente: Elaboración propia

Acceso Km 25+375

Este acceso conduce a unas casetas privadas. El acceso cuenta con 60.42m a nivel de trocha con un ancho de 5m y 13.6% de pendiente.

El flujo vehicular es menor de 100 vehiculos/diario.

Figura 53 Plano de acceso Km 25+375



Fuente: Elaboración propia

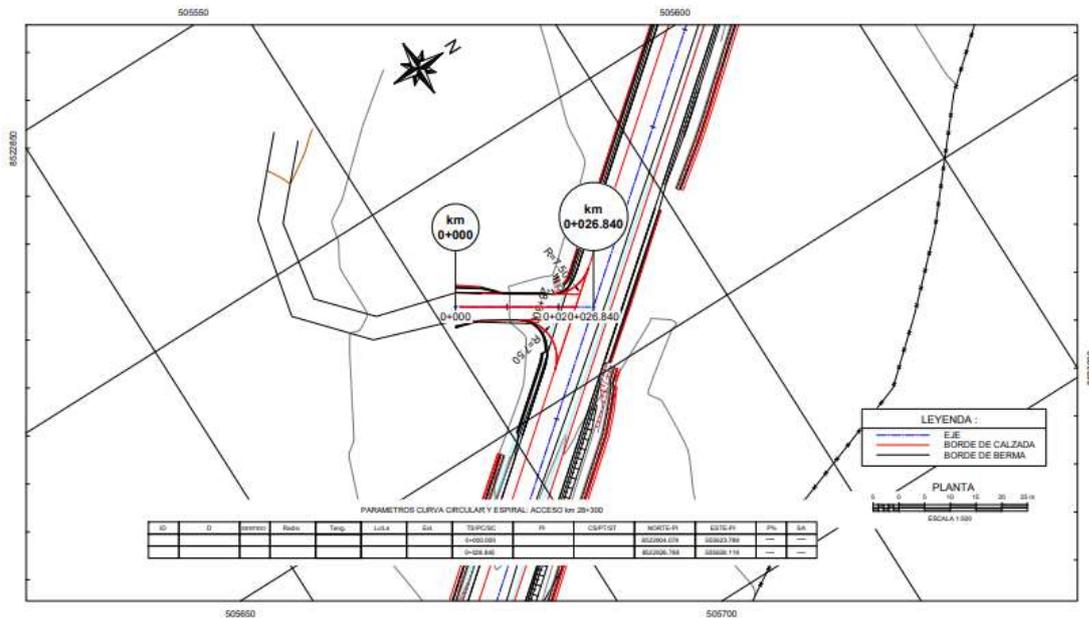
Acceso Km 28+300

Este acceso se encuentra al lado derecho y es el ingreso a la cantera de río.

Tiene un ancho de 6m a nivel de trocha. Este acceso desciende con 10%.

El IMD es menor de 100 vehículos/día.

Figura 54 Plano de acceso Km 28+300



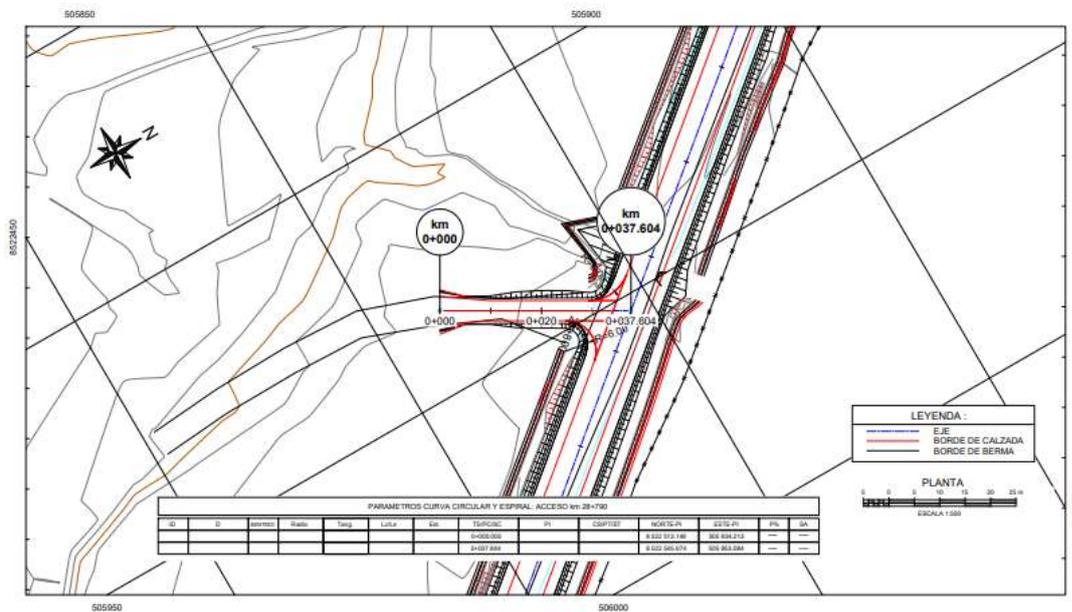
Fuente: Elaboración propia

Acceso Km 28+790

Es un acceso al lado derecho de la vía que conduce al río. Tiene un ancho de 4m a nivel de trocha. Tiene una longitud de 37.6m y una pendiente de 14%.

El IMD es menor de 100 vehículos/día.

Figura 55 Plano de acceso km 28+790



Fuente: Elaboración propia

Tabla 30 Cuadro de características de los accesos

Item	Acceso	Lado	Características	IMD
1	Km. 3+220	Derecho	Trocha, 4m de ancho	Menor de 100 veh/día
2	Km. 4+460	Derecho	Trocha 4m de ancho	Menor de 100 veh/día
3	Km. 6+060	Izquierdo	Trocha de 5m de 57m de longitud	Menor de 100 veh/día
4	Km. 6+580	Derecho	Camino de 4m de longitud 50.6m. En centro poblado de Huaracco.	Menor de 100 veh/día
5	Km. 6+640	Derecho	Camino de 6m de longitud 75.05m. En centro poblado de Huaracco.	Menor de 100 veh/día
6	Km. 6+690	Izquierda	Camino de 33.15m de 6m de ancho, en centro poblado de Huaracco.	Menor de 100 veh/día
7	Km. 6+720	Izquierda	Camino de 34.5m, con 4m de ancho, en centro poblado de Huaracco.	Menor de 100 veh/día

8	Km. 12+470	Derecho	Trocha de 4m hacia Cantera a 500m y viviendas a 1km.	Menor de 100 veh/día
9	Km. 17+890	Izquierda	Trocha de 5m hacia cantera a 500m	Menor de 100 veh/día
10	Km. 20+010	Izquierdo	Trocha de 3.5-4m	Menor de 100 veh/día
11	Km. 21+480	ambos lados	Trochas de 4m a dos canteras	Menor de 100 veh/día
12	Km. 25+230	Izquierda	Trocha de 3.5m	Menor de 100 veh/día
13	Km. 25+375	Izquierdo	Camino de 5m a prop. privada	Menor de 100 veh/día
14	Km. 28+790	Derecho	Trocha a rio de 4m	Menor de 100 veh/día

Fuente: Elaboración Propia

DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA

GENERALIDADES

Los elementos geométricos de una carretera (planta, perfil y sección transversal), deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía.

Lo antes indicado, se logra haciendo que el proyecto sea desarrollado con un adecuado valor de velocidad de diseño; y, sobre todo, estableciendo relaciones cómodas entre este valor, la curvatura y el peralte. Se puede considerar entonces que el diseño geométrico propiamente dicho, se inicia cuando se define, dentro de criterios técnico – económicos, la velocidad de diseño para cada tramo homogéneo en estudio.

Existe en consecuencia una interdependencia entre la geometría de la carretera y el movimiento de los vehículos (dinámica del desplazamiento), y entre dicha

geometría y la visibilidad y capacidad de reacción, que el conductor tiene al operar un vehículo. Dicho de otra manera, no basta que el movimiento de los vehículos sea dinámicamente posible en condiciones de estabilidad, sino asegurar que el usuario en todos los puntos de la vía, tenga suficiente tiempo para adecuar su conducción a la geometría de ésta, y a las eventualidades que puedan presentarse.

En ese contexto, la presente norma establece los valores mínimos, es decir, las menores exigencias de diseño. Deberán usarse las mejores características geométricas dentro de los límites razonables de economía, haciendo lo posible por superar los valores mínimos indicados, utilizándolos sólo cuando el mayor costo de mejores características sea injustificado o prohibitivo.

Valores mínimos o máximos deseables pueden considerarse aquellos que corresponden a una velocidad de 10 km/h superior a la velocidad de diseño adoptada para la carretera que se esté proyectando.

Así mismo, las presentes normas no serán consideradas inflexibles y podrá hacerse excepciones, diseñando proyectos con características geométricas por debajo de las especificadas, con la condición de obtener previamente la autorización del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En los tramos de carreteras que atraviesan zonas urbanas, también puede haber excepciones a la norma, debido a las restricciones de velocidad, condiciones de las rasantes de las calles en las intersecciones, ubicación de las tapas de buzones de las obras de saneamiento y otros.

CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Para el presente proyecto se recoge lo indicado en las DG 2018, para el diseño en planta para todos los proyectos viales:

- Deben evitarse tramos con alineamientos rectos demasiado largos. Tales tramos son monótonos durante el día, y en la noche aumenta el peligro de deslumbramiento de las luces del vehículo que avanza en sentido opuesto. Es preferible reemplazar grandes alineamientos, por curvas de grandes radios.
- Para las autopistas de primer y segundo nivel, el trazo deberá ser más bien una combinación de curvas de radios amplios y tangentes no extensas.
- En el caso de ángulos de deflexión Δ pequeños, iguales o inferiores a 5° , los radios deberán ser suficientemente grandes para proporcionar longitud de curva mínima L obtenida con la fórmula siguiente:

Ecuación 12 Longitud de Curva Mínima L

$$L > 30(10 - \Delta), \Delta < 5^\circ$$

(L en metros; Δ en grados)

No se usará nunca ángulos de deflexión menores de $59'$ (minutos).

V es velocidad de diseño.

La longitud mínima de curva (L) será:

Figura 56 Longitud Mínima de Curva(l)

Carretera red nacional	L (m)
Autopistas	$6 V$
Carreteras de dos carriles	$3 V$

Fuente: Obtenida del manual DG 2018

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

Figura 57 *deflexión Máxima Acéptale Sin Curva Circular*

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

Fuente: Obtenida del manual DG 2018

Para ángulos de deflexión pequeño, las curvas deberán ser lo suficientemente largas para evitar una mala apariencia. Las curvas deberán tener una longitud mínima de 150m para un ángulo central de 5° y la longitud mínima deberá aumentarse 30m por cada grado de disminución del ángulo central. La longitud mínima para curvas horizontales en carreteras principales $L_c \text{ min}$, deberá ser del orden de tres veces mayor que la velocidad de diseño expresado en km/h, es decir $L_c \text{ min} = 3V$.

En infraestructuras para alta velocidad y acceso controlado que cuentan con curvatura abierta, y debido a razones estéticos, la longitud mínima recomendada para curvas deberá ser del orden del doble de la longitud mínima descrita anteriormente, es decir $L_c \text{ rec} = 6V$. Es preferible no diseñar longitudes de curvas horizontales mayores a 800 metros.

- Al final de las tangentes extensas o tramos con leves curvaturas, o incluso dónde siga inmediatamente un tramo homogéneo con velocidad de diseño inferior, las curvas horizontales que se introduzcan deberán concordar con la precedente, proporcionando una sucesión de curvas con radios gradualmente decrecientes para orientar al conductor. En estos casos, siempre deberá considerarse el establecimiento de señales adecuadas.
- No son deseables dos curvas sucesivas en el mismo sentido cuando entre ellas existe un tramo en tangente. Será preferible sustituir por una curva extensa única o, por lo menos, la tangente intermedia por un arco circular, constituyéndose entonces en curva compuesta. Si no es posible adoptar estas medidas, la tangente intermedia deberá ser superior a 500 m. En el caso de carreteras de tercera clase la tangente podrá ser inferior o bien sustituida por una espiral o una transición en espiral dotada de peralte.
- Las curvas sucesivas en sentidos opuestos, dotadas de curvas de transición, deberán tener sus extremos coincidentes o separados por cortas extensiones en tangente.
- En el caso de curvas opuestas sin espiral, la extensión mínima de la tangente intermedia deberá permitir la transición del peralte.
- En consecuencia, deberá buscarse un trazo en planta homogéneo, en el cual tangentes y curvas se sucedan armónicamente.
- No se utilizarán desarrollos en Autopistas y se tratará de evitar estos en carreteras de Primera clase. Las ramas de los desarrollos tendrán la máxima

longitud posible y la máxima pendiente admisible, evitando en lo posible, la superposición de ellas sobre la misma ladera.

TRAMOS EN TANGENTE

En el momento de la definición del eje, se tiene en cuenta lo siguiente:

- No son deseables dos curvas sucesivas en el mismo sentido cuando entre ellas existe un tramo tangente. Será preferible sustituir por una curva extensa única o por lo menos la tangente intermedia por un arco circular, constituyéndose entonces en una curva compuesta. Si no es posible adoptar estas medidas, la tangente intermedia deberá ser superior a 500m. En el caso de carreteras de segunda clase la tangente podrá ser inferior o bien sustituida por una espiral o una transición en espiral dotada de peralte.
- Las curvas sucesivas en sentidos opuestos, dotadas de curva de transición deberán tener sus extremos coincidentes o separados por cortas extensiones en tangente. En el caso de "curvas opuestas sin espiral" la extensión mínima de la tangente intermedia deberá permitir la transición del peralte.
- De acuerdo con las normas DG-2018, las longitudes mínima admisible y máxima deseable, en función de la velocidad de proyecto, serán las dadas en el siguiente cuadro:

Tabla 31 Longitudes Mínimas Admisible y Máxima

Vd (Km/h)	L min.s (m)	L min.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

Dónde:

L mín.s : Longitud mínima (m) para trazados en "S"

(alineamiento recto entre alineamientos con radios de
curvatura de sentido contrario).

L mín.o : Longitud mínima (m) para el resto de casos

(alineamiento recto entre alineamientos con radios de
curvatura del mismo sentido).

L máx : Longitud máxima deseable (m).

V : Velocidad de diseño (km/h)

Las longitudes de tramos en tangente presentada en la Tabla 302.01,
están calculadas

con las siguientes fórmulas:

$$L \text{ min.s} : 1.39 V$$

$$L \text{ min.o} : 2.78 V$$

L máx : 16.70 V

En nuestro proyecto de acuerdo a las velocidades analizadas,
tenemos las siguientes tangentes:

Tabla 32 Longitudes Tangentes

TRAMO	LONG. TANGENTE
Km. 0+200 – Km. 3+000 (Zona Urbana)	42m – 84m
Km. 3+000 – Km. 6+400	42m – 84m
Km.6+400 – Km. 7+000 (Zona Urbana)	42m – 84m
Km. 7+000 – Km. 10+200	56m-111m
Km. 10+200 – Km. 19+400	56m-111m
Km. 19+400 – Km. 22+400	42m – 84m
Km. 22+400 – Km. 23+400 (Zona Urbana)	42m – 84m
Km. 23+400 – Km. 26+400	56m-111m
Km. 26+400 – Km. 29+996.597	42m-84m

Fuente: Elaboración propia

CURVAS CIRCULARES

Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.

Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y de comodidad.

De acuerdo con el numeral 302.04.02, del Manual DG-2018, el valor mínimo absoluto del radio de curvatura, con las debidas condiciones de seguridad debe cumplir la siguiente expresión:

Ecuación 13 *Radio Mínimo.*

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

Rmin : Radio mínimo absoluto (m).

V : Velocidad directriz en Km/h.

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

f max : Coeficiente de fricción lateral asociado a Velocidad.

El resultado de la aplicación de la expresión se muestra en la
Tabla 302.02, el siguiente cuadro:

Figura 58 Radios Mínimos y Peraltes Máximos para Diseño de Carreteras

Tabla 302.02
Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	\supset máx (%)	f máx	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)	
Área urbana	30	4,00	0,17	33,7	35	
	40	4,00	0,17	60,0	60	
	50	4,00	0,16	98,4	100	
	60	4,00	0,15	149,2	150	
	70	4,00	0,14	214,3	215	
	80	4,00	0,14	280,0	280	
	90	4,00	0,13	375,2	375	
	100	4,00	0,12	835,2	495	
	110	4,00	0,11	1.108,9	635	
	120	4,00	0,19	872,2	875	
	130	4,00	0,08	1.108,9	1.110	
	Área rural (con peligro de hielo)	30	6,00	0,17	30,8	30
		40	6,00	0,17	54,8	55
50		6,00	0,16	89,5	90	
60		6,00	0,15	135,0	135	
70		6,00	0,14	192,9	195	
80		6,00	0,14	252,9	255	
90		6,00	0,13	437,4	335	
100		6,00	0,12	560,4	440	
110		6,00	0,11	755,9	560	
120		6,00	0,09	950,5	755	
130		6,00	0,08	1.187,2	950	

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	\supset máx (%)	f máx	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)	
Área rural (plano u ondulado)	30	8,00	0,17	28,3	30	
	40	8,00	0,17	50,4	55	
	50	8,00	0,16	82,0	90	
	60	8,00	0,15	123,2	135	
	70	8,00	0,14	175,4	195	
	80	8,00	0,14	229,1	255	
	90	8,00	0,13	303,7	335	
	100	8,00	0,12	393,7	440	
	110	8,00	0,11	501,5	560	
	120	8,00	0,09	667,0	755	
	130	8,00	0,08	831,7	950	
	Área rural (accidentado o escarpado)	30	12,00	0,17	24,4	25
		40	12,00	0,17	43,4	45
50		12,00	0,16	70,3	70	
60		12,00	0,15	105,0	105	
70		12,00	0,14	148,4	150	
80		12,00	0,14	193,8	195	
90		12,00	0,13	255,1	255	
100		12,00	0,12	328,1	330	
110		12,00	0,11	414,2	415	
120		12,00	0,09	539,9	540	
130		12,00	0,08	665,4	665	

Fuente: Obtenida del manual DG 2018

En 3.4.2 Velocidad de Diseño, se mencionó que el tramo en estudio, con condiciones orográficas tipo 3; se desarrolla en área rural en la mayor parte de su recorrido. La velocidad en nuestro proyecto presenta valores de 30 kph, 40 kph, 50kph. El radio mínimo para estas condiciones presenta valores de 25m, 45m y 70m.

Siendo valores de fricción máximo los dispuestos en la norma en el siguiente cuadro:

Tabla 33 *Valores de Fricción Máximos.*

VELOCIDAD DIRECTRIZ (KM/H)	(FRICCIÓN)
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

Fuente: Elaboración Propia

CURVAS DE TRANSICIÓN

Son espirales que tienen por objeto evitar las discontinuidades en la curvatura del trazo, por lo que, en su diseño deberán ofrecer las mismas condiciones de seguridad, comodidad y estética que el resto de los elementos del trazado.

Con tal finalidad y a fin de pasar de la sección transversal con bombeo (correspondiente a los tramos en tangente), a la sección de los tramos en curva provistos de peralte y sobreebanco, es necesario intercalar un elemento de diseño con una longitud en la que se realice el cambio gradual a la que se conoce con el nombre de longitud de transición.

Nuestro proyecto considera clotoides o curvas en espiral y los parámetros que rigen este tipo de curvas vienen orientados según el presente cuadro:

Figura 59 Longitud Mínima de Curva de Transición.

Longitud mínima de curva de transición

Velocidad Km/h	Radio min m	J m/s ³	Peralte máx %	A min m	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
40	66	0,5	2	50	38	40
50	70	0,5	12	55	43	45
50	76	0,5	10	57	43	45
50	82	0,5	8	60	44	45
50	89	0,5	6	62	43	45
50	98	0,5	4	66	44	45
50	109	0,5	2	69	44	45
60	105	0,5	12	72	49	50
60	113	0,5	10	75	50	50
60	123	0,5	8	78	49	50
60	135	0,5	6	81	49	50
60	149	0,5	4	86	50	50
60	167	0,5	2	90	49	50
70	148	0,5	12	89	54	55

Velocidad Km/h	Radio mín m	J m/s ³	Peralte máx %	A mín m	Longitud de transición (L)	
					Calculada m	Redondeada M
70	161	0,5	10	93	54	55
70	175	0,5	8	97	54	55
70	193	0,5	6	101	53	55
70	214	0,5	4	107	54	55
70	241	0,5	2	113	53	55
80	194	0,4	12	121	75	75
80	210	0,4	10	126	76	75
80	229	0,4	8	132	76	75
80	252	0,4	6	139	77	75
80	280	0,4	4	146	76	75
80	314	0,4	2	155	76	75
90	255	0,4	12	143	80	80
90	277	0,4	10	149	80	80
90	304	0,4	8	155	79	80
90	336	0,4	6	163	79	80
90	375	0,4	4	173	80	80
90	425	0,4	2	184	80	80
100	328	0,4	12	164	82	85
100	358	0,4	10	171	82	85
100	394	0,4	8	179	81	85
100	437	0,4	6	189	82	82
100	492	0,4	4	200	81	85
100	582	0,4	2	214	81	85
110	414	0,4	12	185	83	90
110	454	0,4	10	193	82	90
110	501	0,4	8	203	82	90
110	560	0,4	6	215	83	90
110	635	0,4	4	229	83	90
110	733	0,4	2	246	83	90
120	540	0,4	12	169	73	75
120	597	0,4	10	209	73	75
120	667	0,4	8	221	73	75
120	756	0,4	6	236	74	75
120	872	0,4	4	253	73	75
120	1031	0,4	2	275	73	75
130	700	0,4	12	208	62	65
130	783	0,4	10	220	62	65
130	887	0,4	8	234	62	65
130	1024	0,4	6	252	62	65
130	1210	0,4	4	274	62	65
130	1479	0,4	2	303	62	65

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34 Longitud de Transición.

Vd	Parametro	Long. Transición
30 kph	26m	30m
40 kph	40m	40m
50 kph	55m	45m

Fuente: Elaboración propia

El valor Amín calculado con el criterio de limitación del crecimiento de aceleración transversal no compensada deberá cumplir, además, las siguientes condiciones:

Por Estética y Guiado Óptico

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R$$

Por Condición de Desarrollo de Peralte

Para curvas circulares diseñadas de acuerdo con el criterio de las normas, el límite para prescindir de curva de transición puede también expresarse en función del peralte de la curva

- Si r requiere $p > 3\%$, se debe usar curva de transición
- Si r requiere $< 3\%$, se puede prescindir de la curva de transición para $V < 100 \text{ Km/h}$
- Si r requiere $< 2.5\%$ se puede prescindir de la curva de transición para $V > 110 \text{ Km/h}$.

Radios en los cuales se puede prescindir de la curva de transición.

Figura 60 *Radios Circulares Límites que Permiten Prescindir de la Curva de Transición.*

Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R (m)	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800

Fuente: Elaboración Propia

En los tramos de:

- 30 kph, cuando el radio es mayor de 80m, se puede prescindir de la curva de transición.
- 40 kph, cuando el radio es mayor de 150m, se puede prescindir de la curva de transición.
- 50 kph, cuando el radio es mayor de 225m, se puede prescindir de la curva de transición.

TRANSICIÓN DE PERALTE

Siendo el peralte la inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo, la transición de peralte viene a ser la traza del borde de la calzada, en la que se desarrolla el cambio gradual de la pendiente de dicho borde, entre la que corresponde a la zona en tangente, y la que corresponde a la zona peraltada de la curva.

Para efectos de la presente norma, el peralte máximo se calcula con la siguiente fórmula:

Ecuación 14 Peralte Máximo,

$$ip_{m\acute{a}x} = 1.8 - 0.01 V$$

Dónde:

$ip_{m\acute{a}x}$: Máxima inclinación de cualquier borde de la calzada respecto al eje de la vía (%).

V: Velocidad de diseño (km/h).

La longitud del tramo de transición del peralte tendrá por tanto una longitud mínima definida por la fórmula:

Ecuación 15 Longitud Mínima.

$$L_{m\acute{i}n} = \frac{P_f - P_i}{ip_{m\acute{a}x}} B$$

Dónde:

$L_{m\acute{i}n}$: Longitud mínima del tramo de transición del peralte (m).

p_f : Peralte final con su signo (%)

p_i : Peralte inicial con su signo (%)

B : Distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m).

En carreteras de Tercera Clase, se tomarán los valores que muestra la Tabla 302.13 para definir las longitudes mínimas de transición de bombeo y de transición de peralte en función a la velocidad de diseño y valor del peralte.

Figura 61 Longitud Mínima de Transición de Bombeo y Longitud de Transición de Peralte.

Tabla 302.13

Velocidad de diseño (Km/h)	Valor del peralte						Longitud mínima de transición de bombeo (m)**
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	Longitud mínima de transición de peralte (m)*						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	58	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	33	44	55	66	11
60	12	24	36	48	60	72	12
70	13	26	39	52	65	79	13
80	14	29	43	58	72	86	14
90	15	31	46	61	77	92	15

Fuente: Elaboración Propia

* Longitud de transición basada en la rotación de un carril

** Longitud basada en 2% de bombeo

La transición del peralte deberá llevarse a cabo combinando las tres condiciones siguientes:

- * Características dinámicas aceptables para el vehículo
- * Rápida evacuación de las aguas de la calzada.
- * Sensación estética agradable.

SOBREANCHO

La necesidad de proporcionar sobreancho en una calzada, se debe a la extensión de la trayectoria de los vehículos y a la mayor dificultad en mantener el vehículo dentro del carril en tramos curvos.

En curvas de radio pequeño y mediano, según sea el tipo de vehículos que circulan habitualmente por la carretera, ésta debe tener un sobreancho con el objeto de asegurar espacios libres adecuados (holguras), entre vehículos que se cruzan en calzadas bidireccionales o que se adelantan en calzadas unidireccionales, y entre los vehículos y los bordes de las calzadas. El sobreancho requerido equivale al aumento del espacio ocupado transversalmente por los vehículos al describir las curvas más las holguras teóricas adoptadas (valores medios). El sobreancho no podrá darse a costa de una disminución del ancho de la berma.

Con el fin de disponer de un alineamiento continuo en los bordes de la calzada, el sobreancho debe desarrollarse gradualmente a la entrada y salida de las curvas.

En el caso de curvas circulares simples, por razones de apariencia, el sobreancho se debe desarrollar linealmente a lo largo del lado interno de la calzada, en la misma longitud utilizada para la transición del peralte. En las curvas con espiral, el sobreancho se desarrolla linealmente, en la longitud de la espiral.

Normalmente la longitud para desarrollar el sobreancho será de 40 m. Si la curva de transición es mayor o igual a 40 m, el inicio de la transición se ubicará 40 m, antes del principio de la curva circular. Si la curva de transición es menor de 40 m, el desarrollo del sobreancho se ejecutará en la longitud de la curva de transición disponible.

Para la determinación del desarrollo del sobreancho se utilizará la siguiente fórmula:

Ecuación 16 Sobreancho.

$$S a_n = \frac{S a}{L} l_n$$

Dónde:

San : Sobreancho correspondiente a un punto distante l_n metros desde el origen.

L : Longitud total del desarrollo del sobreancho, dentro de la curva de transición.

l_n : Longitud en cualquier punto de la curva, medido desde su origen (m).

La ordenada $S a_n$ se medirá normal al eje de la calzada en el punto de abscisa l_n y el borde de la calzada ensanchada distará del eje $a/2 + S a_n$ siendo "a" el ancho normal de la calzada en recta.

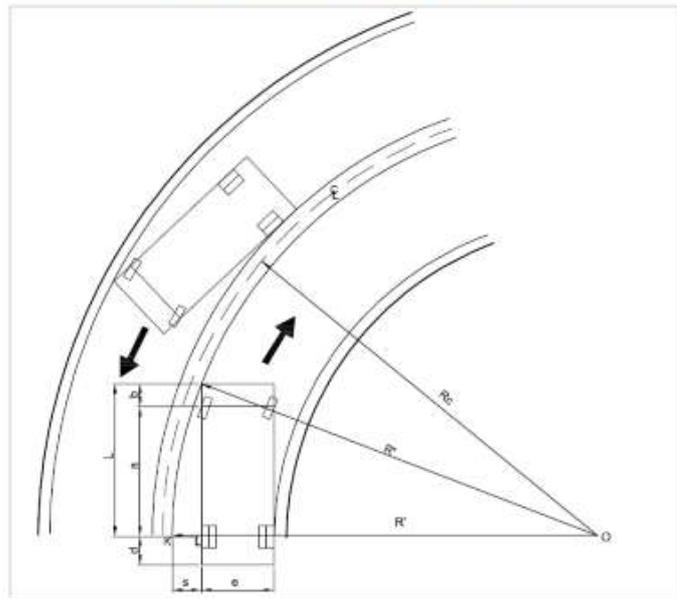
La demarcación de la calzada se ejecutará midiendo una ordenada $S a_n / 2$, a partir del eje de la calzada, en el punto de la abscisa l_n .

Valores del sobreancho

El sobreebanco variará en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad de diseño y se calculará con la siguiente figura y fórmula:

Figura 62 *Sobreebanco de la Curva.*

Figura 302.18A
Sobreebanco en las curvas



Fuente: Elaboración Propia

Dónde:

R' : Radio hasta el extremo del parachoques delantero.

s : Sobreebanco requerido por un carril

L : Distancia entre el parachoques delantero y el eje trasero del vehículo.

Si se asume que R' es sensiblemente igual a R_C , se tiene que para una calzada de n carriles:

Ecuación 17 Sobreechancho (m)

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

Dónde:

Sa: Sobreechancho (m)

n: Número de carriles

RC: Radio de curvatura circular (m)

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

V: Velocidad de diseño (km/h)

El primer término, depende de la geometría y el segundo de consideraciones empíricas, que tienen en cuenta un valor adicional para compensar la mayor dificultad, en calcular distancias transversales en curvas. Debe precisarse, que la inclusión de dicho valor adicional debe ser evaluado y determinado por el diseñador, para aquellas velocidades que éste considere bajas para el tramo en diseño.

La consideración del sobreechancho, tanto durante la etapa de proyecto como la de construcción, exige un incremento en el costo y trabajo, compensado solamente por la eficacia de ese aumento en el ancho de la calzada. Por tanto, los valores muy pequeños

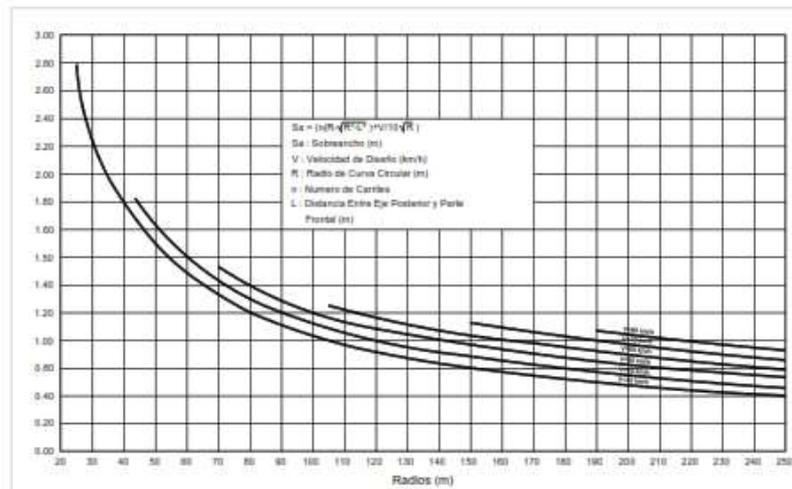
de sobreechancho no deben considerarse.

Se considera apropiado un valor mínimo de 0.40 m de sobreechancho para justificar su adopción.

También puede determinarse el sobreebanco, empleando la Figura 302.18B, en función a "L" del tipo de vehículo de diseño.

Figura 63 Valores de Sobreebanco en Función a L del Tipo de Vehículo de Diseño

Figura 302.18B
Valores de sobreebanco en función a "L" del tipo de vehículo de diseño



Fuente: Elaboración Propia

El valor del sobreebanco estará limitado para curvas de radio menor a lo indicado en la Tabla 302.20 (asociado a $V < 80$ km/h) y se debe aplicar solamente en el borde interior de la calzada. En el caso de colocación de una junta central longitudinal o de demarcación, la línea se debe fijar en toda la mitad de los bordes de la calzada ya ensanchada.

Para radios mayores, asociados a velocidades mayores a 80 km/h, el valor del sobreebanco será calculado para cada caso.

Figura 64 *Factores de Reducción del Sobreancho para Anchos de Calzada en Tangente de 7.20m.*

Tabla 302.20
Factores de reducción del sobreancho para anchos de calzada en tangente de 7.20m

Radio (R) (m)	Factor de reducción	Radio (R) (m)	Factor de reducción
25	0.86	90	0.60
28	0.84	100	0.59
30	0.83	120	0.54
35	0.81	130	0.52
37	0.8	150	0.47
40	0.79	200	0.38
45	0.77	250	0.27
50	0.75	300	0.18
55	0.72	350	0.12
60	0.70	400	0.07
70	0.69	450	0.08
80	0.63	500	0.05

Nota: El valor mínimo del sobreancho a aplicar es de 0.40 m

Fuente: Elaboración Propia

La repartición del sobreebancho se hace en forma lineal empleando para ello, la longitud de transición de peralte, de esta forma se puede conocer el sobreebancho deseado en cualquier punto, usando la siguiente fórmula.

Ecuación 18 *Sobreebancho Deseado en Cualquier Punto.*

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

Dónde:

San: Sobreebancho deseado en cualquier punto (m)

Sa: Sobreebancho calculado para la curva, (m)

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

L: Longitud de transición de peralte (m).

La distribución del sobreebancho cuando un arco de espiral empalma dos arcos circulares de radio diferente y del mismo sentido, se debe hacer aplicando la siguiente fórmula, la cual se obtiene a partir de una distribución lineal. La Figura 302.19(c), describe los elementos utilizados en el cálculo.

Ecuación 19 *Sobreebancho Deseado en Cualquier Punto (m).--2*

$$S_{a_n} = S_{a_1} + (S_{a_2} - S_{a_1}) \frac{L_n}{L}$$

Dónde:

San : Sobreebancho deseado en cualquier punto (m).

Sa_1 : Sobreancho calculado para el arco circular de menor
 curvatura (m).

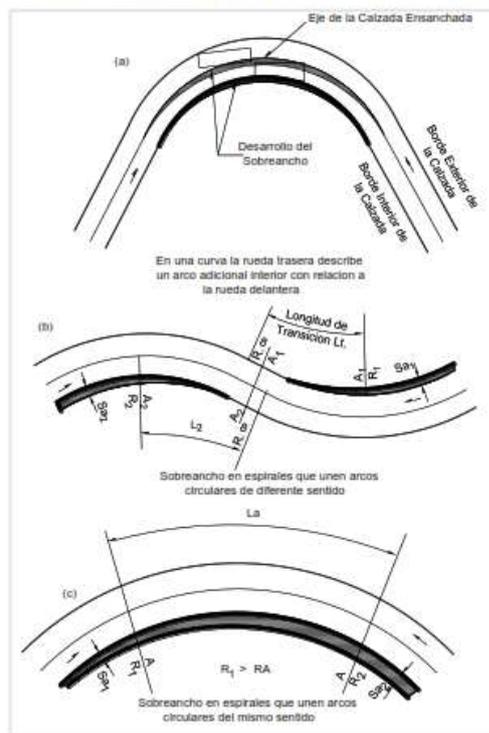
Sa_2 : Sobreancho calculado para el arco circular de mayor
 curvatura (m).

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

L : Longitud del arco de transición (m).

Figura 65 Distribución del sobreancho en los sectores de transición y circular.

Distribución del sobreancho en los sectores de transición y circular



Fuente: Obtenida del manual de DG 2018

En nuestro proyecto se ha utilizado los siguientes valores de sobreancho para
 las siguientes velocidades:

Para fines prácticos, desarrollamos el caso de la curva C10, con radio de 150m.

Ecuación 20 *Sobreancho*

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

Dónde:

- S_a : Sobreancho (m)
- n : Número de carriles
- R_c : Radio de curvatura circular (m)
- L : Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)
- V : Velocidad de diseño (km/h)

Tenemos para n=2; R_c = 150m; L = 7.60 y V= 30 km/h

Ingresando los valores a la fórmula, obtenemos el S_a = 0.60m

Para fines prácticos, desarrollamos el caso de la curva C53, con radio de 250m.

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

Dónde:

- Sa : Sobreechancho (m)
- n : Número de carriles
- R_c : Radio de curvatura circular (m)
- L : Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)
- V : Velocidad de diseño (km/h)

Tenemos para n=2; R_c = 250m; L = 7.60 y V= 40 km/h

Ingresando los valores a la fórmula, obtenemos el Sa = 0.50m

En ambos casos la distribución del sobreechancho se realizará tal como lo indica las normas DG 2018 en el punto 302.09.04 Longitud de transición y desarrollo del sobreechancho que dice lo siguiente:

302.09.04 Longitud de transición y desarrollo del Sobreechancho

La figura 302.19 (a), (b) y (c), muestra la distribución del sobreechancho en los sectores de transición y circular.

En la figura (a), la repartición del sobreechancho se hace en forma lineal, empleando para ello, la longitud de transición de peralte, de esta forma se puede conocer el sobreechancho deseado en cualquier punto, usando la siguiente fórmula:

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

Donde:

S_{an} = Sobreancho deseado en cualquier punto m

S_a = Sobreancho calculado para la curva (m)

L_n = Longitud a la cual se desea determinar el
sobreancho (m)

L = Longitud de transición del peralte(m)

La distribución del sobreancho cuando un arco de espiral empalma a dos arcos circulares de radio diferente y del mismo sentido, se debe hacer aplicando la siguiente fórmula, la cual se obtiene a partir de una distribución lineal. La figura (c) descríbelos elementos utilizados para el cálculo:

$$S_{a_n} = S_{a_1} + (S_{a_2} - S_{a_1}) \frac{L_n}{L}$$

Donde:

S_{an} : Sobreancho deseado en cualquier punto (m)

S_{a1} : Sobreancho calculado para el arco circular de
menor curvatura (m)

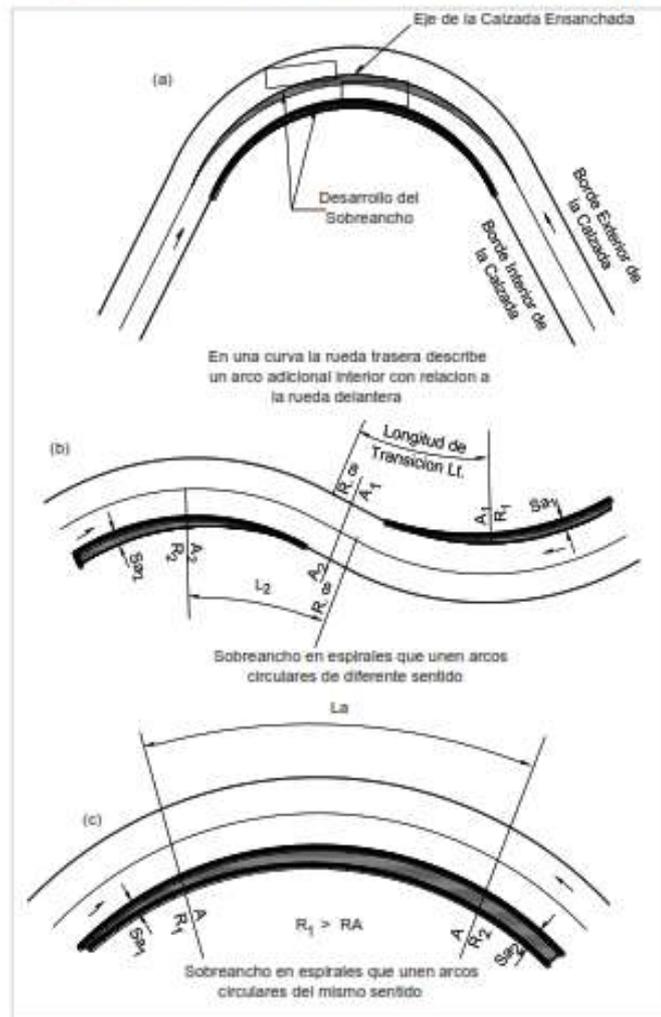
S_{a2} : Sobreancho calculado para el arco circular de
mayor curvatura (m)

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

L : Longitud del arco de transición (m)

Figura 68 Distribución del Sobreancho en los Sectores de Transición y Circulares

Figura 302.19
Distribución del sobreancho en los sectores de transición y circular



Fuente: Obtenida del Manual de DG 2018

DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL

GENERALIDADES

El diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical, está constituido por una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, a los cuales dichas

rectas son tangentes; en cuyo desarrollo, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, en positivas, aquellas que implican un aumento de cotas y negativas las que producen una disminución de cotas.

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

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas verticales que pueden ser cóncavas o convexas, y el de la velocidad de diseño y a su vez, controla la distancia de visibilidad.

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten lograr una transición paulatina entre pendientes de distinta magnitud y/o sentido, eliminando el quiebre de la rasante. El adecuado diseño de ellas asegura las distancias de visibilidad requeridas por el proyecto.

El sistema de cotas del proyecto, estarán referidos y se enlazarán con los B.M. de nivelación del Instituto Geográfico Nacional.

El perfil longitudinal está controlado principalmente por la Topografía, Alineamiento, horizontal, Distancias de visibilidad, Velocidad de proyecto, Seguridad, Costos de Construcción, Categoría de la vía, Valores Estéticos y Drenaje.

CONSIDERACIONES DE DISEÑO

- En terreno plano, por razones de drenaje, la rasante estará sobre el nivel del terreno.
- En terreno ondulado, por razones de economía, en lo posible la rasante seguirá las inflexiones del terreno.

- En terreno accidentado, en lo posible la rasante deberá adaptarse al terreno, evitando los tramos en contrapendiente, para evitar alargamientos innecesarios.
- En terreno escarpado el perfil estará condicionado por la divisoria de aguas.
- Es deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas, que presenten variaciones graduales de los lineamientos, compatibles con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.
- Los valores especificados para pendiente máxima y longitud crítica, podrán estar presentes en el trazado si resultan indispensables. Sin embargo, la forma y oportunidad de su aplicación serán las que determinen la calidad y apariencia de la carretera terminada.
- Deberán evitarse las rasantes de “lomo quebrado” (dos curvas verticales de mismo sentido, unidas por una alineación corta). Si las curvas son convexas se generan largos sectores con visibilidad restringida, y si ellas son cóncavas, la visibilidad del conjunto resulta antiestética y se crean falsas apreciaciones de distancia y curvatura.
- En pendientes que superan la longitud crítica, establecida como deseable para la categoría de carretera en proyecto, se deberá analizar la factibilidad de incluir carriles para tránsito lento.
- En pendientes de bajada, largas y pronunciadas, es conveniente disponer, cuando sea posible, carriles de emergencia que permitan maniobras de frenado.

Pendiente

Pendientes mínimas: En tramos en corte, se ha diseñado pendientes mayores a $\pm 0.5\%$, en razón de garantizar el drenaje.

Pendientes Máximas: Se tuvo en cuenta el cuadro de clasificación de Carreteras del Manual (DG-2018).

Figura 69 pendientes máximas

Tabla 303.01
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	10,0
40 km/h															9,00	8,00	9,00	8,00	8,00	8,00
50 km/h									7,00	7,00			8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00		
60 km/h					6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	8,00	9,00	8,00	8,00		
70 km/h		5,00	5,00		6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00		7,00	7,00		
80 km/h	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00		6,00	6,00			7,00	7,00		
90km/h	4,50	4,50	5,00		5,00	5,00	6,00		5,00	5,00			6,00				6,00	6,00		
100km/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																			

Notas:

- 1) En caso que se desee pasar de carreteras de Primera o Segunda Clase, a una autopista, las características de éstas se deberán adecuar al orden superior inmediato.
- 2) De presentarse casos no contemplados en la presente tabla, su utilización previo sustento técnico, será autorizada por el órgano competente del MTC.

Fuente: Obtenida del manual DG 2018

La pendiente máxima proyectada es:

- Para carretera de tercera clase, Orografía Tipo 3, y Vd de 30kph, 10%

- Para carretera de tercera clase, Orografía Tipo 3, y Vd de 40kph,
10%
- Para carretera de segunda clase, Orografía Tipo 3, y Vd de 50kph,
8%

En nuestro proyecto, los valores de mayor pendiente, a lo largo de la carretera se encuentran en:

Tabla 35 *Pendientes Máximas del Proyecto*

Kilometro	Pendiente	Orografía	Carretera
18+860	-6.96%	Tipo 3	Tercera clase
25+430	4.05%	Tipo 4	Segunda clase

Fuente: Elaboración propia

Conclusión: Los valores se encuentran dentro de lo esperado y señalado por las DG 2018.

CURVAS VERTICALES

El Manual (DG-2018) del MTC establece el uso de la parábola de segundo grado, fijando las condiciones siguientes:

Los cambios de pendiente en tramos consecutivos han sido suavizados mediante curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia de pendiente era mayor o igual al 1 %.

Control de la Longitud de curvas verticales convexas

Según el ítem 403.03.05 "Consideraciones Estéticas" del Manual de Diseño Geométrico (DG-2018), la longitud de la curva vertical cumplirá la condición: L / V

Siendo:

- L = Longitud mínima de la curva vertical en metros.
- V = Velocidad directriz (Km/h)

En el presente proyecto se han diseñado curvas verticales simétricas de longitud mayor que la velocidad directriz.

El Diseño de las curvas verticales obedece a los siguientes criterios:

- Criterio de Comodidad. Se aplica a curvas verticales cóncavas donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar la dirección se suma al peso, generalmente queda englobado por el criterio de seguridad.

- Criterio de Operación. Aplicado a curvas verticales con visibilidad completa, para evitar al usuario tenga la impresión de un cambio súbito de pendiente.
- Criterio de Drenaje, en las curvas verticales, cuando están alojadas en corte, para tener en cuenta en el diseño de las pendientes longitudinales de las cunetas.
- Criterio de Seguridad. Se aplica a curvas cóncavas y convexas. La longitud debe ser tal que en toda la curva la Distancia de Visibilidad sea mayor o igual a la Distancia de parada o frenado.

Para la determinación de la longitud de las curvas verticales se seleccionará el Índice de Curvatura K. La longitud de la curva vertical será igual al Índice K multiplicado por el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes (A).

$$L = KA$$

Los valores de los índices K se muestran en el cuadro siguiente, para curvas convexas y cóncavas.

Tabla 36 Índice K para el Cálculo de la Longitud de Curva Vertical Convexa.

Velocidad directriz Km/hr	Longitud controlada por visibilidad de frenado	Índice de curvatura K	Longitud controlada por visibilidad de adelantamiento	Índice de curvatura K
	Distancia de visibilidad de frenado m.		Distancia de visibilidad de adelantamiento	
20	20	0.6	--	--

30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	74	6.4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

Fuente: Elaboración Propia

El índice de curvatura es la relación entre la longitud (L) de la curva vertical y la diferencia algebraica de pendientes (A).

$$K = L/A$$

Tabla 37 Índice para el Cálculo de la Longitud de Curva Vertical Cóncava

Velocidad directriz km/h	Distancia de visibilidad de frenado M.	Índice de curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	74	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38

Fuente: Elaboración Propia

El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A)

$K = L/A$ por el porcentaje de la diferencia algebraica.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

GENERALIDADES

Las Normas de Diseño consideradas en el presente estudio, han sido las señaladas en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018), del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, condicionadas a la orografía y a la demanda del tráfico Normal y proyectado.

ELEMENTOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL

La sección transversal es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que conforman la vía en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

Los elementos que integran y definen la sección transversal son: derecho de vía, calzada, bermas, carriles, cunetas, taludes y elementos complementarios.

CALZADA O SUPERFICIE DE RODADURA

Es la parte de la carretera destinada la circulación de vehículos se compone de un cierto número de carriles.

Figura 70 Anchos Mínimos de Calzada en Tangente

Tabla 304.01
Anchos mínimos de calzada en tangente

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera							
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			6,00	6,00
40 km/h																6,60	6,60	6,60	6,00	
50 km/h										7,20	7,20				6,60	6,60	6,60	6,60	6,00	
60 km/h					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	6,60		6,60	6,60		
80 km/h	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20			6,60	6,60		
90 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20	7,20			7,20				6,60	6,60		
100 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20				7,20							
110 km/h	7,20	7,20			7,20															
120 km/h	7,20	7,20			7,20															
130 km/h	7,20																			

Notas:
a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
b) En carreteras de Tercera Clase, excepcionalmente podrán utilizarse calzadas de hasta 5,00 m, con el correspondiente sustento técnico y económico

Fuente: Obtenida del manual DG 2018

- Para una Vd de 30kph y 40 kph, Orografía Tipo 3, el ancho de la calzada es 6m.
- Para una Vd de 50kph, Orografía Tipo 3, el ancho de la calzada es 6.60m

SOBREANCHO

Es el ancho que debe adicionarse al borde interior de la superficie de rodadura, en los tramos en curva, para compensar el mayor ancho requerido por los vehículos, que circulan por la curva horizontal.

El valor del sobreancho se ha determinado por la fórmula que establece la DG-2018. Los sobreanchos deben proyectarse con valores que sean múltiplos de 0.10 metros.

La fórmula en referencia es:

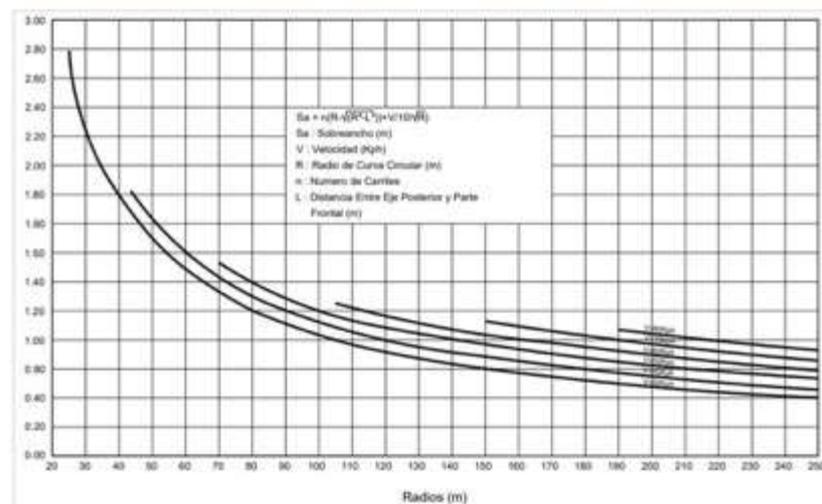
$$Sa = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Dónde:

- Sa : Sobreancho (m)
- n : Número de carriles
- R_c : Radio de curvatura circular (m)
- L : Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)
- V : Velocidad de diseño (km/h)

Figura 71 Valores de Sobreancho en Función a l del Tipo de Vehículo de Diseño.

Figura 302.18
Valores de sobreancho en función a "L" del tipo de vehículo de diseño



Fuente: Elaboración Propia

En la carretera en estudio, clasificada en función de la orografía de tipo 3, se han proyectado sobreanchos de hasta de 5.6 metros.

La norma también nos indica, que en el caso de que las bermas sean pavimentadas se agregara un ancho adicional de 0.50m conocido como Sobreancho de Compactación (SAC)

BERMAS

Son las franjas situadas a ambos lados de la superficie de rodadura, que contribuyen a resistir lateralmente las cargas que recibe aquella y que eventualmente pueden ser utilizadas por los vehículos en emergencia para estacionarse temporalmente, o para dar paso a otros vehículos.

De acuerdo con lo señalado en la Tabla 304.02:

Para Carreteras de Tercera clase con 30kph y 40kph, la berma es de 0.50m

Para carreteras de Segunda clase con 5kph, la berma es de 1.20m

Figura 72 *Anchos de Bermas.*

Ancho de bermas

Clasificación	Autopista								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																			0,50	0,50
40 km/h															1,20	1,20	1,20	0,90	0,50	
50 km/h											2,60	2,60			1,20	1,20	1,20	0,90	0,90	
60 km/h					3,00	3,00	2,60	2,60	3,00	3,00	2,60	2,60	2,00	2,00	1,20	1,20	1,20	1,20		
70 km/h			3,00	3,00	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	3,00	3,00			2,00	2,00			1,20	1,20		
90 km/h	3,00	3,00	3,00		3,00	3,00	3,00		3,00	3,00			2,00				1,20	1,20		
100 km/h	3,00	3,00	3,00		3,00	3,00	3,00		3,00				2,00							
110 km/h	3,00	3,00			3,00															
120 km/h	3,00	3,00			3,00															
130 km/h	3,00																			

Notas:

- Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
- Los anchos indicados en la tabla son para la berma lateral derecha, para la berma lateral izquierda es de 1,50 m para Autopistas de Primera Clase y 1,20 m para Autopistas de Segunda Clase
- Para carreteras de Primera, Segunda y Tercera Clase, en casos excepcionales y con la debida justificación técnica, la Entidad Contratante podrá aprobar anchos de berma menores a los establecidos en la presente tabla, en tales casos, se preverá áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera, destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias, de acuerdo a lo previsto en el **Tópico 304.12**, debiendo reportar al órgano normativo del MTC.

Fuente: Obtenida del manual DG 2018

En el punto 101.05 Carreteras de Tercera Clase se dice lo siguiente:

“Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.”

de los capítulos precedentes, proponemos nuestra sección tipo con las siguientes características:

PROPUESTA DEL PROYECTO:

Para el tramo Santa Ines Pilpichaca (0+800 – 22+400)

Calzada 6.00m y bermas de 0.50m a cada lado

Para el Tramo Pilpichaca – Pte Rumichaca (22+400 – 29+996.597)

Calzada de 6.60m y bermas de 1.20m a cada lado

Y debido al punto 101.05, nuestra carretera de Tercera Clase pavimentada deberá contar con las dimensiones de una carretera de Segunda Clase siguiente:

Para el tramo Santa Ines Pilpichaca (0+200 – 22+400)

Calzada 6.60m y bermas de 1.20m a cada lado

Para el Tramo Pilpichaca – Pte Rumichaca (22+400 – 29+996.597)

Calzada de 6.60m y bermas de 2.00m a cada lado

Es así que debido respetando a lo que indica la norma, se concluye utilizar las siguientes secciones típicas:

Para el tramo Santa Ines Pilpichaca (0+200 – 22+400)

Calzada 6.60m y bermas de 1.20m a cada lado

Para el Tramo Pilpichaca – Pte Rumichaca (22+400 – 29+996.597)

Calzada de 6.60m y bermas de 2.00m a cada lado

BOMBEO

Es la inclinación transversal de la superficie de rodadura en los tramos en tangente con la finalidad de evacuar las aguas superficiales; el bombeo considerado en el presente proyecto ha sido de 2.5 % teniendo en cuenta la precipitación pluvial mayor a 500 mm/año y pavimento asfáltico,

Según lo señalado en el estudio de hidrología e hidráulica los datos de precipitación total mensual de la estación de Jaén fluctúan entre 214.8 a 1361.1 mm/año

Figura 73 *Valores del Bombeo de la Calzada*

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

Fuente: Obtenida del manual DG 2018

De acuerdo con los datos de precipitación total anual y al tipo de superficie de rodadura considerada para el proyecto, *el valor de bombeo a considerar es de 2.5%.*

PERALTE

El peralte es la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva, con relación a la parte interior del mismo, con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, las curvas horizontales deben ser peraltadas.

El valor del peralte máximo está en función del radio mínimo y se calcula despejándola de la siguiente expresión:

Ecuación 21 *Peralte Máximo en Función de Radio Mínimo*

$$p = \frac{v^2}{127R} - f$$

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

Siendo valores de fricción máximo los dispuestos en la norma en el siguiente cuadro:

Tabla 38 *Valores de Fricción Máximo*

Velocidad Directriz (Km/h)	(fricción)
20	0.18
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

De la aplicación de estas fórmulas se obtienen los siguientes valores para el peralte máximo y radio mínimo:

Tabla 39 *Valores del Peralte y Radio.*

Ubicación de la Vía	Velocidad de diseño (Kph)	P máx%	Radio Mínimo (m)
Área Urbana (Alta Velocidad)	30	4,00	35
	40	4,00	60
	50	4,00	100
	60	4,00	150
	70	4,00	215
	80	4,00	280
Área Rural	90	4,00	375
	100	4,00	495
	110	4,00	635
	120	4,00	875

	130	4,00	1110
	30	6,00	30
	40	6,00	55
	50	6,00	90
	60	6,00	135
	70	6,00	195
	80	6,00	255
Área Rural (con peligro de Hielo)	90	6,00	335
	100	6,00	440
	110	6,00	560
	120	6,00	755
	130	6,00	950
	30	8,00	30
	40	8,00	55
	50	8,00	90
	60	8,00	135
	70	8,00	195
	80	8,00	255
	90	8,00	335
	100	8,00	440
	110	8,00	560
	120	8,00	755
	130	8,00	950
	30	12,0	25
	40	12,0	45
	50	12,0	70
	60	12,0	105
Área Rural	70	12,0	150
(Tipo 1,2 ó 3)	80	12,0	195
	90	12,0	255
	100	12,0	330
	110	12,0	415
	120	12,0	540
	130	12,0	665

DERECHA DE VIA O FAJA DE DOMINIO

La norma DG-2018 menciona lo siguiente:

Es la faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario.

La Faja del terreno que conforma el Derecho de Vía es un bien de dominio público inalienable e imprescriptible, cuyas definiciones y condiciones de uso se encuentran establecidas en el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado con Decreto Supremo N° 034-2008-MTC y sus modificaciones, bajo los siguientes conceptos:

- Del ancho y aprobación del Derecho de Vía.
- De la libre disponibilidad del Derecho de Vía.
- Del registro del Derecho de Vía.
- De la propiedad del Derecho de Vía.
- De la propiedad restringida.
- De las condiciones para el uso del Derecho de Vía.

Anchos mínimos del derecho de vía

Tabla 40 *Anchos Mínimos del Derechos de Vía.*

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

Para la vía proyectada se tiene los siguientes derechos de vía:

Tabla 41 *Derechos de vía.*

Tramo	Derecho de Vía
Km. 0+200 – Km. 22+400	16m
Km. 22+400 – Km. 29+996.597	20m

Fuente: Elaboración propia

TALUDES

El talud respetará las recomendaciones del especialista en Geología.

En los taludes de corte de altura mayor a siete metros, con predominio de material suelto o roca suelta, se han proyectado banquetas de 3 metros de ancho; si el talud es de mayor altura, se han colocado banquetas cada 10 metros.

Tabla 42 *Características del talud y descripción de materiales*

PROGRESIVA (Km)		LONG.	CLASIFICACION (%)			TALUD	DESCRIPCIÓN DE MATERIALES
INICIO	FIN	(m)	M.S.	R.S.	R.F.	H : V	
0+200.00	0+100.00	100.00	100	0	0	1 : 1	Deposito fluvio glaciar
0+100.00	0+200.00	100.00	100	0	0	1 : 1	Deposito fluvio glaciar
0+200.00	0+300.00	100.00	100	0	0	1 : 1	Deposito fluvio glaciar
0+300.00	0+400.00	100.00	100	0	0	1 : 1	Deposito fluvio glaciar
0+400.00	0+500.00	100.00	100	0	0	1 : 1	Deposito fluvio glaciar
0+500.00	0+600.00	100.00	100	0	0	1 : 1	Deposito fluvio glaciar
0+600.00	0+700.00	100.00	100	0	0	1 : 1	Deposito fluvio glaciar

0+700.00	0+800.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
0+800.00	0+900.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
0+900.00	1+000.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
1+000.00	1+100.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
1+100.00	1+200.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
1+200.00	1+300.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
1+300.00	1+400.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
1+400.00	1+500.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
1+500.00	1+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
1+600.00	1+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
1+700.00	1+800.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
1+800.00	1+900.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
1+900.00	2+000.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
2+000.00	2+100.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
2+100.00	2+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
2+200.00	2+300.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
2+300.00	2+400.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
2+400.00	2+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
2+500.00	2+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
2+600.00	2+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
2+700.00	2+800.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
2+800.00	2+900.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
2+900.00	3+000.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
3+000.00	3+100.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
3+100.00	3+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
3+200.00	3+300.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
3+300.00	3+400.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
3+400.00	3+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar

3+500.00	3+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
3+600.00	3+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
3+700.00	3+800.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
3+800.00	3+900.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
3+900.00	4+000.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
4+000.00	4+100.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
4+100.00	4+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
4+200.00	4+300.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
4+300.00	4+400.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
4+400.00	4+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
4+500.00	4+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
4+600.00	4+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
4+700.00	4+800.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
4+800.00	4+900.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
4+900.00	5+000.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
5+000.00	5+100.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
5+100.00	5+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
5+200.00	5+300.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
5+300.00	5+400.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
5+400.00	5+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
5+500.00	5+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
5+600.00	5+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
5+700.00	5+800.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
5+800.00	5+900.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
5+900.00	6+000.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
6+000.00	6+100.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
6+100.00	6+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
6+200.00	6+300.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar

6+300.00	6+400.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
6+400.00	6+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
6+500.00	6+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
6+600.00	6+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
6+700.00	6+800.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
6+800.00	6+900.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
6+900.00	7+000.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
7+000.00	7+100.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
7+100.00	7+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
7+200.00	7+300.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
7+300.00	7+400.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
7+400.00	7+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
7+500.00	7+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
7+600.00	7+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
7+700.00	7+800.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
7+800.00	7+900.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
7+900.00	8+000.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
8+000.00	8+100.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
8+100.00	8+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
8+200.00	8+300.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
8+300.00	8+400.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
8+400.00	8+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
8+500.00	8+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
8+600.00	8+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
8+700.00	8+800.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
8+800.00	8+900.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
8+900.00	8+980.00	80.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
8+980.00	9+000.00	20.00	100	0	0	1	:	3	Deposito fluvio glaciar

9+000.00	9+080.00	80.00	100	0	0	1	:	3	Deposito fluvio glaciar
9+080.00	9+200.00	120.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
9+200.00	9+300.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
9+300.00	9+440.00	140.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
9+440.00	9+500.00	60.00	100	0	0	1	:	3	Deposito fluvio glaciar
9+500.00	9+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
9+600.00	9+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
9+700.00	9+800.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
9+800.00	9+900.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
9+900.00	10+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
10+200.00	10+100.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
10+100.00	10+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
10+200.00	10+300.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
10+300.00	10+400.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
10+400.00	10+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
10+500.00	10+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
10+600.00	10+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
10+700.00	10+200.00	120.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
10+200.00	10+920.00	100.00	100	0	0	1	:	3	Deposito fluvio glaciar
10+920.00	11+000.00	80.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
11+000.00	11+100.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
11+100.00	11+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
11+200.00	11+300.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
11+300.00	11+400.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
11+400.00	11+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
11+500.00	11+600.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
11+600.00	11+700.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
11+700.00	11+800.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
11+800.00	11+900.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
11+900.00	12+000.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica

12+000.00	12+100.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
12+100.00	12+200.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
12+200.00	12+300.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
12+300.00	12+400.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
12+400.00	12+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
12+500.00	12+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
12+600.00	12+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
12+700.00	12+800.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
12+800.00	12+900.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
12+900.00	13+000.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
13+000.00	13+100.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
13+100.00	13+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
13+200.00	13+300.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
13+300.00	13+400.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
13+400.00	13+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
13+500.00	13+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
13+600.00	13+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
13+700.00	13+800.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
13+800.00	13+900.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
13+900.00	14+000.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
14+000.00	14+100.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
14+100.00	14+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
14+200.00	14+320.00	120.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
14+320.00	14+400.00	80.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
14+400.00	14+560.00	160.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
14+560.00	14+600.00	40.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
14+600.00	14+760.00	160.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
14+760.00	14+820.00	60.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
14+820.00	14+900.00	80.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
14+900.00	15+000.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
15+000.00	15+100.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
15+100.00	15+200.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica

15+200.00	15+300.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
15+300.00	15+400.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
15+400.00	15+520.00	120.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
15+520.00	15+600.00	80.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
15+600.00	15+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
15+700.00	15+800.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
15+800.00	15+950.00	150.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
15+950.00	16+000.00	50.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
16+000.00	16+100.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
16+100.00	16+200.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
16+200.00	16+300.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
16+300.00	16+400.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
16+400.00	16+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
16+500.00	16+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
16+600.00	16+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
16+700.00	16+880.00	180.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
16+880.00	16+900.00	20.00	100	50	50	1	:	4	Roca volcanica
16+900.00	17+000.00	100.00	100	50	50	1	:	4	Roca volcanica
17+000.00	17+100.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
17+100.00	17+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
17+200.00	17+300.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
17+300.00	17+400.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
17+400.00	17+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
17+500.00	17+600.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
17+600.00	17+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
17+700.00	17+800.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
17+800.00	17+900.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
17+900.00	18+000.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
18+000.00	18+100.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
18+100.00	18+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
18+200.00	18+300.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
18+300.00	18+400.00	100.00	0	50	50	1	:		

18+400.00	18+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
18+500.00	18+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
18+600.00	18+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
18+700.00	18+800.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
18+800.00	18+900.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
18+900.00	19+000.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
19+000.00	19+100.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
19+100.00	19+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
19+200.00	19+300.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
19+300.00	19+400.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
19+400.00	19+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
19+500.00	19+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
19+600.00	19+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
19+700.00	19+800.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
19+800.00	19+900.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
19+900.00	20+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
20+200.00	20+100.00	100.00	100	0	0	1	:		
20+100.00	20+200.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
20+200.00	20+300.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
20+300.00	20+400.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
20+400.00	20+500.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
20+500.00	20+600.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
20+600.00	20+750.00	150.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
20+750.00	20+800.00	50.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
20+800.00	20+900.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
20+900.00	21+000.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
21+000.00	21+100.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
21+100.00	21+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
21+200.00	21+300.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar

21+300.00	21+400.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
21+400.00	21+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
21+500.00	21+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
21+600.00	21+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
21+700.00	21+800.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
21+800.00	21+900.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
21+900.00	22+000.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
22+000.00	22+100.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
22+100.00	22+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
22+200.00	22+300.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
22+300.00	22+400.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
22+400.00	22+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
22+500.00	22+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
22+600.00	22+700.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
22+700.00	22+800.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
22+800.00	22+900.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
22+900.00	23+000.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
23+000.00	23+100.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
23+100.00	23+200.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
23+200.00	23+300.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
23+300.00	23+400.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
23+400.00	23+500.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
23+500.00	23+600.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
23+600.00	23+700.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
23+700.00	23+800.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
23+800.00	23+900.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
23+900.00	24+000.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
24+000.00	24+100.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar

24+100.00	24+200.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
24+200.00	24+300.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
24+300.00	24+400.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
24+400.00	24+500.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
24+500.00	24+600.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
24+600.00	24+750.00	150.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
24+750.00	24+850.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
24+850.00	24+900.00	50.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcánica
24+900.00	25+000.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcánica
25+000.00	25+100.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcánica
25+100.00	25+240.00	140.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcánica
25+240.00	25+300.00	60.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
25+300.00	25+400.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
25+400.00	25+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
25+500.00	25+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
25+600.00	25+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
25+700.00	25+800.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
25+800.00	25+900.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
25+900.00	26+000.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
26+000.00	26+100.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
26+100.00	26+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
26+200.00	26+380.00	180.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
26+380.00	26+400.00	20.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
26+400.00	26+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
26+500.00	26+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
26+600.00	26+700.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
26+700.00	26+800.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
26+800.00	26+900.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
26+900.00	27+000.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
27+000.00	27+100.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar

27+100.00	27+200.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
27+200.00	27+300.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
27+300.00	27+400.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
27+400.00	27+500.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
27+500.00	27+600.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
27+600.00	27+700.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
27+700.00	27+800.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
27+800.00	27+900.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
27+900.00	28+000.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
28+000.00	28+100.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
28+100.00	28+200.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
28+200.00	28+300.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
28+300.00	28+400.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
28+400.00	28+500.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
28+500.00	28+600.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
28+600.00	28+700.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
28+700.00	28+800.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
28+800.00	28+900.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
28+900.00	29+000.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
29+000.00	29+100.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
29+100.00	29+200.00	100.00	100	0	0	1	:	1	Deposito fluvio glaciar
29+200.00	29+300.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
29+300.00	29+400.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
29+400.00	29+500.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
29+500.00	29+600.00	100.00	100	0	0	1	:	2	Deposito fluvio glaciar
29+600.00	29+700.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
29+700.00	29+800.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
29+800.00	29+900.00	100.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica
29+900.00	29+949.00	49.00	0	50	50	1	:	4	Roca volcanica

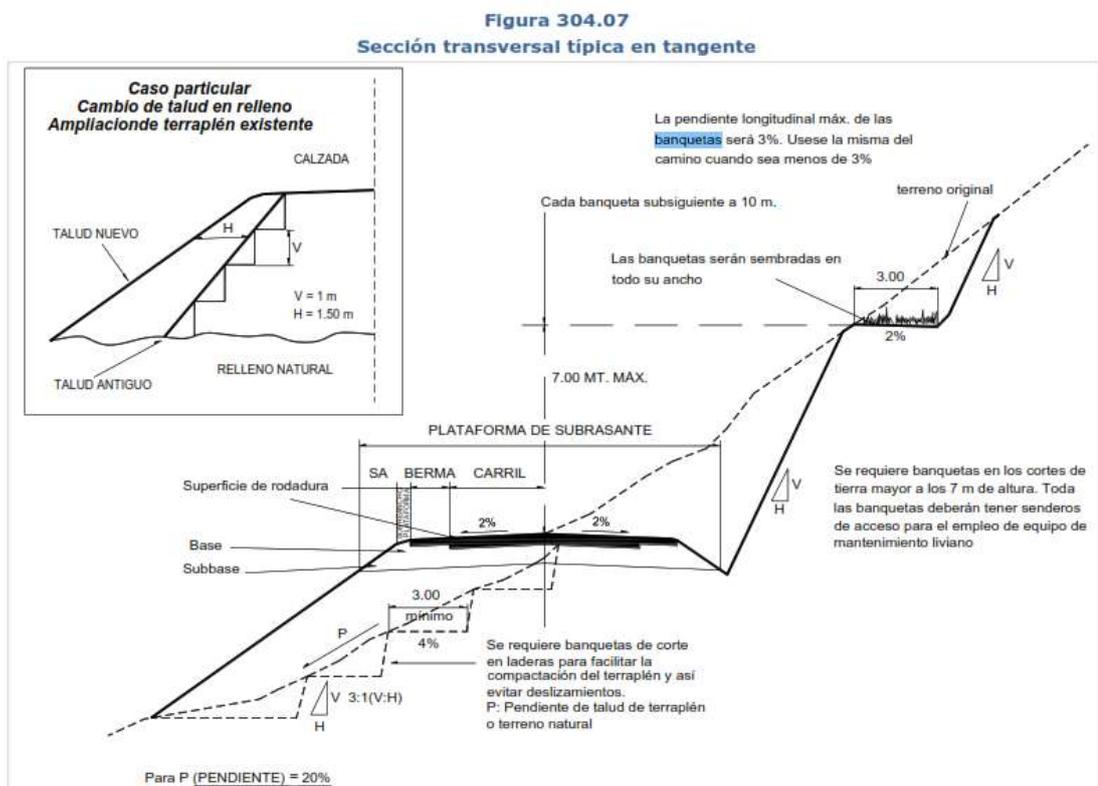
BANQUETAS

Dependiendo de la altura de corte se ha considerado la colocación de banquetas.

La primera banqueta se colocará a 7m de altura y las demás cada 10m de altura.

Según las DG 2018 la colocación de banquetas es bajo el siguiente esquema:

Figura 74 *Sección Transversal Típica en Tangente.*



Fuente: Obtenida del Manual DG 2018

BANQUETAS DE ENGRAPE

Las banquetas de engrape, son las requeridas para completar y garantizar el relleno de la vía. Su uso ha sido determinado en el proyecto de acuerdo a la evaluación de las especialidades de Geología y Suelos y Pavimentos.

Tabla 43 *Banquetas de Engrape*

N°	inicio	fin	long	lado
1	02+250.00	02+310.00	60	izq
2	02+865.00	02+885.00	20	izq
3	02+905.00	02+935.00	30	izq
4	03+530.00	03+550.00	20	izq
5	04+550.00	04+625.00	75	izq
6	09+240.00	09+255.00	15	izq
7	18+670.00	18+690.00	20	der
8	19+150.00	19+175.00	25	der
9	19+310.00	19+350.00	40	der
10	19+715.00	19+735.00	20	der
11	20+700.00	20+760.00	60	der
12	21+730.00	21+770.00	40	der
13	22+290.00	22+330.00	40	der
14	24+020.00	24+060.00	40	izq
15	24+080.00	24+140.00	60	der
16	26+430.00	26+500.00	70	der
17	26+630.00	26+670.00	40	der

CUNETAS

El diseño de las cunetas ha sido realizado por la especialidad de hidrología y se puede apreciar en las secciones transversales. Las dimensiones se pueden apreciar en el plano de Secciones Típicas.

ENSANCHE DE PLATAFORMA (PLAZOLETAS)

En las carreteras donde las bermas tengan anchos menores de 2.60m se deberá prever como medida de seguridad vial, áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera (en forma alternada), destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias. Los ensanches deben diseñarse contemplando transiciones de ingreso y salida.

Las dimensiones mínimas y separación de ensanches se muestran a continuación:

Figura 75 Dimensiones Mínimas y Separación Máximas de Ensanches de Plataforma

Tabla 304.12
Dimensiones mínimas y separación máximas de ensanches de plataforma

Orografía	Dimensiones mínimas		Separación máxima a cada lado (m)		
	Ancho (m)	Largo (m)	Carretera de Primera Clase	Carretera de Segunda Clase	Carretera de Tercera Clase
Plano	3.0	30.0	1,000	1,500	2,000
Ondulado	3.0	30.0	1,000	1,500	2,000
Accidentado	3.0	25.0	2,000	2,500	2,500
Escarpado	2.5	25.0	2,000	2,500	2,500

Fuente: Obtenida del Manual DG 2018

Las plazoletas del proyecto se ubican en las siguientes progresivas:

Tabla 44 Ubicación de Plazoleta del Proyecto.

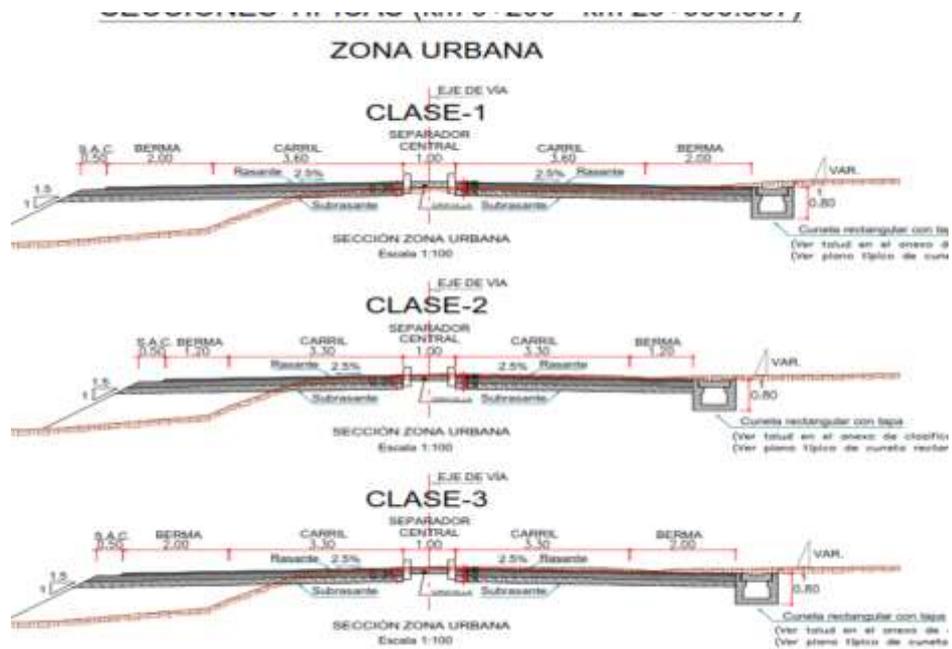
UBICACIÓN DE PLAZOLETAS DEL PROYECTO					
CG.PIZ	Lado	Inicio Trans.	Inic.Plz	Fin Plz.	Fin Transic.
0+600	Derecho	0+575	0+585	0+615	0+625
2+130	Izquierdo	2+105	2+115	2+145	2+155
3+960	derecho	3+935	3+945	3+975	3+985
6+000	Izquierdo	5+975	5+985	6+015	6+025
8+020	derecho	7+995	8+005	8+035	8+045
9+930	izquierdo	9+905	9+915	9+945	9+955
12+430	derecha	12+405	12+415	12+445	12+455

14+120	izquierda	14+095	14+105	14+135	14+145
15+890	derecha	15+865	15+875	15+905	15+915
18+710	izquierda	18+685	18+695	18+725	18+735
20+260	derecha	20+235	20+245	20+275	20+285
22+160	izquierda	22+135	22+145	22+175	22+185
24+400	derecha	24+375	24+385	24+415	24+425
25+920	izquierda	25+895	25+905	25+935	25+945
28+150	derecha	28+125	28+135	28+165	28+175
29+760	izquierda	29+735	29+745	29+775	29+785

Fuente: *Elaboración Propia*

Las secciones típicas de la vía con todos los elementos señalados son las siguientes:

Figura 76 *Secciones Típicas*



adoptadas y sus transiciones ver según cuadro.

Fuente: *Elaboración Propia*

Figura 77 Cuadro de Secciones Típicas

CUADRO DE SECCIONES TÍPICAS										
BERMA (m) IZQUIERDO	CARRIL (m) IZQUIERDO	SEPARADOR CENTRAL (m)	CARRIL (m) DERECHO	BERMA (m) DERECHO	SECCIÓN ADOPTADA	KILOMETRAJE		LONGITUD (m)	SECCIÓN TRANSICIÓN	COMENTARIO
						INICIO	FIN			
2.0	3.6	1.0	3.6	2.0	CLASE-1	0+200	0+760	560		ZONA URBANA
2.0 - 1.2	3.6 - 3.3	1.0 - 0	3.6 - 3.3	2.0 - 1.2		0+760	0+800	40	SÍ	ZONA URBANA
1.2	3.3	0.0 - 1.0	3.3	1.2		6+390	6+400	10	SÍ	
1.2	3.3	1.0	3.3	1.2	CLASE-2	6+400	6+800	400		ZONA URBANA
1.2	3.3	1.0 - 0.0	3.3	1.2		6+800	6+820	20	SÍ	
1.2 - 2.0	3.3	0.0 - 1.0	3.3	1.2 - 2.0		22+380	22+400	20	SÍ	
2.0	3.3	1.0	3.3	2.0	CLASE-3	22+400	24+600	2200		ZONA URBANA
2.0 - 1.2	3.3	1.0 - 0.0	3.3	2.0 - 1.2		24+600	24+620	20	SÍ	

Fuente: Elaboración Propia

DISEÑO GEOMÉTRICO DE PUENTES

GENERALIDADES

La sección transversal de los puentes mantendrá la sección típica de diseño de la carretera en la cual se encuentra el puente. Dicha sección comprende también las bermas.

Los puentes además deberán estar dotados de veredas, cuyo inicio será a partir del borde exterior de las bermas y tendrán un ancho mínimo 0.75 m.

ELEMENTOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL

Los elementos de la sección transversal serán los mismos de la vía (plataforma, bermas) con veredas y elementos de seguridad.

CUADRO DE UBICACIÓN DE PUENTES

Los puentes proyectados son los siguientes:

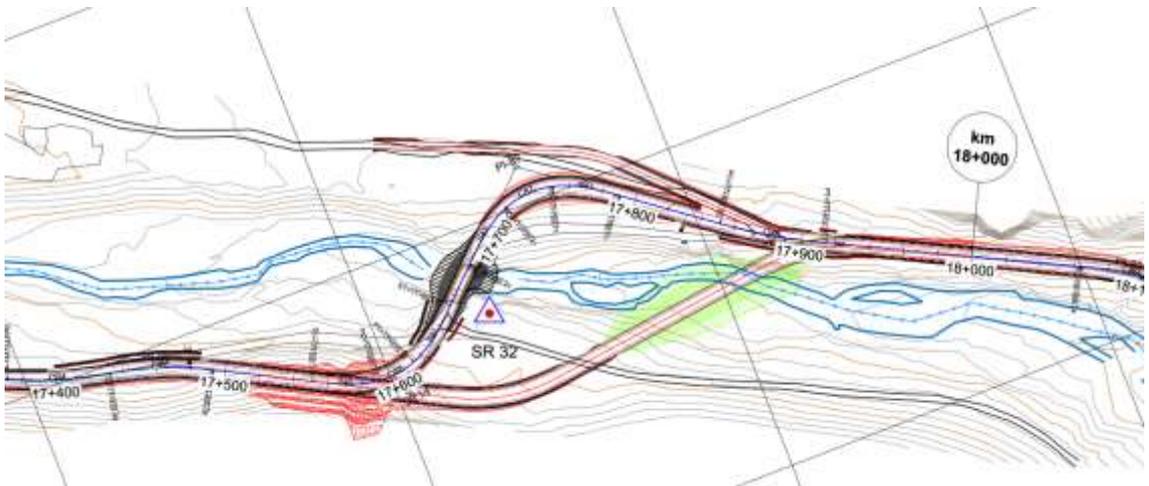
Tabla 45 Ubicación de Puentes

Ítem	Puente	Progresiva
1	Pampas	17+680
2	Carhuancho	19+760
3	Jenhuamayo	25+280

Puente Pampas 17+680

Como resultado de la coordinación con las especialidades de hidrología, geología, estructuras y demás, se estableció la posición de la geometría del puente.

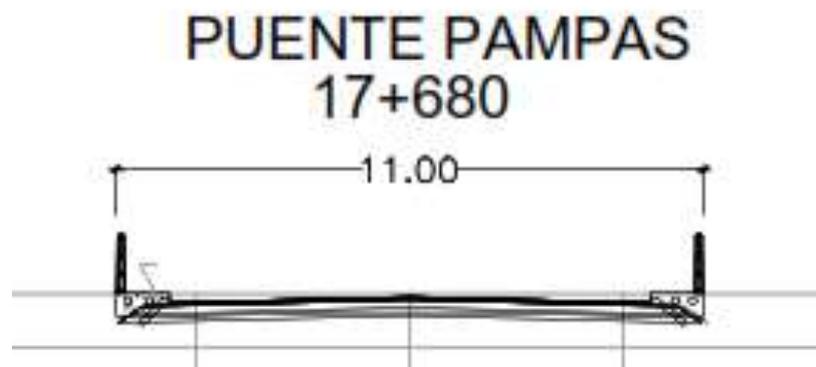
Figura 78 Posición de la Geometría del Puente.



Puente Pampas: 17+659.68 – 17+682.68

Nivel de rasante: 4147.94 msnm

Figura 79 Puentes de Pampas



Fuente: *Elaboración Propia*

Puente Carhuanchu: 19+750.57 – 17+790.57

Nivel de rasante : 4109.82

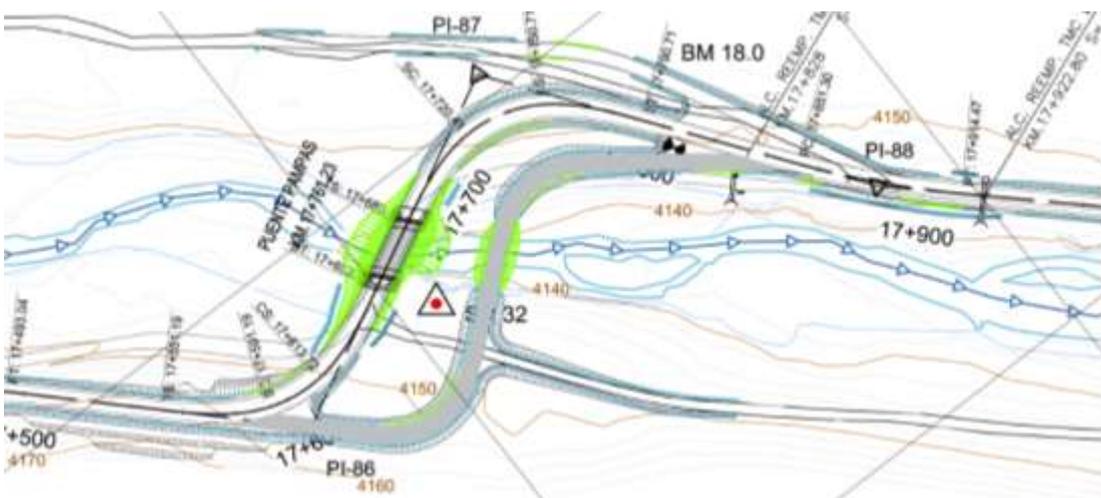
Pase Provisional Km 17+670

El pase provisional tiene la misma sección vial de la vía proyectada, con 6.6m de calzada y 1.20m de bermas. Se encuentra aguas abajo del río. Se ha considerado pasar el río con una batería de alcantarillas.

La ubicación del pase provisional cuenta con el visto bueno de la especialidad de hidrología y geología

El inicio del desvío se inicia en el Km. 17+520 y el empalme en el Km. 18+000, tiene una longitud de 438.48m y las pendientes que se usan para cruzar el río son de 3.3% y 1.2%.

Figura 80 Plano de pase Provisional Km 17+670

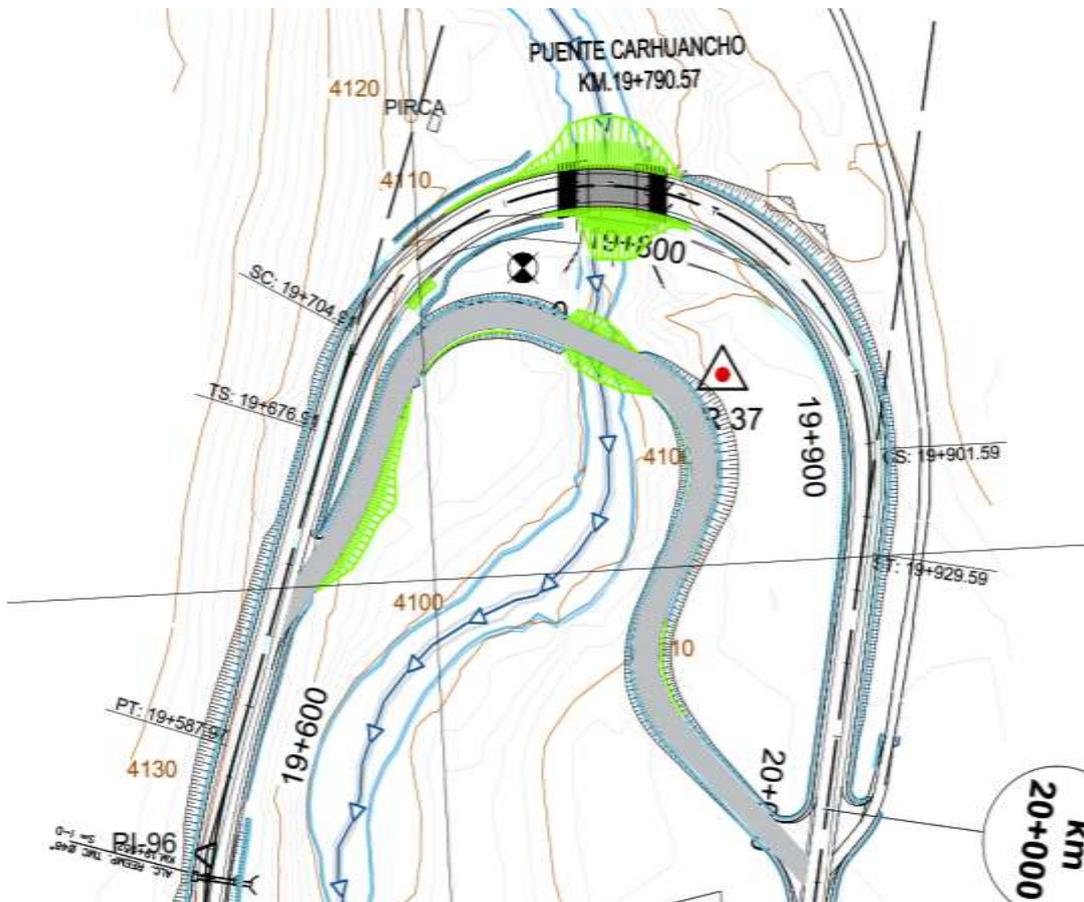


Fuente: *Elaboración Propia*

Puente Carhuacho Km. 19+790

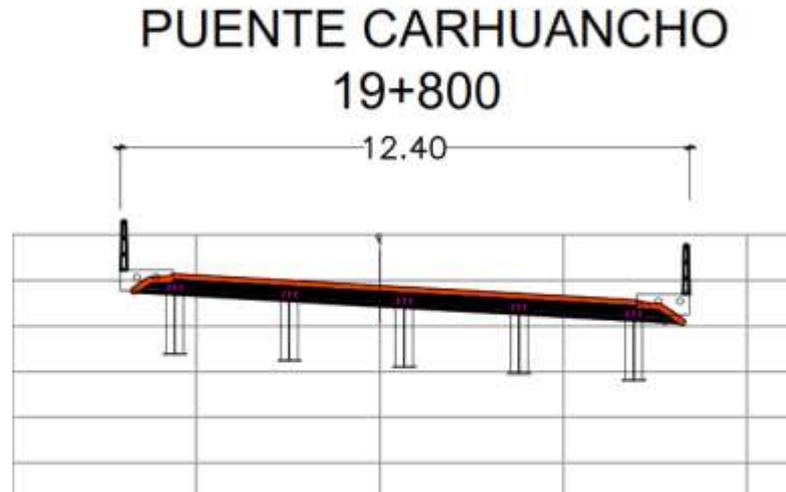
Así como se indicó en el puente anterior, este puente también es el resultado de la coordinación con las especialidades de hidrología, geología, estructuras y demás. De esta manera, se estableció la posición de la geometría del puente.

Figura 81 *Puente Carhuacho Km 19+790*



Fuente: Elaboración Propia

Figura 82 Plano del Puente Carhuancho



Puente Jenhuamayo : 25+264.48 – 25+286.48

Nivel de Rasante : 4005.08

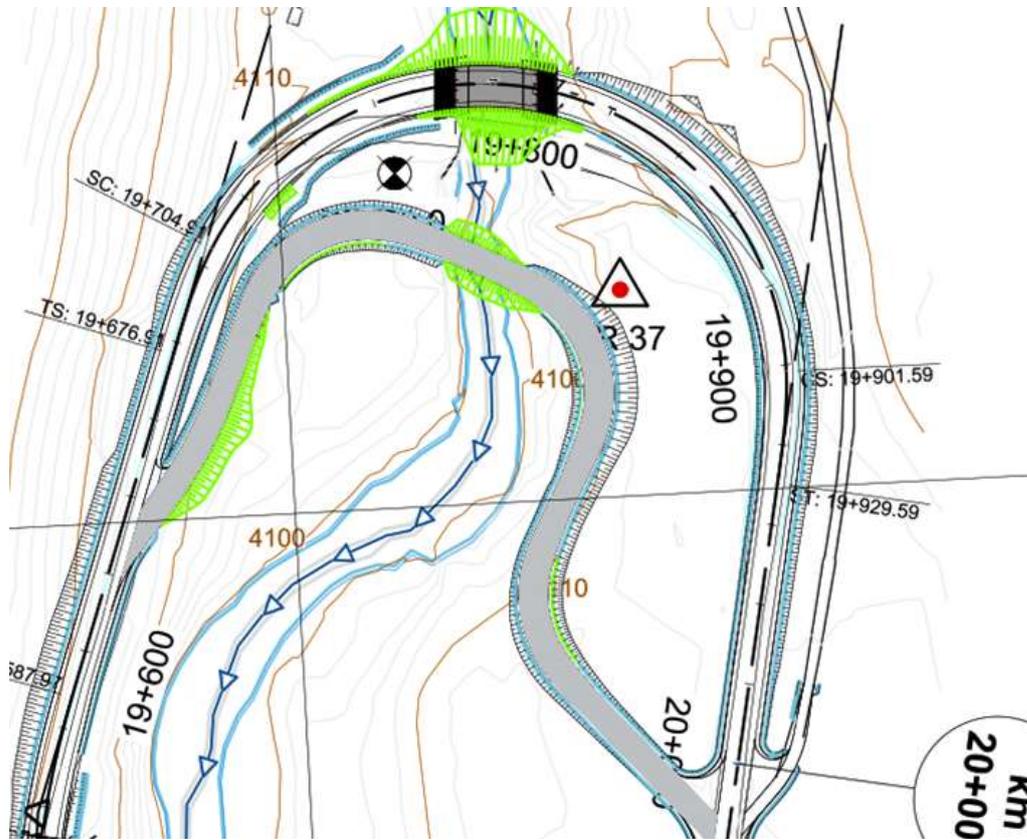
Pase Provisional Km 19+790

El pase provisional tiene la misma sección vial de la vía proyectada, con 6.6m de calzada y 1.20m de bermas. Se encuentra aguas abajo del río. Se ha considerado pasar el río con una batería de alcantarillas.

La ubicación del pase provisional cuenta con el visto bueno de la especialidad de hidrología y geología

El inicio del desvío se inicia en el Km. 19+620 y el empalme en el Km. 20+240, tiene una longitud de 428.79m y la pendiente que se usa para cruzar el río es de 1.5%.

Figura 83 Plano de pase provisional Km 19+790

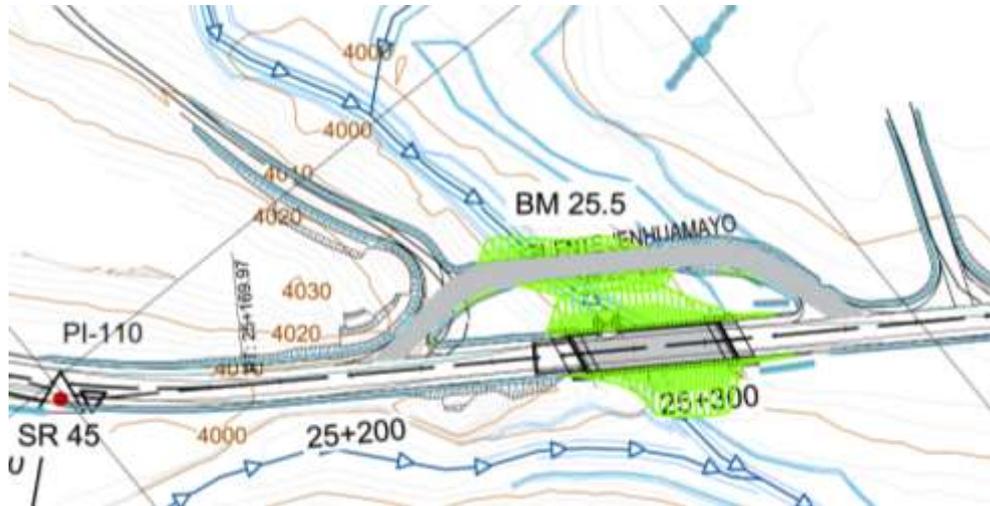


Fuente: Elaboración Propia

Puente Jenhuamayo Km. 25+280

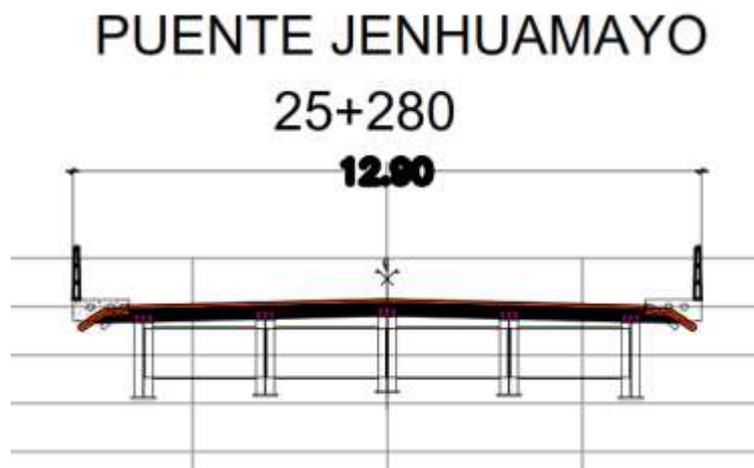
Así como se indicó en el puente anterior, este puente también es el resultado de la coordinación con las especialidades de hidrología, geología, estructuras y demás. De esta manera, se estableció la posición de la geometría del puente.

Figura 84 Plano de Puente de Jenhuamayo Km 25+280



Fuente: Elaboración Propia

Figura 85 Plano del Puente Jenhuamayo



Fuente: Elaboración Propia

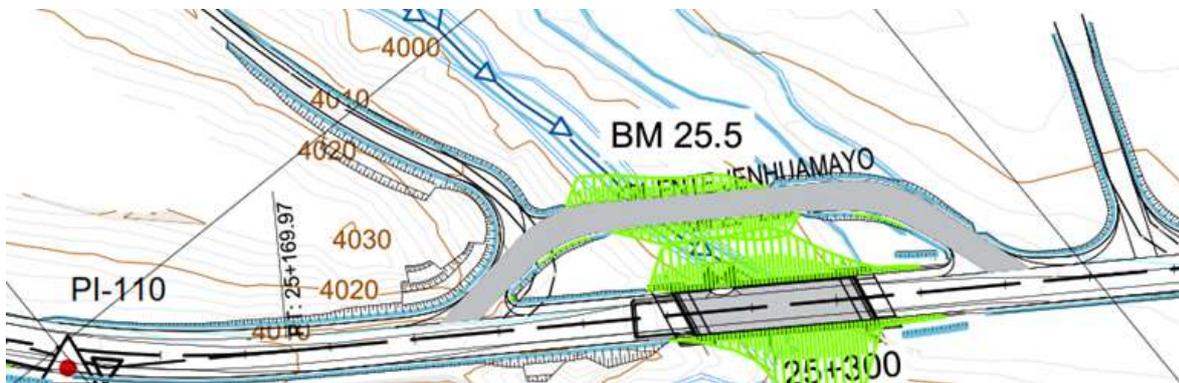
Pase Provisional Km 25+300

El pase provisional tiene la misma sección vial de la vía proyectada, con 6.6m de calzada y 1.20m de bermas. Se encuentra aguas abajo del río. Se ha considerado pasar el rio con una batería de alcantarillas.

La ubicación del pase provisional cuenta con el visto bueno de la especialidad de hidrología y geología

El inicio del desvío se inicia en el Km. 25+180 y el empalme en el Km. 25+390, tiene una longitud de 207.58m y la pendiente que se usa para cruzar el rio es de 0.35%.

Figura 86 *Plano de pase provisional Km25+300*



Fuente: Elaboración Propia

DISEÑO GEOMÉTRICO DE INTERSECCIONES

GENERALIDADES

El problema principal en las intersecciones de la vía evitamiento son los giros o movimientos que estos presentan. La ruta en estudio presenta dos intersecciones:

En Santa Inés Km. 0+000, se ha desarrollado una intersección a nivel tipo Ovalo que ha sido desarrollado en el estudio de la otra consultora en el tramo Huancavelica – Santa Inés.

En nuestro estudio hemos empalmando con el otro tramo en la progresiva 0+200 de nuestro eje, con la misma sección vial asignada para la zona urbana de Santa Inés.

En la parte final de nuestro proyecto, empalmando a la ruta de los Libertadores en el Puente Rumichaca, se ha desarrollado una intersección, a finde que empalmar con la geografía y espacio existente.

Es importante aclarar que el diseño de esta zona urbana responde a los acuerdos coordinados oportunamente y se pueden apreciar en el anexo 3.13.7.

ELEMENTOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

La sección vial considerada para toda la zona urbana de Santa Inés es la que se muestra a continuación.

Figura 87 Plano de sección transversal



Fuente: *Elaboraci6n Propia*

Esta secci6n se ha utilizado en nuestro proyecto en el sector del Km. 0+200 hasta el Km. 0+760, para pasar a reducir la secci6n vial a la secci6n t6pica de nuestro proyecto en una longitud de 40m (Km. 0+800), donde ya tenemos la secci6n vial con la que desarrollamos nuestro proyecto.

En el tramo final, la secci6n vial es la misma de nuestro proyecto de carretera.

Figura 88 Plano de dise1o de cada una de las intersecciones



Fuente: *Elaboraci6n Propia*

Figura 89 Empalme proyecto santa Inés – pte Rumichaca con ruta 28 a (vía los libertadores), km 29+996.597



Fuente: Elaboración Propia

DESCRIPCIÓN DEL EJE DE DISEÑO GEOMÉTRICO

El inicio del proyecto se presenta en el Centro Poblado Santa Inés, donde se encuentra el Km. 0+000, sin embargo, este inicio coincide con el final del proyecto de la Carretera Huancavelica – Santa Inés, por lo que siendo un punto de intersección requiere una intervención para ambos tramos.

La solución incluida en el presente estudio corresponde a una evaluación conjunta con el Consultor del tramo Huancavelica – Santa Inés, pero la intervención propia de esta intersección corresponde a ser incluida en el expediente del tramo Huancavelica – Santa Inés.

Con lo explicado se ha trazado un eje, y este trazo se inicia en el Centro Poblado de Santa Inés cerca de los 4618 msnm. El inicio es un sector en común con la ruta Huancavelica – Santa Inés, y es por este motivo que nuestro proyecto ha

empalmado con el diseño efectuado por la consultora encargada del estudio de la ruta indicada. En la intersección de ambas rutas, se ha elaborado una rotonda que culmina en nuestra progresiva Km. 0+200 y es desde aquí donde se inicia nuestro proyecto.

Se ha considerado *zona urbana hasta el Km. 0+760* y se ha desarrollado con la sección típica de la zona urbana de Santa Ines (ver 5.5 Criterios y Controles Básicos para el Diseño Geométrico, Control de accesos). Desde el Km. 0+760 al 0+800, se ha desarrollado la transición de la sección urbana de la zona de Santa Ines, a la sección de nuestro proyecto (ver plano de sección típica)

Se sale de la *zona urbana a partir del 0+800*, y el trazo discurre a media ladera aprovechando la plataforma existente en la dirección sur, con algunas curvas, predominando el tipo de topografía Tipo 3. Esta dirección característica similares se mantienen hasta el km 9+000.

En todo el tramo la tendencia del trazo es estar pegado a la cuneta actual, debido a que el ancho proyectado es mayor que el ancho existente. A este nivel, el diseño cuenta con las recomendaciones de todas las especialidades involucradas (hidrología geología, afectaciones, estructuras; etc).

En el Km. 6+400 hasta el Km. 6+800 se atraviesa la zona urbana de Huaracco.

Se ha mantenido el eje existente al existir el espacio suficiente, sin embargo, en la colocación de bermas es posible que se afecte el canal existente en el Km, 6+800, a ambos lados debido a la falta de ancho de la vía existente. Ver plano de sección típica)

El trazo continuo en la dirección sureste y en el Km. 8+500 se ha realizado una mejora del trazo considerable evitando una curva cerrada en una quebrada. Las soluciones hidráulicas implementadas en el proyecto se pueden apreciar en el Item 5.6.5 Obras Complementarias

Desde esta posición hacia el Km. 17+680 la tendencia es continuar con el eje pegado a la cuneta existente, similar a tramos anteriores, debido a la falta de ancho de la vía existente.

El trazo continuo el descenso *hasta llegar al km 17+680* con 4160msnm, atravesando el primer puente encontrado. En este punto el trazo cambia de margen.

Continuando a media ladera, en la dirección este, *se llega al Km. 19+791* con 4124 msnm donde encontramos el segundo puente.

El trazo en la dirección este *llega al km. 22+300* donde se ingresa al Centro Poblado de Pilpichaca por los 4078 msnm. Se ingresa al pueblo en una tangente bastante larga con amplio espacio para la colocación de la calzada y sus bermas. Esta zona urbana concluye cerca del Km. 24+2000.

En la zona urbana es importante la reposición de algunas alcantarillas tipo marco para garantizar la continuidad de la vía.

Continuando con el trazo en la dirección sureste y siempre en descenso se llega al Km. 25+280 con 4015msnm donde se encuentra un puente. El trazo sigue la dirección sureste y nos presenta dos puentes más, en los Km. 29+120 y 29+390.

Finalmente se llega al empalme con la vía los Libertadores 29+996.597

En este sector se ha realizado el diseño de la intersección y se puede apreciar en los planos adjuntos.

El trazo tiene un total de 119 Pis, haciendo un total de 4.0 Pisxkm.

Del trazo se puede rescatar que:

Existen 03 zonas urbanas que necesariamente se circulará a 30 kph.

Santa Ines 0+200 – 0+800

Huaracco; 6+500 – 6+800

Pilpichaca 22+400 – 24+600

Las prioridades de ensanche de la vía, de acuerdo a lo analizado por el estudio de tráfico, ha generado que se priorice el desplazamiento del eje de la vía existente, hacia el corte, coincidiendo en su mayor parte con la cuneta existente.

Existen 03 puentes 17+700, 19+700 y 25+280

Las obras complementarias proyectadas en la vía se muestran a continuación:

Tabla 46 *Relación de Muros Proyectados*

N°	inicio	fin	long	lado	Elemento	Observación
1	01+525.00	01+595.00	70	izq	Muro	Protección de canal, ver EH
2	09+075.00	09+130.00	55	izq	Muro	Ensanche plataforma
3	16+735.00	16+741.50	6.50	der	Muro	Ensanche plataforma
4	16+747.00	16+755.00	8.00	der	Muro	Ensanche plataforma
5	20+442.00	20+470.00	28.00	der	Tierra armada	Ensanche plataforma
6	23+110.00	23+134.00	24.00	izq	Tierra armada	Ensanche plataforma
7	23+134.00	23+150.00	16.00	der	Tierra armada	Ensanche plataforma
8	24+755.00	24+810.00	55.00	der	Tierra armada	Ensanche plataforma
9	25+250.00	25+270.00	20.00	izq	Tierra armada	Ensanche plataforma
10	26+075.00	26+130.00	55.00	der	Tierra armada	Ensanche plataforma
11	27+030.00	27+150.00	120.00	der	Muro	Protección canal, ver EH
12	28+490.00	28+607.00	117.00	izq	Tierra armada	Ensanche plataforma

13	28+607.00	28+630.00	23.00	der	Tierra amada	Ensanche plataforma
14	28+770.00	28+771.00	1.00	der	Tierra armada	Ensanche plataforma
15	29+570.00	29+583.00	13.00	der	Muro	Ensanche plataforma

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 47 *Relación de Pases Vehiculares*

N°	PROGRESIVA (km)		LADO	LONGITUD (m)
	INICIO	FIN		
1	3+200.00	3+235.00	DERECHO	35.00
2	4+433.00	4+478.00	DERECHO	45.00
3	12+460.00	12+478.00	DERECHO	18.00
4	17+830.00	17+890.00	IZQUIERDO	60.00
5	20+000.00	20+018.00	IZQUIERDO	18.00
6	21+472.00	21+491.00	IZQUIERDO	19.00
7	25+220.00	25+240.00	IZQUIERDO	20.00
8	25+360.00	25+394.00	IZQUIERDO	34.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 48 *Relación de Pases Peatonales*

N°	PROGRESIVA (km)		LADO	LONGITUD (m)
	INICIO	FIN		
1	0+200.00	0+213.50	DERECHO	13.50
2	0+213.50	0+346.41	DERECHO	132.91
3	0+346.41	0+548.76	DERECHO	202.35
4	0+548.76	0+646.85	DERECHO	98.09
5	0+646.85	0+381.24	DERECHO	-265.61
6	2+661.31	2+911.97	IZQUIERDO	250.66
7	2+911.97	3+189.98	IZQUIERDO	278.01
8	6+500.00	6+750.00	DERECHO	250.00
9	6+500.00	6+750.00	IZQUIERDO	250.00
10	6+760.00	6+886.73	DERECHO	126.73

Fuente: Elaboración Propia

CONSIDERACIONES ESPECIALES

CON LAS NORMAS DE DISEÑO DG 2018

- Según 303.03.01 Pendiente mínima, en las carreteras con bombeo de 2.5%, se podrá usar pendiente de 0% excepcionalmente y en la sección 301 Generalidades “en los tramos de carreteras que atraviesan zonas urbanas podrá haber restricciones a la norma”
- Se ha utilizado este criterio en las zonas urbanas de Santa Inés y Pilpichaca, y en los 03 puentes proyectados.
- En el puente del Km. 17+760, se requiere reducir la velocidad a 30 kph, al no tener el espacio suficiente para el desplazamiento del eje y conseguir la tangente necesaria, por la presencia de taludes altos.

CON LA ESPECIALIDAD DE HIDROLOGÍA

- Se ha recogido las recomendaciones para la ubicación en posición, aviajamiento y altimetría de cunetas, alcantarillas, badenes y puentes.
- Se ha coordinado con la especialidad a fin de que complemente el desarrollo de las zanjas proyectadas a fin de determinar la posición de las mismas en la etapa de replanteo.
- La necesidad de darle la flecha necesaria a los badenes, ha significado la presencia de curvas verticales de 40m. En estos badenes se requiere la señalización vertical correspondiente.

CON LA ESPECIALIDAD DE GEOLOGÍA

Se ha recogido sus recomendaciones en los taludes colocados, y en la posición de los puentes, así como en los muros proyectados.

CON LA ESPECIALIDAD DE SEGURIDAD VIAL

Se ha coordinado las intervenciones en toda la carretera, a fin de complementarse adecuadamente los temas de visibilidad, seguridad, y zonas urbanas.

Debe implementarse la señalización correspondiente antes y después de cada acceso a fin de que por más mínimo que sea la cantidad de vehículos que ingresen por estos accesos, se tenga la precaución debida.

RELACION DE ACCESOS

Tabla 49 *Relación de Accesos*

<u>Ítem</u>	<u>Acceso</u>	<u>Lado</u>	<u>Características</u>	<u>IMD</u>		
1	Km. 3+220	Derecho	Trocha, 4m de ancho	Menor veh/día	de	100
2	Km. 4+460	Derecho	Trocha 4m de ancho	Menor veh/día	de	100
3	Km. 6+060	Izquierdo	Trocha de 5m de 57m de longitud	Menor veh/día	de	100
4	Km. 6+580	Derecho	Camino de 4m de longitud 50.6m. En centro poblado de Huaracco.	Menor veh/día	de	100
5	Km. 6+640	Derecho	Camino de 6m de longitud 75.05m. En centro poblado de Huaracco.	Menor veh/día	de	100
6	Km. 6+690	Izquierda	Camino de 33.15m de 6m de ancho, en centro poblado de Huaracco.	Menor veh/día	de	100
7	Km. 6+720	Izquierda	Camino de 34.5m, con 4m de ancho, en centro poblado de Huaracco.	Menor veh/día	de	100

8	Km. 12+470	Derecho	Trocha de 4m hacia Cantera a 500m y viviendas a 1km.	Menor de veh/día	de 100
9	Km. 17+890	Izquierda	Trocha de 5m hacia cantera a 500m	Menor de veh/día	de 100
10	Km. 20+010	Izquierdo	Trocha de 3.5-4m	Menor de veh/día	de 100
11	Km. 21+480	A ambos lados	Trochas de 4m a dos canteras	Menor de veh/día	de 100
12	Km. 25+230	Izquierda	Trocha de 3.5m	Menor de veh/día	de 100
13	Km. 25+375	Izquierdo	Camino de 5m a prop. privada	Menor de veh/día	de 100
14	Km. 28+790	Derecho	Trocha a rio de 4m	Menor de veh/día	de 100

Fuente: *Elaboración Propia*

En los tramos donde no se cumpla la distancia de visibilidad de paso, deberá implementarse la señalización y marcas en el pavimento para garantizar que no se efectúe el adelantamiento.

Tramos recomendados complementar señalización de no adelantamiento

Tabla 50 *Tramos Recomendados Complementar Señalización de no Adelantamiento*

Inicio	Fin	Recomendación
2+000	2+950	Doble línea (marca en el pavimento)
3+350	3+650	Doble línea (marca en el pavimento)
4+600	4+700	Doble línea (marca en el pavimento)
5+90	6+750	Doble línea (marca en el pavimento)
7+000	8+150	Doble línea (marca en el pavimento)
9+200	9+500	Doble línea (marca en el pavimento)
9+700	10+500	Doble línea (marca en el pavimento)
11+050	11+650	Doble línea (marca en el pavimento)
11+950	12+600	Doble línea (marca en el pavimento)
14+500	14+800	Doble línea (marca en el pavimento)
14+950	15+120	Doble línea (marca en el pavimento)
15+440	15+580	Doble línea (marca en el pavimento)
15+750	16+040	Doble línea (marca en el pavimento)
16+350	17+450	Doble línea (marca en el pavimento)
17+580	18+280	Doble línea (marca en el pavimento)
18+760	19+180	Doble línea (marca en el pavimento)
19+520	20+180	Doble línea (marca en el pavimento)
21+280	21+480	Doble línea (marca en el pavimento)

21+840	22+120	Doble línea (marca en el pavimento)
26+000	26+100	Doble línea (marca en el pavimento)
29+120	29+350	Doble línea (marca en el pavimento)
29+850	29+980	Doble línea (marca en el pavimento)

Fuente: Elaboración Propia

4.5 Los resultados del objetivo general es el diseño geométrico para mejorar su transitabilidad, accidentabilidad y calidad de vida de la población, acorde a las condiciones actuales y el diseño del estudio de factibilidad empleando el manual de diseño de carretera DG 2018.

Tabla 51 Parámetros de diseño

Parámetros		Sector 1
		km 0+000 - 30+360
ELEMENTOS DE DISEÑO	Clasificación de la vía	Red Vial Nacional
	Topografía	Accidentado Tipo 3
	Velocidad de operación	20 km/h
ALINEAMIENTO HORIZONTAL	Radio Mínimo	10
	Peralte Máxima Rural	-
ALINEAMIENTO VERTICAL	Pendiente Máxima	14 %
SECCION TRANSVERSAL	Ancho de Calzada	3.5 – 5.5 m
	Bermas	-
	Bombeo	-
	Cuneta	0.50 m x 0.30 m
PAVIMENTO	Superficie Rodadura	Afirmado e=5 - 10 cm
	Estado de la vía	Regular a Malo

Figura 90 Clasificación de las Carreteras

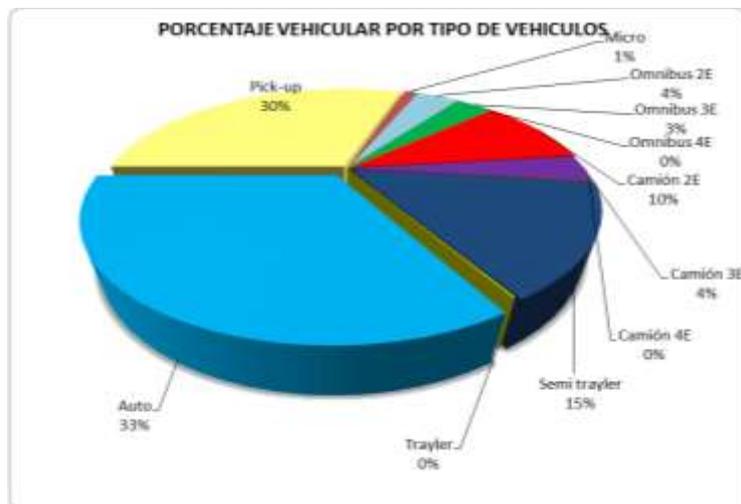
CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS		
CLASIFICACIÓN POR DEMANDA	Carretera de Tercera Clase	Carretera de Tercera Clase
CLASIFICACIÓN POR OROGRAFÍA	Terreno accidentado (tipo 3)	Terreno accidentado (tipo 4)
TRAMO	0+200 - 22+400	22+400 - 29+996.597
CRITERIOS Y CONTROLES BÁSICOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO		
VEHÍCULOS DE DISEÑO	C2	C2
Índice medio diario anual (IMDA)	354 vehículos/día	706 vehículos/día
VELOCIDAD DE DISEÑO	30 Km/h - 40 Km/h	
DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA		
Tramos en tangente		
Radios mínimos	25 metros - 45 metros	
Longitud de la curva de transición	30 metros - 40 metros	
Longitud Mínima admisible en tangente:		
entre curvas del mismo sentido	42. metros -56 metros	42. metros -56 metros
entre curvas del mismo sentido	84. metros - 111metros	84. metros - 111metros
DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL		
Pendiente mínima	0.00%	0.00%
Pendiente máxima	8% (4.05%)	8% (4.05%)
DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL		
Ancho de la calzada en tangente	6.60 metros	6.60 metros
Número de carriles de la calzada	2	2
Ancho de las bermas	1.2metros	1.2metros
Bombeo de la calzada	2.50%	2.50%
Peralte máximo: Normal	10%	10%
Peralte máximo: Absoluto	12%	12%

Figura 91 Índice Medio Diario Anual (IMDA)
– 2015.

TRAFICO VEHICULAR IMDA (Veh/dia)		
Tipo de Vehículos	IMDA	Distrib. %
Autos	41	26.71
Stación Wagon	10	6.65
Camioneta PickUp	41	27.09
Camioneta Rural	5	3.04
Micro	2	1.14
Omnibus 2E	6	3.83
Omnibus 3E	5	3.22
Omnibus 4E	0	0.00
Camión 2E	15	9.77
Camión 3E	6	3.63
Camión 4E	0	0.10
T2S1	0	0.10
T2S2	1	0.91
T2S3	6	4.23
T2S4	1	0.60
T3S1	1	0.50
T3S2	1	0.71
T3S3	11	7.46
T3S4	0	0.20
8X4	0	0.00
C2R2	0	0.10
C2R3	0	0.00
C2R4	0	0.00
C3R2	0	0.00
C3R3	0	0.00
C3R4	0	0.00
C4R2	0	0.00
TOTAL IMDA	152	100.00

FUENTE: ELABORACION CONSULTOR

Figura 92 Porcentaje Vehicular por Tipo de Vehículos.



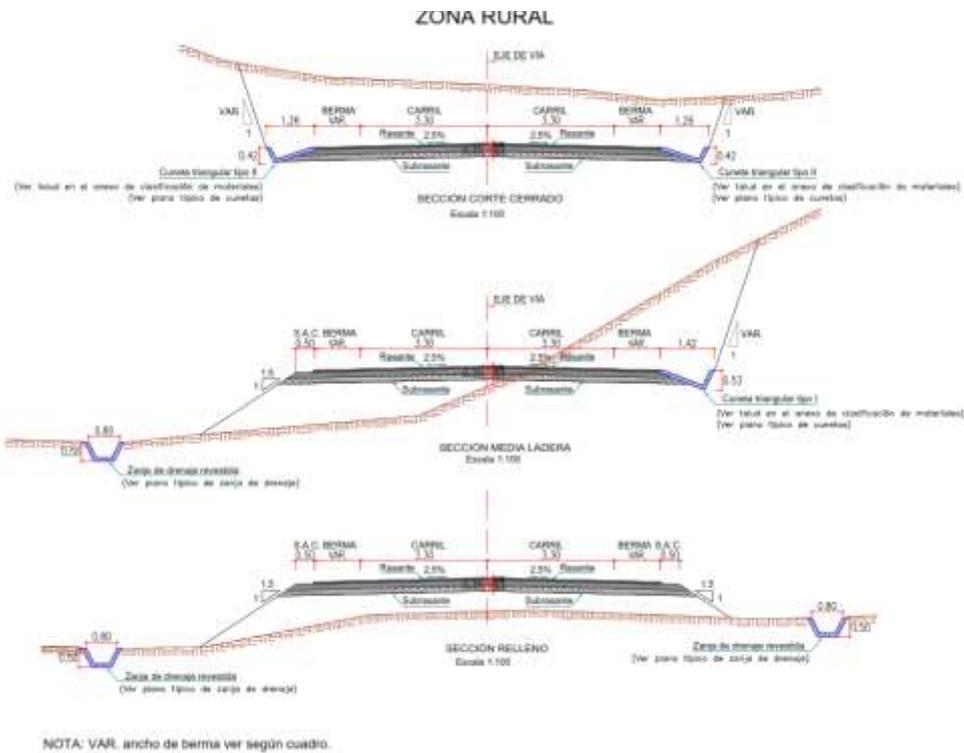
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 52 Diseño geométrico de la sección Transversal

DISEÑO GEOMETRICO DE LA SECCION TRANSVERSAL			
	Ancho de calzada	3.5-5.5	6.6
SECCION	Bermas	-	-
TRANVERSAL	Bombeo	-	2.50%
	Cuneta	0.50m*0.30m	
	Número de carriles	1	2

Fuente: Elaboración Propia

Figura 93 Ancho de Berma



Fuente: Elaboración Propia

Figura 94 Cuadro de Secciones Típicas

CUADRO DE SECCIONES TÍPICAS										
BERMA (m) IZQUIERDO	CARRIL (m) IZQUIERDO	SEPARADOR CENTRAL (m)	CARRIL (m) DERECHO	BERMA (m) DERECHO	SECCIÓN ADOPTADA	KILOMETRAJE		LONGITUD (m)	SECCIÓN TRANSICIÓN	COMENTARIO
						INICIO	FIN			
1.2	3.3	0	3.3	1.2		0+800	6+390	5590		
1.2	3.3	0	3.3	1.2		6+820	22+380	15560		
2.0	3.3	0	3.3	2.0		24+620	29+996.597	5376.597		

Fuente: Elaboración Propia

La transitabilidad ayuda según el diseño del estudio de factibilidad con dos de carriles ahora habrá zona en la que dos o más carreteras se cruzan a distinto nivel para el

desarrollo de todos los movimientos posibles de cambio de dirección de una carretera a otra sin interrupciones del tráfico vehicular.

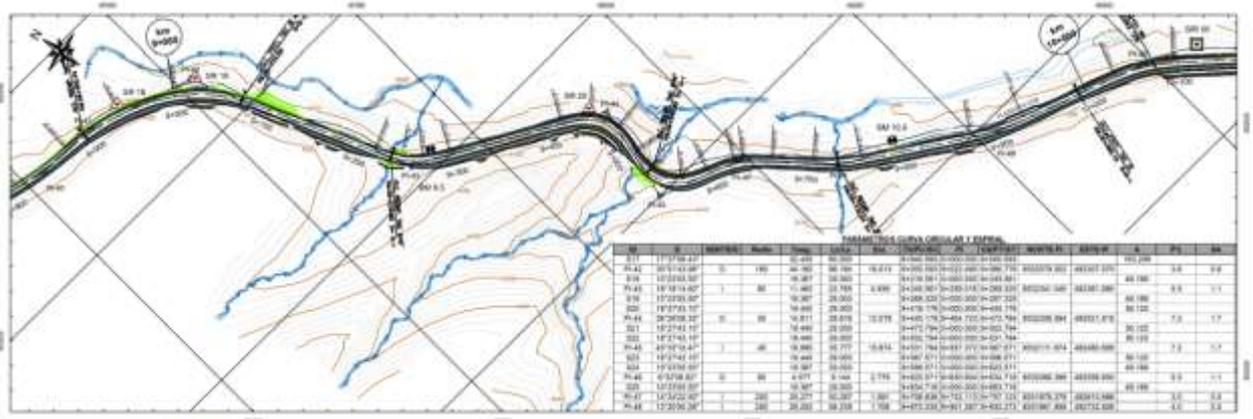
Accidentabilidad

Por lo tanto, se puede apreciar que en este tramo existen curvas de volteo, curvas y tangentes que no cumplen con los requerimientos del manual DG 2014, siendo el radio mínimo 10 m. Esta zona representa un riesgo para la seguridad vial, ya que los vehículos tienen dificultad al girar e invaden el carril contrario. Por lo que concluimos que se debería mejorar el alineamiento horizontal y vertical.

La deficiente seguridad vial se mejorará con la implementación del sistema de señalización propuesta en el presente trabajo, las cuales se colocaron en puntos estratégicos acorde a los parámetros mínimos establecidos en el manual (Seguridad Vial). Asimismo, se colocaron barreras de contención en las curvas peligrosas; barreras de concreto armado y acero (longitud 110 metro en promedio) para reducir los posibles accidentes debido al factor, vehículo y carretera. Por otro lado, en curvas con pendientes en sección transversal menores al 60% (pendientes no accidentadas y buena visibilidad horizontal de adelantamiento) se colocaron chevrones y postes delineadores de seguridad por su precio accesible.

Se presenta los tramos donde no se cumple la distancia de visibilidad para adelantamiento, por lo que la especialidad de Seguridad Vial deberá implementar las medidas necesarias para evitar que se produzca el adelantamiento en dichos tramos.

Figura 95 Plano de diseño geométrico del tramo



Fuente: Elaboración Propia

Tramos recomendados complementar señalización de no adelantamiento

Tabla 53 *Tramos Recomendados Complementar Señalización de no Adelantamiento*

Inicio	Fin	Recomendación
2+000	2+950	Doble línea (marca en el pavimento)
3+350	3+650	Doble línea (marca en el pavimento)
4+600	4+700	Doble línea (marca en el pavimento)
5+90	6+750	Doble línea (marca en el pavimento)
7+000	8+150	Doble línea (marca en el pavimento)
9+200	9+500	Doble línea (marca en el pavimento)
9+700	10+500	Doble línea (marca en el pavimento)
11+050	11+650	Doble línea (marca en el pavimento)
11+950	12+600	Doble línea (marca en el pavimento)
14+500	14+800	Doble línea (marca en el pavimento)
14+950	15+120	Doble línea (marca en el pavimento)
15+440	15+580	Doble línea (marca en el pavimento)
15+750	16+040	Doble línea (marca en el pavimento)
16+350	17+450	Doble línea (marca en el pavimento)
17+580	18+280	Doble línea (marca en el pavimento)
18+760	19+180	Doble línea (marca en el pavimento)
19+520	20+180	Doble línea (marca en el pavimento)
21+280	21+480	Doble línea (marca en el pavimento)
21+840	22+120	Doble línea (marca en el pavimento)

26+000	26+100	Doble línea (marca en el pavimento)
29+120	29+350	Doble línea (marca en el pavimento)
29+850	29+980	Doble línea (marca en el pavimento)

Fuente: Elaboración Propia

Concluimos que el mejoramiento de la vía cambiará notablemente la calidad y el estilo de vida de los pobladores de Huancavelica.

Calidad de vida

- ❖ Ahorro de tiempo: la velocidad de operación de 20 km/h según la condición actual en comparación con la velocidad de diseño es de 30km/h a 40km/h reducirá el tiempo de viaje y se tendrá el beneficio de ahorro de tiempo.

De acuerdo al manual (DG-2018) de la tabla 204.01 del capítulo II, el rango de velocidad de diseño en función a la clasificación de la vía por demanda y orografía, se determinó una velocidad de diseño de 30km/h a 40km/h en los dos sentidos de la carretera.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMEDADIONES

CONCLUSIONES: El presente trabajo de suficiencia profesional culmina con los aprendizajes obtenidos durante la experiencia laboral cumpliendo todos los objetivos propuestos con la finalidad de presentar el diseño geométrico de carreteras para que pueda mejorar la transitabilidad, accidentabilidad y calidad de vida de la población del tramo

Como conclusión a nuestro **objetivo específico 1**, se logra determinar la red principal y secundaria (la georreferenciación) amarrados al punto HV01 de orden 0, de la red Geodésica del IGN) que se pudo terminar los valores de las coordenadas ya que realizo el ajuste de cierres de posiciones, dando fiabilidad a las actuales mediciones y futuras. Cualquier error será despreciable y redistribuirá adecuadamente.

Como conclusión a nuestro **objetivo específico 2**, es el control horizontal y vertical se cumplió con este objetivo, en este trabajo de suficiencia profesional se ubicó el BM oficial más cercano en el Puente Huamaní, en San clemente – Pisco, con nomenclatura S-34-R de 2010, en base a la cota Ortométrica del BM de inicio para el proyecto SIR 01, se realizó por nivelación geométrica se ha trasladó la cota a los demás puntos del proyecto. La importancia del control horizontal es fijar la posición de las estaciones de referencia en el plano horizontal, levantamiento de control vertical (determina la altitud de las estaciones de control tomando como referencia planos sobre el esferoide terrestre) ya que lo realizamos por el método de la triangulación en cual fue medido por ángulos y algunos lados llamados bases.

Como conclusión a **nuestro específico 3**, el cual es determinar el levantamiento topográfico, debemos mencionar que se cumplió con el objetivo propuesto logrando

tener un trazo acorde con los elementos precisados en los estudios de las estructuras, hidrología e hidráulica, suelos y pavimentos, con la finalidad de armonizar las diferentes especialidades y el diseño definido. Para el desarrollo de este objetivo se utilizó la planimetría, y para el relleno topográfico se utilizó la topografía clásica con estación total.

Como conclusión a nuestro **objetivo específico 4**, para el desarrollo de criterios y recomendaciones establecidas por el Manual de Diseño geométrico de carreteras DG 2018 se tuvo en cuenta las características topográficas, el tráfico proyectado y el cumplimiento de las normas de diseño señaladas en el Manual de Carreteras, Diseño Geométrico DG-2018 ya que nos dio los alineamientos homogéneos, donde tangentes y curvas estén armónicamente. El cumplimiento del objetivo incluye la a determinación de la Velocidad Directriz, del diseño de la sección transversal típica que considera lo siguiente: ancho de calzada, ancho de bermas, bombeo, peraltes, taludes de corte y relleno, diseño, tipo y dimensiones de las cunetas, parámetros de diseño de los alineamientos horizontal y vertical, distancia de visibilidad de parada, distancia de visibilidad de sobrepaso, radios mínimos, peraltes, sobreechanos y pendientes.

Como conclusión a nuestro **objetivo Principal** es el diseño geométrico para mejorar su transitabilidad, accidentabilidad y calidad de vida de la población, acorde a las condiciones actuales y el diseño del estudio de factibilidad empleando el manual de diseño de carretera DG 2018. Respecto a la *transitabilidad* ayudará el diseño del estudio de factibilidad mejorar el desarrollo de los movimientos del tráfico vehicular ya que se podrá hacer los cambios en ambas direcciones (Doble vía), respecto a la

Accidentalidad la deficiente seguridad vial se mejorará con la implementación del sistema de señalización, las cuales se colocaron en puntos estratégicos acorde a los parámetros mínimos establecidos en el manual (Seguridad Vial). Asimismo, se colocaron barreras de contención en las curvas peligrosas; barreras de concreto armado y acero (longitud 110 metro en promedio) para reducir los posibles accidentes debido al factor, vehículo y carretera. Por otro lado, en curvas con pendientes en sección transversal menores al 60% (pendientes no accidentadas y buena visibilidad horizontal de adelantamiento) se colocaron chevrones y postes delineadores de seguridad por su precio accesible. Respecto a la **calidad de vida con** el diseño de carreteras los pobladores reducirán el tiempo de viaje, generación de empleo directo e indirecto, disminución en los costos de transporte, restablecimientos de algunas viviendas para la población vulnerable que es impactada por el trazado de la carretera

LECCIONES APRENDIDAS. –

- 1.- Como lección aprendida referido a nuestro **objetivo específico 1**, es determinar la georreferenciación, para la realización de los trabajos es muy importante tener el apoyo de la población, ya que al realizar los hitos monumentados (0.40x0.40x0.55) con placa de bronce con la denominación del proyecto porque durante la lecturas no se encontraban los hitos ubicados y generaba un retraso en la programación de actividades, o también estuvimos sujetos al robo de equipos ERP y GPS en la carretera ya que la lectura es aproximadamente 04 horas simultaneas por cada punto de control de la red geodésica.

Para un buen cálculo en gabinete se debe de examinar los detalles de la solución de la línea base, que no están disponibles en el resumen de una línea, tales como los errores en NEE(Norte, Este, Elevación) o el número de mediciones utilizadas y/o rechazadas, Verificar el ingreso correcto de los datos de altura de antena, hora de inicio, hora de fin y demás apuntes de la libreta de campo, Los números de serie de los equipos GPS, Los nombres de las estaciones (puntos), La ubicación de los puntos de control, Comprobar los dibujos residuales de cada satélite. Estos muestran el RMS de cada satélite, utilizado para determinar la solución de línea base, a su vez rechazar en los tiempos donde se genere mayor valor de RMS, Asegurar buenos cierres de posiciones, dando fiabilidad a las actuales mediciones y futuras

2.- Como lección aprendida referido a nuestro **objetivo específico 2**, es el control horizontal y vertical es uno de los objetivos más principales para iniciar con el levantamiento topográfico, se debe tener en cuenta los cierres ya que se tiene que fijar la posición de las estaciones de referencia en el plano horizontal, levantamiento de control vertical (determinar la altitud de las estaciones de control tomando como referencia planos sobre el esferoide terrestre) ya que lo realizamos por el método de la triangulación en cual fue medido por ángulos y algunos lados llamados bases. Aprendí en esta lección que debemos de controlar diario y hacer las comprobaciones diarias en campo para el cierre con la red geodésica, si no cierra las poligonales, nos manda otra topografía y desde ahí comienza el error. Se debe de trabajar constantemente con los topógrafos para evitar los errores.

3.- Como lección aprendida referido a nuestro **objetivo específico 3**, del estudio topográfico aquí nos apoyamos con el civil 3D para llevar el control topográfico

es muy importante cumplir el cronograma por ello mientras realizan las poligonales y nivelación en paralelo se realiza el lev levantamiento topográfico con coordenadas no reales, una vez definida el control horizontal y vertical se actualizan de manera donde el desplazamiento sea mínimo. Se aprendió a buscar alternativas de avance con la finalidad de no caer en retraso, y tener las soluciones inmediatas para agilizar el diseño geométrico.

4.- Como lección aprendida referido a nuestro **objetivo específico 4**, criterios y recomendaciones establecidas por el Manual de Diseño geométrico de carreteras DG 2018 se aprendió el uso de la normativa, y a determinar cada ítem para el diseño geométrico como incluye la determinación de la Velocidad Directriz, del diseño de la sección transversal típica que considera lo siguiente: ancho de calzada, ancho de bermas, bombeo, peraltes, taludes de corte y relleno, diseño, tipo y dimensiones de las cunetas, parámetros de diseño de los alineamientos horizontal y vertical, distancia de visibilidad de parada, distancia de visibilidad de sobrepaso, radios mínimos, peraltes, sobreanchos y pendientes.

5.- Como lección aprendida referido a nuestro **objetivo Principal** es el diseño geométrico para mejorar su transitabilidad, accidentabilidad y calidad de vida de la población, acorde a las condiciones actuales y el diseño del estudio de factibilidad empleando el manual de diseño de carretera DG 2018. Tenemos en cuenta para la mejora de su transitabilidad, accidentabilidad y calidad de vida se debe de tener en consideración todos los resultados de diseño, como también las obras de drenaje y estructuras indicadas en las secciones transversales son una

representación gráfica, por lo que su ejecución deberá basarse estrictamente a lo que se indica en los estudios de Drenaje y Estructuras respectivamente.

RECOMENDACIONES

Según el orden de los objetivos logrados se recomienda:

Como recomendación a nuestro **objetivo 1**, tenemos que brindar información en cuanto a un trabajo de suficiencia profesional de una variable en este caso la georreferenciación ya que es muy importante el reconocimiento de campo para identificar los sectores donde serán colocados los GPS de nuestro proyecto. Se recomienda para la identificación y la monumentación se deben de visualizar ingreso correcto de los datos de altura de antena, hora de inicio, hora de fin y demás apuntes de la libreta de campo. Comprobar los dibujos residuales de cada satélite. Estos muestran el RMS de cada satélite, utilizado para determinar la solución de línea base, a su vez rechazar en los tiempos donde se genere mayor valor de RMS

Como recomendación a nuestro **objetivo 2**, en este caso ya se tiene una metodología, sin embargo, se recomienda aplicar otras metodologías donde el margen de error sea menos, sencillo de comprender y reduzca tiempo de procesar la data, ya que se podrá tener menos errores.

Como recomendación a nuestro **objetivo 3**, realizar al inicio de cada proyecto capacitaciones a los topógrafos para un correcto levantamiento topográfico ya que, durante los diferentes proyectos participados, se pudo observar distinta manera de realizar un levantamiento topográfico, por ello en la capacitación se debe de homogeneizar un plan de trabajo para reducir tiempo en gabinete.

Como recomendación a nuestro **objetivo 4**, se recomienda al uso de la norma DG 2018, se debe tener en cuenta la experiencia y criterios para evaluar el mejoramiento de la vía, para ello cada profesional debe estar constantemente en capacitación de nuevas tecnologías como el BIM ISTRAM, que nos ayuda a reducir tiempo de diseño de carreteras.

Como recomendación a nuestro **objetivo principal** el cual era determinar el diseño geométrico de carretera de segunda y tercera clase según DG 2018, Huancavelica 2020, recomendamos seguir con los lineamientos de este trabajo de suficiencia profesional si se desea realizar un diseño geométrico, también realizar en base a la experiencia una correcta interpretación de la normativa para mejorar la transitabilidad, calidad de vida y reducir la accidentabilidad.

COMPETENCIAS. –

1.- Como competencia profesional aplicada a nuestro **objetivo específico 1** el cual era determinar la georreferenciación en el proyecto, he empleado mis conocimientos en el procesamiento de la información satelital de los receptores GPS, son analizados mediante el programa MAGNET TOOLS. Con la finalidad de realizar un ajuste donde no exista equivocaciones, ni errores en las observaciones para un adecuado levantamiento topográfico y diseño geométrico de carreteras.

2.- Como competencia profesional aplicada a nuestro **objetivo específico 2 el cual es determinar el control de horizontal y vertical** he empleado mis conocimientos en el curso de topografía de la universidad como la compensación los ángulos horizontales que cumplan la condición geométrica, el azimut calculado y distancias calculadas, los incrementos en este y norte, los cuales son adicionados a las coordenadas de un vértice

para obtener las coordenadas, así hasta cerrar la poligonal. Como también el uso de la estación total y el equipo de nivel automático para apoyo de los topógrafos si en caso necesitan un apoyo.

3.- Como competencia profesional aplicada a nuestro **objetivo específico 3** el cual es determinar el levantamiento topográfico se empleó mis conocimientos adquiridos en la universidad, en el uso de la estación total, como el establecimiento de la red geodésica base, red de puntos de control horizontal, vertical. Muy importante tener los criterios y detalles de las características del terreno para un adecuado trazo.

4.- Como competencia profesional aplicada a nuestro **objetivo específico 4 el cual determinar** criterios y recomendaciones establecidas por el Manual de Diseño geométrico de carreteras DG 2018, se empleó conocimientos adquiridos del curso de caminos de la universidad en la interpretación de la normativa, en el cual se desarrolló la parte técnica Excel que facilite el desarrollo y minimizar el tiempo de diseño de carretera, como también el uso correcto de programas como del CIVIL 3D A BIM ISTRAM.

5.- Como competencia profesional aplicada a nuestro **objetivo principal** en el cual era determinar el diseño geométrico en Huancavelica, para llegar a un diseño se tiene que tener criterios, interpretación de la norma para mejorar su transitabilidad, accidentabilidad y calidad de vida de la población.

REFERENCIAS

- Agudelo, J. (2002). *Diseño Geométrico de vías Ajustado al manual colombiano – Proyectos de Rehabilitación*, Colombia.
- Altamira,A., Graffigna,A., Marcet,J.(2020).*Herramientas para evaluación del diseño geométrico de caminos rurales(Tesis de pregrado)*.Universidad Nacional de San Juan, Republica Argentina.
- Barrera, L. (2012). Parámetros de seguridad vial para el diseño geométrico de carretera. *Revista digital apuntes de investigacion*,4,3.
- Bañon, L. (2002). *Manual de Carreteras*. New York: McGraw-Hill Book Co., 2002.
- Correa, K. (2017). *Evaluación de las características geométricas de la carretera Cajamarca – Gavilán (km 173 – km 158) de acuerdo con las normas de diseño geométrico de carreteras DG-2013* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca.
- Fitzpatrick, K., Elefteriadou, L., Harwood, D., Collins, J., McFadden, J., Anderson, I Krammes, R., Irizarry, N., Parma, K., Bauer, K., Passetti, K., (2000). *Alternative Design Consistency Rating Methods for Two – Lane Rural Highways*. Publication FHWA – RD – 99 – 172. US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington D.C., U.S.A.
- García, R., Delgado, D., y Diaz, E. (2012). Modelos de perfil de velocidad para evaluación de consistencia del trazado en carreteras de la provincia de villa clara, Cuba. *Revista Ingeniería de construcción*,27(2),1.

García, A., Camacho, F., Pérez, A., Moreno, A., Llorca, C.,. *Nuevo proceso de diseño geométrico para unas carreteras convencionales más seguras. Madrid, España: Cuadernos tecnológica de la PTC.*

Huacho, V., Mallma, A.(2020).*Evaluación de parámetros de diseño en la carretera Lircay- Secclla-Angares-Huancavelica* (Tesis de pregrado). Universidad nacional de Huancavelica, Huancavelica.

Lamm R., Beck A., and Zumkeller A. (2000). Analysis and evaluation of interrelationships between traffic safety and highway geometric design on two-lane rural roads, *Proceedings of 2nd International Symposium on Highway Geometric Design Practices, Germany*, pp. 557 – 570.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*. Lima.