



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y
AGRIMENSURA



**VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO PARA LA EVALUACIÓN
DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA BINACIONAL
ILO – DESAGUADERO KM 181+240 AL KM 197+00 CON
NORMAS INTERNACIONALES**

TESIS

PRESENTADA POR:

LENIN SMITH ZAPANA SACARI

MARIO HUASCUPE CALLATA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR**

PUNO – PERÚ

2024



LENIN SMITH ZAPANA SACARI, MAR VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO PARA LA EVALUACIÓN.pdf

- My Files
- My Files
- Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::8254:412991179

158 Páginas

Fecha de entrega

5 dic 2024, 12:45 p.m. GMT-6

32,340 Palabras

Fecha de descarga

5 dic 2024, 12:50 p.m. GMT-6

151,159 Caracteres

Nombre de archivo

VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO PARA LA EVALUACIÓN.pdf

Tamaño de archivo

6.3 MB





13% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 8% Fuentes de Internet
- 3% Publicaciones
- 6% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

- Texto oculto**
83 caracteres sospechosos en N.º de página

El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

ING. VICTOR C. FLORES ELORÉS
CIP 70294
D. RECTOR / ASESOR



Dr. Valeriano CONDORI APAZA
SUBDIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
EPITA - FGA





DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada a:

Dios, padre todo poderoso por estar siempre ahí apoyándome con bendición y amor infinito, para logra mis metas a pesar de las dificultades que se me presentaron en la vida.

A mi amada madre María M., quien confió siempre en mí, apoyándome en mi formación profesional, desde la infancia hasta ahora, “gracias mamita por tu infinito amor”, a mi señor padre Agustín, por ser un padre que Dios me envió para guiarme en la vida, ofreciéndome apoyo, cariño y buenos consejos.

A mi pareja sentimental quien siempre estuvo y está ahí para apoyarme en la dura búsqueda de lograr mis objetivos y sueños.

A mi tío Rodolfo, gracias a sus buenos consejos y motivaciones, pude alcanzar una meta, que quizá jamás lo hubiera imaginado como hoy lo veo.

Lenin Smith Zapana Sacari



DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada a:

Dios, por derramar muchas bendiciones, sobre mi hogar y mis padres, por brindarme salud y conocimientos para poder ejercer la profesión que con tanto anhelo y esfuerzo he logrado.

A mis padres Juan y María Santana, su sacrificio y confiar en mí persona, por apostar en que lograría las metas que ellos trazaron para mí y formarme como un buen ser humano servil para la sociedad.

A mi amada esposa y mis bendiciones que son mis hijos Evelin y Jonathan, quienes son el aliento de fortaleza, me inspiran a seguir adelante buscando un futuro mejor para ellos.

Mario Huascope Callata



AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros cordiales agradecimientos a: nuestra primera casa de estudios “Universidad Nacional del Altiplano – Puno, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura”, por habernos formado académicamente.

Así mismo agradecemos de manera infinita a cada uno de los catedráticos que nos guiaron en nuestra formación profesional impartiéndonos conocimientos.

Gracias a todos ustedes, que fueron partícipes y responsables de que el día de hoy por el medio de la presente se vea reflejado el resultado de nuestra formación; realizada con mucha humildad y lograr el tan anhelado título profesional.

Agradecemos de todo corazón, a nuestro director de tesis y jurados de tesis, quienes con sus sabios consejos y sus valiosas recomendaciones que aportaron para la culminación de esta investigación.

Lenin Smith Zapana Sacari

Mario Huascope Callata



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	19
ABSTRACT.....	20
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	22
1.2.1 Problema general.....	22
1.2.2 Problemas específicos	22
1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.3.1 Hipótesis nula.....	22
1.3.2 Hipótesis alterna.....	23
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
1.4.1 Objetivo general	23
1.4.2 Objetivos específicos.....	23
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	24



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	25
2.1.1.	Antecedentes internacionales	25
2.1.2.	Antecedentes nacionales	26
2.1.3.	Antecedentes locales	29
2.2.	MARCO TEÓRICO	31
2.2.1.	Concepto de topografía	31
2.2.2.	Levantamiento topográfico	31
2.2.3.	Levantamiento geodésico.....	31
2.2.4.	División básica de la topografía	32
2.2.5.	Fotogrametría	32
2.2.6.	Vehículo aéreo no tripulado (VANT)	33
2.2.7.	Normas técnicas de diseño geométrico de carreteras.....	34
2.2.8.	Clasificación vial.....	35
2.2.9.	Radios mínimos.....	39
2.2.10.	Pendiente mínima y pendiente máxima.	41
2.2.11.	Longitud en tangente.....	44
2.2.12.	Longitud de curva.....	47
2.2.13.	Sobreechancho en curvas.....	48
2.2.14.	Peralte en curvas.....	52
2.2.15.	Ancho mínimo de calzada.	54
2.2.16.	Ancho de las bermas	60
2.2.17.	Bombeo en tangente	63



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO	66
3.1.1. Ubicación política	66
3.1.2. Trayecto de vías de acceso	67
3.2. EQUIPOS, MATERIALES E INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	67
3.2.1. Materiales	67
3.2.2. Equipos.....	68
3.2.3. Software	68
3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	68
3.3.1. Nivel de investigación.....	68
3.3.2. Tipo de investigación	68
3.3.3. Diseño de la investigación.....	69
3.3.4. Enfoque de la investigación.	69
3.4. MÉTODO ESTADÍSTICO	69
3.4.1. Variable de estudio.....	69
3.4.2. Población.....	69
3.4.3. Muestra.....	70
3.5. DESARROLLO METODOLÓGICO	70
3.5.1. Procedimiento de la investigación.....	70
3.5.2. Recopilación de información existente	70
3.5.3. Recopilación de datos en campo	71
3.5.4. Conteo tráfico vehicular	71
3.5.5. Establecimiento de puntos de control geodésico (PCG)	72
3.5.6. Colocación de puntos de control fotogramétrico (GCP).....	78



3.5.7. Levantamiento topográfico a través de fotogrametría.....	81
3.5.8. Trabajos de gabinete.....	86

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS	87
4.1.1. Datos topográficos.....	87
4.1.2. Diseño geométrico.....	87
4.1.3. Clasificación de la vía	88
4.1.1. Clasificación por demanda	92
4.1.2. Clasificación por orografía.....	94
4.1.3. Vehículo de diseño	98
4.1.4. Velocidad de diseño (Vd).....	99
4.1.5. Radio mínimo	100
4.1.6. Pendiente máxima	103
4.1.7. Longitud de tangente.....	106
4.1.8. Longitud de curva.....	112
4.1.9. Sobre ancho en curvas.....	115
4.1.10. Peralte en curvas.....	118
4.1.11. Ancho mínimo de calzada y ancho de berma.....	121
4.1.12. Bombeo en tangente	125
4.2. DISCUSIÓN	128
4.3.1. Para el primer objetivo específico.....	128
4.3.2. Para el segundo objetivo específico	129
4.3.3. Para el tercer objetivo específico	130
V. CONCLUSIONES.....	132



VI. RECOMENDACIONES	134
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	135
ANEXOS.....	139

ÁREA: Diseño de vías y gerencia de vías

TEMA: Otras ingenierías y tecnologías

FECHA DE SUSTENACIÓN: 16 de diciembre del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Clasificación de carreteras del Perú DG - 2018.....	36
Tabla 2 Clasificación de carreteras y caminos rurales según ABC Boliviana.....	37
Tabla 3 Clasificación de carreteras y caminos rurales según el MOP de Chile.....	38
Tabla 4 Radio mínimo y peraltes máximos según DG-2018 de Perú.....	39
Tabla 5 Radio mínimo absoluto en curvas horizontales según ABC Boliviana	40
Tabla 6 Radio mínimo absoluto en curvas horizontales según MOP de Chile.....	40
Tabla 7 Pendientes máximos (%), según DG-2018 de Perú.....	42
Tabla 8 Pendientes máximas admisibles %, según ABC Boliviana	43
Tabla 9 Pendiente máximas admisibles %, según MOP de Chile	44
Tabla 10 Longitudes de tramos en tangente, según DG-2018 de Perú	44
Tabla 11 Criterios de predicción de la V85 en función de VP y LR para VP entre 40 y 120 km/h, según ABC Boliviana	45
Tabla 12 V85% al final de una recta según longitud y velocidad de proyecto.....	46
Tabla 13 Longitud de recta mínima entre curvas de distintos sentidos, según ABC Boliviana	46
Tabla 14 Longitud de recta mínima entre curvas del mismo sentido, según ABC Boliviana	46
Tabla 15 Longitud de recta mínima entre curvas de distinto sentido, según MOP de Chile.....	47
Tabla 16 Longitud de recta mínima entre curvas del mismo sentido, según MOP de Chile.....	47
Tabla 17 Longitud mínima de curva, según DG-2018 de Perú	48



Tabla 18	Variación lineal del sobreancho de 80cm. en 20m, según DG-2018 de Perú	48
Tabla 19	Ensanche de la calzada E(m) (permite el cruce de dos vehículos del mismo tipo manteniendo huelgas H1 y H2, según ABC Boliviana.....	49
Tabla 20	Ensanche de la calzada en caminos con $V_p \leq 60\text{km/H}$ alternativa con calzada en recta 7.0m, según ABC Boliviana.....	50
Tabla 21	Ensanche de la calzada, según MOP de Chile	51
Tabla 22	Ensanche de la calzada en caminos con $V_p \leq 60\text{km/H}$ alternativa con calzada en recta 7.0m, según MOP de Chile.....	51
Tabla 23	Valores de peraltes máximos, según DG-2018 de Perú.....	52
Tabla 24	Peralte mínimo, según DG-2018 de Perú.....	52
Tabla 25	Valores máximos para el peralte, según ABC Boliviana.....	53
Tabla 26	Valores máximos para el peralte, según MOP de Chile	54
Tabla 27	Ancho mínimo de calzada en tangente, según DG-2018 de Perú.....	55
Tabla 28	Resumen de anchos de plataforma en terraplén y de sus elementos a nivel de rasante, según ABC Boliviana	57
Tabla 29	Cuadro de ancho de plataforma en terraplén y de sus elementos nivel de rasante	59
Tabla 30	Ancho de bermas, según DG-2018 de Perú	60
Tabla 31	Valores de bombeo de la calzada, según DG-2018 de Perú	63
Tabla 32	Bombeo de la calzada, según ABC Boliviana	64
Tabla 33	Bombeo de la calzada, según MOP de Chile	65
Tabla 34	Vías de acceso.....	67
Tabla 35	Códigos internos referidos a la red geocéntrica nacional	74
Tabla 36	Relación de puntos de control fotogramétrico (GCP).....	80



Tabla 37	Pendientes transversales para clasificación de tipo orografía.....	94
Tabla 38	Evaluación de radios mínimos	101
Tabla 39	Verificación de radios mínimos	102
Tabla 40	Pendientes máximos.....	105
Tabla 41	Evaluación de tangentes de recta	109
Tabla 42	Evaluación de longitud de curva mínima.....	113
Tabla 43	Evaluación de sobreechanco respecto a normas internacionales.....	116
Tabla 44	Evaluación de peralte máximo	119
Tabla 45	Evaluación de ancho de calzada.....	122
Tabla 46	Evaluación de ancho de berma.....	123
Tabla 47	Evaluación de bombeo en tangente.....	126
Tabla 48	Resumen de parámetros evaluados de la carretera.....	130
Tabla 49	Resumen de evaluación de parámetros de diseño de carreteras según ABC - Boliviana y MOP de Chile	131



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Equipo completo de un vehículo aéreo no tripulado Phantom 4 pro y sus accesorios.	34
Figura 2 Ubicación geográfica del tramo que se evaluó.....	67
Figura 3 Libreta de estudio de tráfico.....	71
Figura 4 Monumentación de punto de control geodésico (PCG)	72
Figura 5 Puntos de control geodésico (PCG).....	73
Figura 6 Procesamiento de línea base.....	77
Figura 7 Procesamiento de línea base PU02, PCG-01, PCG-02, PCG-03, PCG-04	77
Figura 8 Cronología de línea base, ajuste de red por el software de procesamiento Trimble Business 5.32	78
Figura 9 Preparación de puntos de control	79
Figura 10 Plan de vuelo del vehículo aéreo no tripulado del vehículo aéreo no tripulado.....	82
Figura 11 Descarga de ortofotos del vehículo aéreo no tripulado	84
Figura 12 Modelo digital de elevación	85
Figura 13 Orto mosaicos del tramo en evaluación.....	85
Figura 14 Evaluación de sobreechancho de calzada	86
Figura 15 Evaluación de sección	86
Figura 16 Resumen de conteo vehicular por siete días.....	89
Figura 17 Resumen diario de aforo vehicular de los días 01 al 07 de abril del 2024 .	89
Figura 18 Resumen semanal de aforo vehicular por tipo de vehículo, de los días 01 al 07 de abril del 2024	90
Figura 19 Velocidad de diseño en la progresiva km. 190+345.....	99



Figura 20	Radio mínimo para una velocidad de 60km/h.....	103
Figura 21	Examinación de pendientes máximos	106
Figura 22	Resumen de tangentes de recta evaluados.....	112
Figura 23	Resumen de examinación de longitud de curva	114
Figura 24	Resumen de evaluación del sobreecho de curvas.....	118
Figura 25	Resumen de evaluación del peralte	120
Figura 26	Resumen de la evaluación del ancho de calzada y ancho de berma.....	125
Figura 27	Resumen de evaluación del bombeo en tangente	128
Figura 28	Resumen del porcentaje de cumplimiento respecto a la norma DG – 2018	130
Figura 29	Resumen de porcentaje de cumplimiento respecto a normas internacionales	131



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Ubicación del hito de la progresiva final de tramo.....	139
ANEXO 2 Vehículo con placa chilena transitando por la carretera en evaluación...	140
ANEXO 3 Estudio de tráfico, vehículo de carga pesada procedente de Bolivia.....	141
ANEXO 4 Vehículo de carga pesada siniestrado en el km.183+900.....	142
ANEXO 5 Certificado de operatividad del vehículo aéreo no tripulado.....	143
ANEXO 6 Ficha monográfica del primer punto geodésico	144
ANEXO 7 Ficha monográfica del segundo punto geodésico.....	145
ANEXO 8 Ficha monográfica del tercero punto geodésico	146
ANEXO 9 Ficha monográfica del cuarto punto geodésico	147
ANEXO 10 Ficha de Rastreo Permanente	148
ANEXO 11 Certificado de operatividad de equipos GNSS.	153
ANEXO 12 Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	154
ANEXO 13 Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional....	156
ANEXO 14 Plano final.....	158



ACRÓNIMOS

VANT:	Vehículo Aéreo no Tripulado
GPS:	Sistema de Posicionamiento Global
DG:	Diseño Geométrico
ABC:	Administradora Boliviana de Carreteras
MOP:	Ministerio de Obras Publicas de Chile
MTC:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MC:	Manual de Carreteras
IMDA:	Índice Medio Diario Anual
Vp:	Velocidad de Proyecto
Rmin:	Radio Mínimo
V:	Velocidad de Diseño
Pmáx:	Peralte Máximo
Fmáx:	Coefficiente de Fricción
Lr:	Largo en Metros de la Alineación Recta
Sa:	Sobre Ancho



RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la carretera Binacional PE-36A, Ilo – Desaguadero km. 181+240 al km. 197+000, tramo ubicado en el Distrito de Santa Rosa Mazocruz, Provincia El Collao, Departamento de Puno, siendo esta una vía en zona de frontera del país, en donde se observa tráfico lento, vehículos de carga pesada de diferentes países y deficiencia en parámetros de diseño. El objetivo general es evaluar el diseño geométrico de la vía con la norma peruana DG-2018, ABC Boliviana y MOP de Chile; el levantamiento de información es a través de vehículo aéreo no tripulado Phantom 4RTK de 20megapixel de cámara, se tomó a cada 5 segundos una imagen con velocidad de 35km/h, altura de vuelo de 90m. y la georreferenciación se desarrolló por el método estático diferencial fijo con su respectivo postproceso, utilizando un GNSS donde se obtuvo resultados óptimos en precisión y validados por los antecedentes. El tipo de investigación es básica con enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño no experimental. Los resultados de la evaluación según: DG- 2018 de Perú es 71% de cumplimiento de los parámetros de diseño geométrico, ABC Boliviana es 72% y MOP de Chile es 72%; llegando a la conclusión que las tres normas evaluadas son similares, a su vez se observó que la norma peruana considera parámetros de diseño más rigurosos como es en peralte y sobreechancho. Se recomienda considerar en diseño de carreteras, las normas internacionales en zonas de fronteras del Perú y a nivel internacional se recomienda estandarizar las normas de diseño geométrico.

Palabras Clave: Carretera, Diseño, Dron, Evaluación, Normas.



ABSTRACT

The present research was conducted on the Binational PE-36A road, Ilo – Desaguadero km. 181+240 to km. 197+000, section located in the District of Santa Rosa Mazocruz, Province of El Collao, Department of Puno, being a road in a border zone of the country, where slow traffic, heavy cargo vehicles from different countries, and deficiencies in design parameters are observed. The general objective is to evaluate the geometric design of the road according to the Peruvian standard DG-2018, Bolivian ABC, and Chilean MOP; the data collection is carried out using an unmanned aerial vehicle Phantom 4RTK with a 20-megapixel camera, taking an image every 5 seconds at a speed of 35 km/h and a flight altitude of 90m. and the georeferencing was developed using the static differential fixed method with its respective post-processing, utilizing a GNSS where optimal results in precision were obtained and validated by the background data. The type of research is basic with a quantitative approach, descriptive level, and non-experimental design. The results of the evaluation according to: DG-2018 of Peru has a 71% compliance with geometric design parameters, ABC Bolivia has 72%, and MOP of Chile has 72%; reaching the conclusion that the three evaluated standards are similar. It was also observed that the Peruvian standard considers more rigorous design parameters, such as superelevation and shoulder width. It is recommended to consider international standards in road design in border areas of Peru, and at the international level, it is recommended to standardize geometric design standards.

Keywords: Evaluation, Design, Standards, Drone, Road.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso de un vehículo aéreo no tripulado, es una herramienta que nos permite describir, analizar y evaluar de manera integral los parámetros de diseño geométrico de la carretera Binacional Ilo – Desaguadero en las progresivas km. 181 + 240 al km. 197 + 000, el procedimiento es hacer levantamiento de información de la realidad física de la carretera con el método estático diferencial y post proceso con receptor GNSS con resultados óptimos en precisión, el cual es una técnica que se utiliza con el fin de recopilar datos, con la tecnología de un vehículo aéreo no tripulado, para obtener una información a través de una imagen (ortofoto) a tiempo real de manera específica de las características del diseño geométrico de la carretera Binacional Ilo – Desaguadero, que fue diseñado hace más de 20 años, además de ser una carretera diseñada sin considerar la demanda de tránsito vehicular actual resultando la deficiencia en parámetros de diseño geométrico según, el DG - 2018 de Perú, ABC Boliviana y el MOP de Chile. Por otro lado, la carretera Binacional es una de las principales vías del sur peruano, de tránsito de carga pesada internacional (Perú, Bolivia y Chile), siendo una ruta de tránsito lento, congestión vehicular, y en su mayoría insegura, generando numerosos accidentes de tránsito de parte de vehículos nacionales e internacionales, ya planteado el problema es importante evaluar con mayor certeza y responder a siguientes preguntas del problema.



1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1 Problema general

¿Es posible evaluar el diseño geométrico de la carretera Binacional Ilo – Desaguadero km. 181+240 al km. 197+000 con normas internacionales a partir de ortofotos obtenidas mediante un vehículo aéreo no tripulado?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿De qué manera se determinará los parámetros de diseño geométrico de la carretera Binacional Ilo - Desaguadero km. 181 + 240 al km. 197 + 000 a partir de un levantamiento de información física con un vehículo aéreo no tripulado?
- ¿Cuál es el porcentaje de cumplimiento de parámetros técnicos de diseño geométrico de carreteras según la norma DG – 2018 en la carretera Binacional Ilo – Desaguadero km. 181 + 240 al km. 197 + 000?
- ¿Cuál es el porcentaje de cumplimiento de parámetros técnicos de diseño geométrico de carreteras según normas internacionales del ABC Boliviana y el MOP de Chile, en la carretera Binacional Ilo – Desaguadero km. 181 + 240 al 197 + 000?

1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Hipótesis nula

- **HO:** No cumple la evaluación del diseño geométrico de la carretera Binacional Ilo – Desaguadero km.181+240 al km.197+000 con



normas internacionales a partir de ortofotos obtenidas mediante un vehículo aéreo no tripulado.

1.3.2 Hipótesis alterna

- **HI:** Si cumple la evaluación del diseño geométrico de la carretera Binacional Ilo – Desaguadero km. 181+240 al km. 197+000 con normas internacionales a partir de ortofotos obtenidas mediante un vehículo aéreo no tripulado.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

- Evaluar el diseño geométrico de la carretera Binacional Ilo – Desaguadero km. 181+240 al km. 197+000 con normas internacionales a partir de ortofotos obtenidas mediante un vehículo aéreo no tripulado.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar los parámetros de diseño geométrico de la carretera Binacional Ilo - Desaguadero km. 181 + 240 al km. 197 + 000 a partir de un levantamiento de información física con un vehículo aéreo no tripulado.
- Evaluar el porcentaje de cumplimiento de la norma DG-2018 en la carretera Binacional Ilo – Desaguadero km. 181 + 240 al km. 197 + 000.
- Comparar el porcentaje de cumplimiento del diseño geométrico con normas ABC Boliviana y MOP de Chile, respecto a la norma DG-



2018 de Perú en la carretera Binacional Ilo – Desaguadero km.
181+240 al km. 197+000.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se justifica por la necesidad de conocer el porcentaje de cumplimiento del diseño geométrico de la carretera, con norma DG-2018, en la carretera Binacional Ilo – Desaguadero. Siendo esta de tránsito internacional es indispensable evaluar con normas internacionales tales como son, Manual de Diseño Geométrico de la Administradora Boliviana de Carreteras - ABC y el Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Publicas “MOP” de Chile; esta carretera debe ser diseñada de acuerdo a normas nacionales actuales y también en su diseño debería ser considerado las menciones de las normas internaciones de diseño de carreteras, que permitan a los usuarios de diferentes nacionalidades transitar sobre ella de una manera segura, lo cual se logra con un buen trazo en los alineamientos horizontales y verticales así como sección transversal, de manera que se pueda prevenir y mitigar los continuos accidentes de tránsito en dicha carretera, es necesario tomar en cuenta que la carretera Binacional Ilo – Desaguadero PE-36A es una vía internacional de alto tránsito vehicular liviano y pesado, por ende se debería ofrecer mayor seguridad a los usuarios de esta vía.

La importancia de la presente investigación radica en realizar la evaluación y obtener el porcentaje de cumplimiento de acuerdo a las normas vigentes nacionales y normas internacionales como son de Bolivia y Chile.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

Pajares (2015) en su artículo científico titulado “Panorama y Estado Actual de las Aplicaciones de Teledetección Basada en Vehículos Aéreos no Tripulado (UAV), el objetivo general de este artículo fue proporcionar una visión panorámica sobre el estado actual de aplicación de teledetección basada en vehículos aéreos no tripulados, equipados con un conjunto de sensores e instrumentos específicos. De esta manera concluyó que cada vez más áreas de aplicación aparecen demostrando que los vehículos aéreos no tripulados (UAV) se convierten en eficientes, además esta tecnología permite el desarrollo de numerosos métodos, procedimientos y estrategias adaptados específicamente a estos sistemas desde una perspectiva del problema a resolver.

Castro et al. (2024) en su tesis con título “Análisis comparativo entre el levantamiento topográfico tradicional, y desarrollo con fotogrametría y tecnologías Dron aplicado a un predio de condominio San Miguel en Piedecuesta, Santander”. La investigación tiene como objetivo realizar un análisis comparativo entre el levantamiento topográfico tradicional, y desarrollo con fotogrametría y tecnologías Dron aplicado a un predio del condominio San Miguel en Piedecuesta, Santander. Dentro de los resultados se destaca que, aunque los métodos analizados presentan una eficacia en cuanto a los resultados obtenidos, el método con Dron entrega adicional una eficiencia que permite el ahorro del tiempo, recursos, mejora



la precisión de los datos obtenidos y suministra mayor cantidad de detalles. Donde concluyó asegurando afirmar que un levantamiento topográfico con Dron es igual de preciso que al realizarlo con estación total, teniendo como diferencia 0.004m² de los datos obtenidos, el cual sirve para romper el paradigma de la precisión del trabajo realizado con Dron.

Lalangui y Zárate (2020) en su investigación titulado “Evaluación del modelo digital de terreno obtenido mediante técnicas de fotogrametría con VANT y con técnicas GNSS aplicados a proyectos viales en zonas de mediana vegetación”. Investigación de tipo cuantitativo, fue obtener un modelo digital de superficie en caminos de montaña mediante un vehículo aéreo no tripulado (VANT). Donde planificó que en la zona de estudio existiera vegetación mediana hacia una altura de 100 m, un VANT tomó imágenes con un periodo aproximado de 2 s. Estas se procesaron con un software que se basa en el algoritmo SfM, el cual permite plasmar varias fotografías en un modelo digital de terreno. Además, en busca de cumplir con el objetivo, se configuró un modelo digital de terreno mediante técnicas de fotogrametría y se contrastaron los resultados con el modelo digital de terreno derivado de técnica GPS diferencial. Se evidenció que los modelos digitales son similares, porque existe variación donde la vegetación es densa, y que servirán para reducir el margen entre estos dos tipos de levantamiento y, de este modo, lograr levantamientos topográficos de manera oportuna y sin coste al medio ambiente.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Sanchez (2017) en su tesis con título "Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con Dron en la Plaza San Luis - 2017". El objetivo



fue determinar el grado de confiabilidad de un levantamiento topográfico con Dron. Cabe mencionar que la investigación es cuantitativa de diseño no experimental, descriptiva de corte transversal. Además, obtuvo como resultado el rango en el que se encuentra las diferencias entre los datos obtenidos de la estación total con respecto al promedio del valor obtenido con el Dron, son como máximo de -4mm y de 3mm, el cual no supera el 5mm. de diferencia los que se encuentra establecido en el “Ministerio de Transportes y Comunicaciones”. Por lo tanto, concluyó que es confiable y tiene buena exactitud.

Araujo (2020) en su tesis denominado "Evaluación de las características geométricas de la carretera Celendín - El Suro de acuerdo con las normas de diseño geométrico DG - 2013". Tiene como objetivo principal evaluar las características geométricas de la carretera Celendín – El Suro (km 0 0+000 – km 05+261), en función a sus parámetros de diseño geométrico del manual de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. La metodología usada en la investigación es descriptiva de diseño no experimental. Sus resultados muestran que el radio mínimo a usar es de 10m. el cual cumple en un 83.6%; las longitudes de curva horizontal cumplen en un 8%; el sobreechancho cumple en un 83.6; de las 67 curvas que contiene todo el alineamiento horizontal solo 11 necesitan banquetas de visibilidad; en su diseño geométrico vertical la pendiente usada es del 9% y del análisis se obtuvo que solo 46.7% cumple; las longitudes de curva vertical cumple en un 81.5%; en el diseño de su sección transversal el ancho de la plataforma es de 4.5m. Por lo tanto, concluyó aseverando que por incidencia de porcentajes la carretera Celendín – El Suro (km 0 0+000 – km 05+261), no cumple en un 38% sus características geométricas.



Melendez (2019) en su investigación con título "Análisis técnico del diseño geométrico de la carretera nacional PE-3N, con relación al manual de carreteras DG-2018, tramo: KM. 136+000-KM.141+000". El objetivo fue realizar el análisis del Diseño Geométrico de la carretera Nacional PE-3N, con relación al Manual de Carreteras DG-2018, tramo: Km. 136+000 – Km. 141+000, tiene como tipo de investigación descriptivo de diseño no experimental. Los resultados que obtuvo señalan que solo existe un grado de cumplimiento de 47.9%, y de acuerdo a las estadísticas para este tipo de tesis se considera bueno (100%-90%), regular (90%-60%) y malo (60%-0%), es decir que muchos tramos de la carretera en estudio no cumplen con la Norma, por las limitaciones de la topografía muy accidentada que presenta dicha carretera, similares al que encontramos en parte de la geografía peruana. Además, concluyó aseverando que luego de la evaluación y el análisis del diseño geométrico de la carretera Nacional PE-3N, tramo: Km. 136+000 – Km. 141+000, los parámetros del diseño geométrico no cumplen con el Manual de Carretera de Diseño geométrico DG-2018.

Huacho y Mallma (2020) en su tesis titulado "Evaluación de parámetros de diseño en la carretera Lircay - Secella - Angaraes - Huancavelica". Donde propuso como objetivo principal establecer los parámetros a evaluar para mejorar el diseño en la carretera Lircay – Secella – Angares – Huancavelica, la cual su investigación es de tipo no experimental – transversal descriptivo. Dando como resultado que el ancho de calzada es de 3.2m, pendientes longitudinales en el orden de 4.5% y respecto a la seguridad vial se ha optado por usar los más adecuados dispositivos de seguridad, así como señales reglamentarias, preventivas e informativas. Así mismo se tiene una orografía de 23% clasificado como ondulado y/o accidentado, análisis de tráfico (bajo volumen de tránsito),



velocidad directriz de 20km/h. Por último, concluyó que la carretera comprendida entre Lircay – Secclla, no cumplen con ciertos parámetros establecidos en el Manual de carreteras DG-2018.

Chávez (2022) en su investigación de título "Estandarización de diseño geométrico a través del análisis de estándares de otros países de Sudamérica para actualizar el Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG - 2018". Planteo como objetivo principal establecer los estándares de diseño geométrico de otros países de Sudamérica adecuados para actualizar el manual de carreteras – Diseño Geométrico DG 2018, además considera como tipo de investigación correlacional – descriptivo, diseño no experimental transversal y a la vez tiene como enfoque mixto. Así mismo nos indica que realizó la búsqueda de las normas de diseño geométrico de carreteras internacionales y nacional, elaboró fichas técnicas en cuanto al vehículo de diseño, sobreechancho en curvas y tiempo de percepción reacción, distancia de visibilidad de parada y también realizó cuadros comparativos de las distintas normas de otros países de Sudamérica y la norma de diseño geométrico del Perú. De esta manera, concluyó en la propuesta de estandarización de diseño geométrico de otros países de Sudamérica referente a vehículo de diseño, sobreechancho en curvas y tiempo de percepción reacción respecto a la distancia de visibilidad de parada es óptima para la actualización del manual de carreteras – Diseño geométrico DG 2018.

2.1.3. Antecedentes locales

Flores (2021) en su tesis “Estudio topográfico mediante tecnologías GNSS y fotogrametría con drones para el empleo en el diseño geométrico de obras viales en la región de Puno”. Cuyo propósito fue comparar el grado de confiabilidad de



los indicadores técnicos y económicos de un estudio topográfico mediante tecnologías GNSS respecto a la fotogrametría con drones para el empleo en el diseño geométrico de obras viales en la región de Puno; teniendo como tipo de investigación aplicada de nivel explicativa, diseño no experimental – transversal y de enfoque cuantitativo. De acuerdo al estudio topográfico mediante fotogrametría con drones es más económico en comparación al estudio topográfico con receptores GNSS lo que representa un 36.59%. En cuanto a los tiempos de las actividades en ambos casos se emplearon los mismos procedimientos excepto en el levantamiento topográfico; el estudio topográfico con receptores GNSS excede en 5 días con respecto a la fotogrametría con drones lo cual representa 31.25%. Llegó a la conclusión, donde resalta que el grado de confiabilidad de las secciones transversales y el perfil longitudinal en el terreno son aceptables con el estudio topográfico mediante fotogrametría con drones.

Turpo (2018) en su tesis denominado "Análisis de velocidad de diseño y operación en la consistencia del diseño geométrico Según DG - 2018 en la carretera Puno - Juliaca, tramo km 1349+000 - km 1353+000". Tiene como objetivo determinar la influencia de la diferencia entre la velocidad de operación y velocidad de diseño en la consistencia de diseño geométrico en la carretera Puno – Juliaca, tramo km 1349+000 – km 1353+000". Asimismo, sostiene que su investigación es de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y explicativo de diseño no experimental. Mediante el rediseño geométrico se pudo identificar que las calzadas, bermas, peraltes y sobreanchos no cumplen con las condiciones mínimas de la norma DG-2018 para satisfacer las velocidades de operación, así mismo identificó la ausencia total de la aplicación de curvas espirales razón por lo que los conductores en estos tramos tienden a realizar maniobras bruscas para pasar



un tramo recto a un tramo curvo. Por lo tanto, demostró que el diseño geométrico en la carretera Puno – Juliaca, tramo 1349+000 – km 1353+000 carece de aplicación de la Norma Peruana DG-2018, esto debido a la antigüedad de la carretera, además la consistencia es mala en ambos sentidos, la cual indica que la causa de accidentes de tránsito es por el exceso de velocidad de los conductores.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Concepto de topografía

La topografía es una rama de la ingeniería que se propone determinar la posición relativa de los puntos, mediante la recopilación y procesamiento de las informaciones, considerando hipotéticamente, que la superficie terrestre de observaciones es una superficie plana horizontal. En términos simples: la topografía se encarga de realizar mediciones en una porción de tierras relativamente pequeña, complementando esta información con la aplicación de elementales procedimientos matemáticos (Mendoza, 2020).

2.2.2. Levantamiento topográfico

Según Casanova (2002) El levantamiento topográfico es obtenido mediante la recolección de datos para la representación gráfica o la elaboración de mapas del área de análisis, además los levantamientos topográficos se realizan con el propósito de identificar la configuración del terreno, así como la ubicación de la superficie y de diversos elementos naturales o estructurales.

2.2.3. Levantamiento geodésico

Según el concepto del IGN (2016) El levantamiento geodésico es el conjunto de procedimientos y operaciones de campo y gabinete, destinados a



determinar las coordenadas geodésicas de puntos sobre la superficie considerando la curvatura terrestre, elegidos y referenciados con respecto al sistema de referencia en uso.

2.2.4. División básica de la topografía

2.2.4.1. Planimetría y altimetría

Rincón et al. (2012) la topografía se divide en dos ramas: planimetría y altimetría. La planimetría no considera las diferencias de nivel y todos los elementos los proyecta en un plano horizontal. La altimetría si considera las diferencias de nivel o relieve de los terrenos y de los elementos artificiales o construidos por el hombre.

2.2.4.2. Geodesia

Mendoza (2020) indica que la geodesia es la ciencia que estudia la forma y dimensiones de la tierra. Esto incluye la determinación del campo gravitatorio externo de la tierra y la superficie del fondo oceánico. Dentro de esta definición, se incluye también la orientación y posición de la tierra en el espacio.

2.2.5. Fotogrametría

Según Santamaría y Zanz (2011) la fotogrametría es la ciencia por medio de la cual, a partir de fotografías del terreno, se consigue deducir la planta y su alzado, llegando a formar un plano topográfico del mismo. Las fotografías pueden capturarse desde diferentes puntos, ya sea de tierra o desde el aire, dando origen a dos ramas principales de la fotogrametría: la terrestre, que se realiza con cámaras



instaladas en dispositivos ubicados en tierra, y la aérea, en la cual las fotografías se toman desde plataformas elevadas.

2.2.5.1. Propósito de la fotogrametría

Pérez (2001) indica que el planeamiento de vuelo hay que considerar cual va ser la utilización de la fotografía. Una vez que tengamos definido esto, puede seleccionarse cuál será el equipo optimo a utilizar, así como los procedimientos de los diferentes usos que pueden hacerse de las fotografías aéreas, se deseará para la obtención de planos por fotogrametría aérea, unas buenas condiciones métricas de las fotografías, ya que se van a efectuar sobre ellas precisas mediciones. Estas se obtienen usando cámaras calibradas, película con granulometría fina, tiempos de exposición cortos y emulsiones de alta resolución.

2.2.6. Vehículo aéreo no tripulado (VANT)

Un vehículo aéreo no tripulado es un Sistema de Aeronave pilotada remotamente. En la actualidad tiene diferentes funciones que son fundamentales dentro de la sociedad, desde propuestas comerciales hasta el rescate de personas, en los últimos años, gracias a que los precios de fabricación descendieron, se amplió el uso de estos aviones y podemos disponer de esta tecnología para otras funciones más nobles como la investigación científica o el entretenimiento. Tengamos en cuenta que comprar un drone es 60 veces más barato que un helicóptero y los costos operativos son muchísimos más bajos (Ado Engineer SAC., 2018).

Figura 1

Equipo completo de un vehículo aéreo no tripulado Phantom 4 pro y sus accesorios.



Nota: fuente Ado Engineer SAC.

2.2.7. Normas técnicas de diseño geométrico de carreteras

El manual de carreteras "Diseño Geométrico" es uno de los documentos técnicos normativos incluidos en los manual de carreteras DG-2018, establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, aprobado mediante el "DS N°034 – 2008 – MTC", es de carácter obligatorio y se aplica en todo el país, de cumplimiento requerido por las entidades responsables de la gestión de infraestructura vial en los niveles de gobierno nacional, regional y local (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

La Administradora Boliviana de Carreteras bajo la Resolución de Directorio ABC/007/2008 La Paz, 28 de febrero del 2008 Resuelve aprobar los Manuales Técnicos de Diseño Geométrico de Carreteras, Diseño de Obras de



Hidrología y Drenaje en Carreteras, Dispositivo de Control de Tránsito y Ensayo de Suelos y Materiales de Carreteras, los mismos que formaran parte del ordenamiento Jurídico administrativo. (Administradora Boliviana de Carreteras, 2008).

El “Manual de Carreteras (MC) de la Dirección de Vialidad (DV)” del MOP de Chile, es un documento técnico que sirve de guía y marco de referencia general para las diferentes acciones que son de competencia técnica del servicio, y como tal, unifica los criterios, procedimientos, especificaciones y metodologías que implica el desarrollo de un proyecto vial y que guarda relación con las diversas fases que conforman el ciclo de vida del mismo, esto es, pre inversión, inversión y operación, para otorgar a sí, un estándar técnico y de servicio mínimo de las carreteras y caminos de la Dirección de Vialidad. (Ministerio de Obras Publicas de Chile, 2022).

2.2.8. Clasificación vial.

Según el MTC del Perú (2018), en el Perú las carreteras se clasifican, en función a la demanda en:

- “Autopistas de primera clase”
- “Autopistas de segunda clase”
- “Carreteras de primera clase”
- “Carreteras de segunda clase”
- “Carreteras de tercera clase”
- “Trochas carrozables”

Las carreteras en el Perú se clasifican según la orografía predominante a lo largo de su recorrido. Existen cuatro categorías: terreno plano (tipo 1), terreno ondulado (tipo 2), terreno accidentado (tipo 3) y terreno escarpado (tipo 4). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Según el DG – 2018 de Perú (2018), los terrenos ondulados de tipo 2 presentan pendientes transversales al eje de la vía entre un 11% y un 50%, y sus pendientes longitudinales predominantes varían entre el 3% y el 6%. Requiriendo un movimiento de tierras moderado que, facilita alineamientos rectos alternados con curvas de radios amplias, sin mayores complicaciones en el trazo.

Tabla 1

Clasificación de carreteras del Perú DG - 2018

IMDA	TIPO DE CARRETERA	CALZADA	RODADURA	DESCRIPCIÓN
Mayor a 6000 veh/día.	Autopista de primera clase	Calzadas separadas	Pavimentada	Separado mínimo 6.00 m.
6000 a 4001 veh/día.	Carreteras duales, multicarriles	2 a más carriles de	Pavimentada	Separado de 1.00 a 6.00 m.
4000 a 2001 veh/día.	Carretera de primera clase	Una calzada de 2 carriles	Pavimentada	Cruces vehiculares, puentes peatonales,
2000 a 400 veh/día.	Carretera de segunda clase	Una calzada de 2 carriles	Pavimentada	Cruces vehiculares, puentes peatonales.
≤ a 400 veh/día.	Carretera de tercera clase	Una calzada de 2 carriles	Micro pavimento	Condición geométrica de segunda clase.
≤ a 200 veh/día.	Bajo volumen de tránsito	Con una calzada de 4.00 m.	Afirmado o sin afirmar	Plazoletas de cruce cada 500 m.

Nota: considerando la clasificación establecida para el tipo de carretera en la “RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC”.

Según ABC boliviana (2008) La clasificación para el diseño de vías consulta seis categorías divididas según la demanda en dos grupos, ellos son:

- “Carreteras: Autopistas, Autorrutas y Primarias”
- “Caminos: Colectores, Locales y de Desarrollo”

La ABC Boliviana (2008) indica que cada categoría se divide según las velocidades de proyecto asignadas dentro de ella. Las Vp más altas son aplicados a trazos en terrenos planos, las velocidades intermedias a terrenos ondulados, y las más bajas a terrenos montañosos o con limitaciones severas para el trazado.

El terreno ondulado se caracteriza por un alivio con frecuentes variaciones de altitud, aunque no son significativas en términos absolutos, son respectivos, lo que obliga a emplear frecuentemente pendiente de distintos sentidos que pueden fluctuar entre el 3 al 6%, según la categoría de la ruta. El trazado en planta suele estar considerablemente condicionado por el nivel del terreno, con el propósito de evitar cortes y terraplenes de gran altura (Administradora Boliviana de Carreteras, 2008).

Tabla 2

Clasificación de carreteras y caminos rurales según ABC Boliviana

CATEGORÍA	SECCIÓN TRANSVERSAL		VELOCIDADES DE PROYECTO (Km/h)	CÓDIGO TIPO
	Nº CARRILES	Nº CALZADAS		
AUTOPISTA (O)	46 + UD	2	120-100-80	A (n) - XX
AUTORUTA (I.A)	46 + UD	2	100-90-80	AR (n) - XX
PRIMARIO (I.B)	46 + UD	2(1)	100-90-80	P (n) - XX
	2 BD	1	100-90-80	P (2) - XX
COLECTOR (II)	46 + UD	2(1)	80-70-60	C (n) - XX
	2 BD	1	80-70-60	C (2) - XX
LOCAL (III)	2 BD	1	70-60-50-40	L (2) - XX
DESARROLLO	2 BD	1	50-40-30*	D - XX

Nota: Manual de Diseño geométrico Administradora Boliviana de Carreteras

Según el MOP de Chile (2022) la clasificación para el diseño consulta seis categorías divididas según la demanda en dos grupos las cuales son:

- “Carreteras: Autopistas, Autorrutas y Primarias”
- “Caminos: Colectores, Locales y de Desarrollo”

MOP de Chile (2022) menciona que los terrenos ondulados están constituidos por un relieve con variaciones frecuentes de cota, que, aunque no son significativas en términos absolutos, resultan relativas, lo que requiere el uso frecuente de pendientes en diversas direcciones, fluctuando entre el 3% y el 7%, conforme a la categoría de la ruta.

Los criterios para definir las características de una carretera se utilizan para diseñar una vía con altos estándares de diseño, adecuados para manejar grandes volúmenes de tránsito de paso. Normalmente este tipo de carreteras suele destinarse a viajes de larga distancia y tiene una relevancia de nivel nacional o, al menos, interregional. Representan un bajo porcentaje del total de kilómetros de la red vial (Ministerio de Obras Publicas de Chile, 2022).

Tabla 3

Clasificación de carreteras y caminos rurales según el MOP de Chile

CATEGORÍA	SECCIÓN		VELOCIDADES DE PROYECTO (Km/h)	CÓDIGO TIPO
	TRANSVERSAL			
	Nº CARRILES	Nº CALZADAS		
AUTOPISTA	46 + UD	2	120-100-80	A (n) - XX
AUTORUTA	46 + UD	2	100-90-80	AR (n) - XX
PRIMARIO	46 + UD	2(1)	100-90-80	P (n) - XX
	2 BD	1	100-90-80	P (2) - XX
COLECTOR	46 + UD	2(1)	80-70-60	C (n) - XX
	2 BD	1	80-70-60	C (2) - XX
LOCAL	2 BD	1	70-60-50-40	L (2) - XX
DESARROLLO	2 BD	1	50-40-30*	D - XX

Nota: Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Publicas de Chile

2.2.9. Radios mínimos

Los radios mínimos de curvatura horizontal son radios más reducidos que pueden ser transitados a la velocidad de diseño y con la tasa máxima de peralte, manteniendo condiciones aceptables de seguridad y comodidad, para su cálculo, puede emplearse la fórmula: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Tabla 4

Radio mínimo y peraltes máximos según DG-2018 de Perú

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	p máx (%)	f máx	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área rural (llano 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	1355
	70	8,00	0,14	175,4	195
	80	8,00	0,13	229,1	255
	90	8,00	0,12	303,7	335
	100	8,00	0,11	393,7	440
	110	8,00	0,10	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	12,0	0,17	24,4	25
	40	12,0	0,17	43,4	45
	50	12,0	0,16	70,3	70
	60	12,0	0,15	105,0	105
	70	12,0	0,14	148,4	150
	80	12,0	0,14	193,8	195
	90	12,0	0,13	255,1	255
	100	12,0	0,12	328,1	330
	110	12,0	0,11	414,2	415
	120	12,0	0,09	539,9	540
130	12,0	0,08	665,4	665	

Nota: Manual De Diseño Geométrico De Carreteras DG – 2018 Del Perú

El radio mínimo para cada velocidad de proyecto, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, están dados por la expresión. (Administradora Boliviana de Carreteras, 2008)

Tabla 5*Radio mínimo absoluto en curvas horizontales según ABC Boliviana*

Caminos Colectores - Locales - Desarrollo			
<i>V_p</i> (km/h)	<i>e_{max}</i> (%)	<i>f</i>	<i>R_{min}</i> (m)
30	7	0.215	25
40	7	0.198	50
50	7	0.182	80
60	7	0.165	120
70	7	0.149	180
80	7	0.132	250
Carreteras - Autopistas Autorutas - Primarias			
80	8	0.122	250
90	8	0.114	330
100	8	0.105	425
110	8	0.096	540
120	8	0.087	700

Nota: Manual De Diseño Geométrico Administradora Boliviana De Carreteras

Según el MOP de Chile (2022) los radios mínimos establecidos según los criterios de seguridad frente al deslizamiento, se calcularán utilizando la siguiente expresión.

Tabla 6*Radio mínimo absoluto en curvas horizontales según MOP de Chile*

Caminos Colectores - Locales - Desarrollo			
<i>V_p</i>	<i>p máx</i>	<i>t máx</i>	<i>R_m</i>
(km/h)	(%)		(m)
30	7	0.215	25
40	7	0.198	50
50	7	0.182	80
60	7	0.165	120
70	7	0.149	180
80	7	0.132	250
Carreteras - Autopistas Autorutas - Primarios			
80	8	0.122	250
90	8	0.114	330
100	8	0.105	425
110	8	0.096	540
120	8	0.087	700

Nota: Manual De Carreteras Del Ministerio De Obras Publicas De Chile



2.2.10. Pendiente mínima y pendiente máxima.

Es conveniente establecer una pendiente mínima de aproximadamente 0.5% para garantizar el drenaje efectivo de aguas superficiales en toda la calzada. A continuación, se detallan casos particulares que pueden presentarse: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- En una calzada con un bombeo del 2% y sin bermas ni cunetas, se permite excepcionalmente pendientes de hasta el 0,2%.
- Con un bombeo del 2.5%, de manera excepcional, pueden adoptarse pendientes de hasta cero.
- Si existen bermas, a pendiente mínima recomendada es de 0.5%, mientras que la mínima excepcional es de 0.35%
- En zonas de transición de peralte, donde la pendiente transversal es nula, se debe mantener una pendiente mínima de 0.5%.

Además, el DG - (2018), “menciona que es conveniente considerar las pendientes máximas que están indicadas en la tabla que se muestra a continuación”.

Tabla 7

Pendientes máximos (%), según DG-2018 de Perú

Demanda	Autopistas				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			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
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:																				
30km/h																	10.00 10.00			
40 km/h																	9.00 8.00 9.00 10.00			
50 km/h									7.00 7.00				8.00 9.00 8.00 8.00				8.00			
60 km/h					6.00 6.00 7.00 7.00				6.00 6.00 6.00 6.00				7.00 8.00 8.00 8.00				8.00			
70 km/h					5.00 5.00 6.00 6.00				6.00 6.00 6.00 6.00				7.00 7.00 6.00 7.00				7.00 7.00			
80 km/h					5.00 5.00 5.00 6.00				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 6.00			
100 km/h					4.50 4.50 4.50 5.00				5.00 5.00 6.00 6.00				5.00 5.00 6.00 6.00				6.00 6.00			
110 km/h					4.00 4.00				4.00											
120 km/h					4.00 4.00				4.00											
130 km/h					3.50															

Nota: manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018 del Perú

En cuanto a pendientes longitudinales máximas la selección de las pendientes máximas está relacionada con la categoría de la vía, que se refleja directamente con el volumen y composición del tráfico previo, la importancia de la carretera, la topografía de la franja del trazado y la altura del terreno con respecto al nivel medio del mar. Según el sentido de las pendientes, esta puede ser ascendente de signo (+) y descendente de signo (-). Si embargo en la elección de pendientes mínimas se realiza con el objeto de asegurar el drenaje de las aguas superficiales sobre la calzada. Por lo general, es deseable que el camino tenga una pendiente longitudinal mínima de 0.35% en ciertos sectores críticos como son las zonas de transición de peralte, la pendiente longitudinal mínima requerida puede aumentar llegando hasta el 2% para el diseño del camino se adoptó una pendiente mínima de 0.5%, tal como se muestra en la tabla 8. (Administradora Boliviana de Carreteras, 2008).

Tabla 8

Pendientes máximas admisibles %, según ABC Boliviana

CATEGORÍA	Velocidad de proyecto (km/h)									
	≤ 30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Desarrollo	10-12	10.9	9	-	-	-	-	-	-(1)	-
Local	-	9	9	8	8	-	-	-	-	-
Colector	-	-	-	8	8	8	-	-	-	-
Primarias	-	-	-	-	-	6	5	4.5	-	-
Autorutas	-	-	-	-	-	6	5	4.5	-	-
Autopistas	-	-	-	-	-	5	-	4.5	-	4

Nota: Manual De Diseño Geométrico Administradora Boliviana De Carreteras

Según el MOP de Chile (2022) indica que las pendientes admisibles son según de la carretera o el camino.

Tabla 9*Pendiente máximas admisibles %, según MOP de Chile*

CATEGORÍA	Velocidad de proyecto (km/h)									
	≤ 30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Desarrollo	10-12	10.9	9	-	-	-	-	-	-(1)	-
Local	-	9	9	8	8	-	-	-	-	-
Colector	-	-	-	8	8	8	-	-	-	-
Primarias	-	-	-	-	-	6	5	4.5	-	-
Autorutas	-	-	-	-	-	6	5	4.5	-	-
Autopistas	-	-	-	-	-	5	-	4.5	-	4

Nota: Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Publicas de Chile

2.2.11. Longitud en tangente

Paraskevopoulos (2022) indica que la longitud de tangente se refiere a la distancia desde el punto de tangencia de una línea a una curva, hasta un punto externo específico.

Según el DG-2018 (2022) las longitudes mínimas admisibles y máximas recomendadas para los tramos en tangente dependen de la velocidad de diseño y se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 10*Longitudes de tramos en tangente, según DG-2018 de Perú*

v (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

Nota: Manual De Diseño geométrico De Carreteras DG-2018 Perú



Además, el DG – 2018 de Perú precisa que las longitudes de tramos en tangente presentada en la tabla 10 están calculados con la siguiente formula (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018):

- $L_{min.s}$: 1.39V
- $L_{min.o}$: 2.78V
- L_{max} : 16.70V

Según el ABC de Bolivia (2008) Se procurará evitar longitudes en recta superiores a:

- $L_r (m) = 20 V_p$ (km/h)
- $L_r =$ “Largo en metros de la alineación recta”.

En caminos bidireccionales de dos carriles, a diferencia de las carreteras unidireccionales, es necesario incluir tramos con visibilidad suficiente para realizar avances, justifica una mayor proporción de rectas extensas. Rectas con una longitud entre $8V_p$ y $10V_p$, enlazadas mediante curvas cuya velocidad de entrada (V_e) sea igual o superior a V_{85} , cumplen adecuadamente, conforme a lo indicado en la siguiente tabla. (Administradora Boliviana de Carreteras, 2008).

Tabla 11

Criterios de predicción de la V_{85} en función de V_p y L_r para V_p entre 40 y 120 km/h, según ABC Boliviana

Situaciones posibles		$V_{85\%}$ Determinada por:
Caso I	$L_r (m) > 400$	Longitud de la recta
Caso II	$L_r (m) \leq 400$	Las características de la configuración precedente y la relación de los radios de las curvas de entrada y de salida.

Nota: Administradora Boliviana de Carreteras.

Tabla 12*V85% al final de una recta según longitud y velocidad de proyecto*

V Proyecto km/h	40	50	60	70	80	90	100	120
400 m ≤ Lr ≤ 600 m.	50	60	70	80	90	100	110	125
Lr > 600 m.	60	70	80	90	100	110	115	130

Nota: Fuente Administradora Boliviana de Carreteras.

Según el ABC Boliviana (2008), “menciona que las longitudes mínimas en recta se deben diferenciarse en las situaciones asociadas a curvas sucesivas en sentido opuesto o curvas en S y aquellas curvas en el mismo sentido”.

Tabla 13*Longitud de recta mínima entre curvas de distintos sentidos, según ABC**Boliviana*

Vp (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Lr (m)	56	70	84	98	112	126	140	154	168

Nota: Administradora Boliviana de Carreteras.

Tabla 14*Longitud de recta mínima entre curvas del mismo sentido, según ABC Boliviana*

Vp (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Terreno llano y ondulado		110/5 5	140/7 0	170/8 5	195/9 8	220/11 0	250/12 5	280/15 0	305/19 0	330/25 0
Terreno montañoso	25	55/30	70/40	85/50	98/65	110/90				

Nota: Administradora Boliviana de Carreteras.

Según el MOP de Chile (2022) en las longitudes máximas en recta se procurará evitar longitudes en recta superior a:

- $Lr (m) = 20 Vp (km/h)$
- $Lr =$ “Largo en metros de la Alineación Recta”.
- $Vp =$ “Velocidad de Proyecto de la Carretera”.

En caminos bidireccionales de dos carriles, a diferencia de las carreteras unidireccionales, la necesidad de incluir secciones con visibilidad adecuada para avances justifica el uso de rectas más extensas. Rectas con longitudes entre $8V_p$ y $10V_p$, enlazadas por curvas con una velocidad de entrada (V_e) igual o superior a V_{85} , cubren perfectamente esta necesidad, tal como se muestra en la tabla siguiente. (Ministerio de Obras Publicas de Chile, 2022)

Según el MOP de Chile (2022) indica que la longitud mínima de recta se debe diferenciarse a las situaciones que involucren curvas sucesivas en sentidos opuestos, como las curvas en "S" de aquellas que corresponden a curvas en el mismo sentido.

Tabla 15

Longitud de recta mínima entre curvas de distinto sentido, según MOP de Chile

V_p (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Lr (m)	56	70	84	98	112	126	140	154	168

Nota: Manual de carreteras del MOP de Chile

Tabla 16

Longitud de recta mínima entre curvas del mismo sentido, según MOP de Chile

V_p (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Terreno llano y ondulado		110/5 5	140/7 0	170/8 5	195/9 8	220/11 0	250/12 5	280/15 0	305/19 0	330/25 0
Terreno montañoso	25	55/30	70/40	85/50	98/65	110/90				

Nota: Manual de carreteras del MOP de Chile

2.2.12. Longitud de curva

Según la Norma Peruana (2018) establece el diseño, de evitar tramos excesivamente largos de alineamientos rectos, ellos pueden resultar monótonos durante el día y aumentar el riesgo de deslumbramiento por las luces de los

vehículos en sentido contrario durante la noche. Es preferible sustituir largos tramos rectos por curvas de radios amplios.

En el mencionado cálculo se debe considerar que no se usara ángulos de deflexión menores a 59' (minutos). Se muestra la siguiente tabla para la longitud mínima de curva.

Tabla 17

Longitud mínima de curva, según DG-2018 de Perú

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

Nota: Manual de Carreteras DG – 2018 Del Perú

2.2.13. Sobreancho en curvas

Al circular por una curva horizontal, un vehículo ocupa un ancho de calzada mayor que en un tramo recto. La rigidez y dimensiones del vehículo hacen que las ruedas traseras sigan una trayectoria diferente a las ruedas delanteras, lo que dificulta a los conductores mantener el vehículo centrado en el carril. Por esta razón, es necesario ensanchar la calzada en las curvas para compensar el mayor espacio que el vehículo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Tabla 18

Variación lineal del sobreancho de 80cm. en 20m, según DG-2018 de Perú

Ln - (m)	San - (m)
0	0
5	0.2
10	0.4
15	0.6
20	0.8

Nota: Manual de Carreteras DG – 2018 del Perú

Según la norma DG – (2018) en cuanto a los valores de sobre ancho indica que el sobreancho variará en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad de diseño.

Según el ABC - Boliviana (2008) el cálculo del sobreancho en curvas circulares de carreteras y caminos se desarrolla mediante un análisis geométrico de las trayectorias que siguen distintos tipos de vehículos. Los resultados obtenidos son representados con expresiones simplificadas, como muestra en la tabla 19, lo que permite calcular el ensanche total necesario en una calzada de dos carriles (bidireccional o unidireccional) con anchos de 7.0 y 6.0 metros, mediante el empleo de parámetros “Lo” para unidades simples (camiones y autobuses) y “L1”, “L2” para unidades articuladas (semitráilers), como el radio de la curva, R.

Tabla 19

Ensanche de la calzada E(m) (permite el cruce de dos vehículos del mismo tipo manteniendo huelgas H1 y H2, según ABC Boliviana

TIPO DE VEHÍCULO (Lt en m)	PARÁMETRO DE CÁLCULO (m)	E (m)	e.int (m)	e.ext (m)	RADIOS LÍMITE (m)
CALZADA EN RECTA 7,0 m (n=2)					
		$0,5 m \leq E \leq 3,0 m;$	$E = e.int + e.ext.$		$h1 =$
		$0,6 m;$			$h2 = 0,4 m$
Camión Unid. Simple Lt = 11,0*	Lo = 9,5	$(Lo^2/R) - 0,2$	0,65 E	0,35 E	$30 \leq R \leq 130$
Bus Corriente Lt = 12,0					
Bus de Turismo Lt = 13,2*	Lo = 10,5	$(Lo^2/R) - 0,2$	0,65 E	0,35 E	$35 \leq R \leq 160$
Bus de Turismo Lt = 14,0*	Lo = 10,6				
Semitrailer Lt = 16,4	L1 = 5,6 L2 = 10,0	$((L1^2 + L2^2)/R) - 0,20$			$45 \leq R \leq 190$
Semitrailer Lt = 18,6*	L1 = 5,6 L2 = 12,2		0,70 E	0,30 E	$60 \leq R \leq 260$
Semitrailer Lt = 22,4*	L1 = 5,6 L2 = 15,5	$((L1^2 + L2^2)/R) - 0,20$			$85 \leq R \leq 380$

Nota: Manual de Carreteras Administradora Boliviana de Carreteras

Tabla 20

Ensanche de la calzada en caminos con $V_p \leq 60 \text{ km/H}$ alternativa con calzada en recta 7.0m, según ABC Boliviana

TIPO DE VEHÍCULO (Lt en m)	PARÁMETRO DE CÁLCULO (m)	E (m)	e.int (m)	e.ext (m)	RADIOS LÍMITE (m)
Camión Unid. Simple Lt = 11,0*	Lo = 9,5	$(L_o^2/R) - 0,85$	0,55 E	0,45 E	$25 \leq R \leq 75$
Bus Corriente Lt = 12,0					
Bus de Turismo Lt = 13,2*	Lo = 10,5	$(L_o^2/R) - 0,85$	0,55 E	0,45 E	$30 \leq R \leq 95$
Bus de Turismo Lt = 14,0*	Lo = 10,6				
Semitrailer Lt = 16,4	L1 = 5,6 L2 = 10,0	$((L_1^2 + L_2^2)/R) - 0,80$	0,55 E	0,45 E	$35 \leq R \leq 115$
Semitrailer Lt = 18,6*	L1 = 5,6 L2 = 12,2	$((L_1^2 + L_2^2)/R) - 0,80$	0,55 E	0,45 E	$50 \leq R \leq 155$
Semitrailer Lt = 22,4*		No corresponde a caminos con $V_p \leq 60 \text{ km/h}$			

Nota: Manual de Carreteras Administradora Boliviana de Carreteras

Según el MOP de Chile (2022) Establece que el cálculo del sobreancho en curvas circulares de carreteras y caminos se realiza a partir de un análisis geométrico de las trayectorias seguidas por distintos tipos de vehículos, considerando el ancho de la calzada y las huelgas definidas. Los resultados obtenidos se representan adecuadamente mediante expresiones simplificadas presentadas en la tabla 21, las cuales permiten calcular el ensanche total requerido en una calzada de dos carriles (ya sea bidireccional o unidireccional) con anchos de 7.0 y 6.0 metros, utilizando los parámetros de cálculo “Lo” para unidades simples (camiones y autobuses), “L1” y “L2” para unidades articuladas (Semitráilers), junto con el radio de la curva, R.

Tabla 21

Ensanche de la calzada, según MOP de Chile

TIPO DE VEHÍCULO (Lt en m)	PARÁMETRO DE CÁLCULO (m)	E (m)	e.int (m)	e.ext (m)	RADIOS LÍMITE (m)
CALZADA EN RECTA 7,0 m (n=2)					
		0,5 m ≤ E ≤ 3,0 m;	E = e.int + e.ext.		h1 = 0,6 m; h2 = 0,4 m
Camión Unid. Simple Lt = 11,0*	Lo = 9,5	(Lo ² /R) - 0,2	0,65 E	0,35 E	30 ≤ R ≤ 130
Bus Corriente Lt = 12,0					
Bus de Turismo Lt = 13,2*	Lo = 10,5	(Lo ² /R) - 0,2	0,65 E	0,35 E	35 ≤ R ≤ 160
Bus de Turismo Lt = 14,0*	Lo = 10,6				
Semitrailer Lt = 16,4	L1 = 5,6 L2 = 10,0	((L1 ² + L2 ²)/R) - 0,20			45 ≤ R ≤ 190
Semitrailer Lt = 18,6*	L1 = 5,6 L2 = 12,2		0,70 E	0,30 E	60 ≤ R ≤ 260
Semitrailer Lt = 22,4*	L1 = 5,6 L2 = 15,5	((L1 ² + L2 ²)/R) - 0,20			85 ≤ R ≤ 380

Nota: Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Publicas de Chile

Tabla 22

Ensanche de la calzada en caminos con Vp ≤ 60km/H alternativa con calzada en recta 7.0m, según MOP de Chile

TIPO DE VEHÍCULO (Lt en m)	PARÁMETRO DE CÁLCULO (m)	E (m)	e.int (m)	e.ext (m)	RADIOS LÍMITE (m)
Camión Unid. Simple Lt = 11,0*					
Bus Corriente Lt = 12,0	Lo = 9,5	(Lo ² /R) - 0,85	0,55 E	0,45 E	25 ≤ R ≤ 75
Bus de Turismo Lt = 13,2*	Lo = 10,5				
Bus de Turismo Lt = 14,0*	Lo = 10,6	(Lo ² /R) - 0,85	0,55 E	0,45 E	30 ≤ R ≤ 95
Semitrailer Lt = 16,4	L1 = 5,6 L2 = 10,0	(L1 ² + L2 ²)/R) - 0,80	0,55 E	0,45 E	35 ≤ R ≤ 115
Semitrailer Lt = 18,6*	L1 = 5,6 L2 = 12,2	(L1 ² + L2 ²)/R) - 0,80	0,55 E	0,45 E	50 ≤ R ≤ 155
Semitrailer Lt = 22,4*		No corresponde a caminos con Vp ≤ 60 km/h			

Nota: Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Publicas de Chile.

2.2.14. Peralte en curvas

Según la Norma DG - (2018) peralte es la inclinación transversal de la carretera en los tramos en curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo. Cabe mencionar que los radios que superan los 3500m. no es necesario peralte.

Tabla 23

Valores de peraltes máximos, según DG-2018 de Perú

Pueblo o Ciudad	Peralte Máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Atravesamiento de zonas urbanas	6.00%	4.00%
zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8.00%	6.00%
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.00%	8.00%
Zona rural con peligro de hielo	8.00%	6.00%

Nota: Manual de Diseño Geométrico DG-2018 de Perú

Generalmente, resulta justificado utilizar radios superiores al mínimo, con peraltes inferiores al máximo, por resultar más cómodos tanto para los vehículos lentos (disminuyendo la incidencia de f negativo), como para vehículos rápidos (que necesitan menores f) el peralte mínimo será del 2%. Para los radios y velocidades de diseño indicadas en la tabla 24.

Tabla 24

Peralte mínimo, según DG-2018 de Perú

Velocidad de diseño km/h	Radios de curvatura
$V \geq 100$	$5000 \leq R < 7500$
$40 \leq V$	$2500 \leq R < 3500$

Nota: Manual de Diseño Geométrico DG-2018 de Perú

Según la norma ABC - Boliviana (2008) en caminos bidireccionales, el giro generalmente se realiza alrededor del eje de simetría de la calzada. En casos

justificados, tales como en intersecciones a nivel en zonas de enlace, el eje de giro puede desplazarse hacia uno de los bordes de la calzada.

Tanto en calzadas bidireccionales como unidireccionales, considerando la posición normal del eje de giro del peralte, se debe contemplar la longitud de la transición desde el bombeo.

Tabla 25

Valores máximos para el peralte, según ABC Boliviana

	emáx	f
Caminos Vp 30 a 80km/h	7%	0.265 - V/602,4
Carreteras Vp 80 a 120 km/h	8%	0.193 - V/1134

Fuente: Manual de Carreteras ABC - Boliviana

Según el MOP de Chile (2022) las normas establecidas a continuación son aplicables para el desarrollo de peralte en situaciones específicas donde no se dispone de un arco de enlace de curvatura variable, como la clotoide, entre la alineación recta y la curva circular. Los casos particulares no consideran el uso de la clotoide.

En caminos bidireccionales, el giro suele realizarse alrededor del eje en planta, que coincide con el eje de simetría de la calzada. Sin embargo, en casos justificados, como en intersecciones a nivel en zonas de enlace, el eje de giro puede desplazarse hacia uno de los bordes de la calzada.



Tabla 26

Valores máximos para el peralte, según MOP de Chile

	emáx	f
Caminos Vp 30 a 80km/h	7%	$0.265 - V/602,4$
Carreteras Vp 80 a 120 km/h	8%	$0.193 - V/1134$

Nota: Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Publicas de Chile.

2.2.15. Ancho mínimo de calzada.

Según el DG - (2018) el ancho de la calzada en tangente, se define en función del nivel de servicio finalizado del período de diseño. Por lo tanto, el ancho y número de carriles se establecerán a través de un análisis de capacidad y niveles de servicio.

En la siguiente tabla 27 se indicarán los valores correspondientes al ancho de calzada para diversas velocidades de diseño, de acuerdo a la clasificación de la carretera.

Tabla 27

Ancho mínimo de calzada en tangente, según DG-2018 de Perú

Clasificación	Autopistas				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:																				
30km/h																	6.00 6.00			
40 km/h													6.00 6.00 6.00 6.00							
50 km/h									7.20 7.20				6.60 6.60 6.60 6.60							
60 km/h					7.20 7.20 7.20 7.20				7.20 7.20 7.20 7.20				7.20 7.20 7.20 7.20				6.60 6.60			
70 km/h					7.20 7.20				7.20 7.20 7.20 7.20				7.20 7.20 7.20 7.20				6.00 6.00			
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60
90 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60
100 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60
110 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60
120 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60
130 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60

Fuente: Manual de Diseño Geométrico DG-2018 del Perú



Notas:

- Orografía: “(1), Ondulado (2), Accidentado (3) y escarpado (4)”
- En carreteras de tercera clase, se podrá emplear calzadas de hasta 500 m de longitud de manera excepcional, siempre que cuente con el respaldo técnico y económico adecuado.

El ABC (2008) de Bolivia resume los anchos de plataforma en terraplén y los elementos que la componen, definidos en función de la categoría de la vía y la velocidad de proyecto correspondiente.

En curvas, la calzada puede requerir un sobreebanco en cualquier punto de la carretera debido a la presencia de curvas circulares en planta con radios reducidas.

Tabla 28

Resumen de anchos de plataforma en terraplén y de sus elementos a nivel de rasante, según ABC Boliviana

NUMERO DE CALZADAS Y CATEGORIA	VELOCIDAD PROYECTO (km/h)	ANCHO DE BERMAS			ANCHO SAP (3)			ANCHO MEDIANA - M (m)				ANCHO TOTAL DE PLATAFORMA A NIVEL DE RASANTE (6)	
		"a" (m)	"bi" INTER (m)	"be" EXTER (m)	"Si" INTER (m)	"Se" EXTER (m)	INICIAL 4 PISTAS AMPLIABLE a 6	FINAL 6 PISTAS	FINAL INICIAL 4 PISTAS	6 PISTAS Y 4 AMPLIABLE	4 PISTAS	2 PISTAS	ATP = na + 2 (be + Se) + M final
AUTOPISTA	120	3,5	1,2	2,5	0,5 - 0,8	1,5	13,0	6,0	6,0	6,0	35	28	-
	100	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	13,0	6,0	6,0	34	27	-	-
	80	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	0,8	11,0	4,0	4,0	31,6	24,6	-	-
PRIMARIO Y AUTORUTA	100	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	13,0	6,0	6,0	34	27	-	-
	90	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	12,0	5,0	5,0	33	26	-	-
COLECTOR	80	3,5	1,0	2,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8(4)	10,0	3,0	3,0(4)	29	22	-	-
	80	3,5	1,0	2,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8(4)	10,0	3,0	3,0(4)	29	22	-	-
	70	3,5	0,6 - 0,70	1,5	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8(4)	9,0	2,0	2,0(4)	27	20	-	-
CALZADA BIDIRECCIONAL PRIMARIA	60	3,5	0,6 - 0,70	1,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8(4)	9,0	2,0	2,0(4)	26	19	-	-
	100 - 90	3,5	-	2,5	-	1,0	-	-	-	-	-	-	14,0
CALZADA BIDIRECCIONAL LOCAL DESARROLL	80	3,5	-	2,0	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	-	12,0
	80	3,5	-	1,5	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	-	11,0
	70	3,5	-	1,0 - 1,5(2)	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	-	10 - 11,0
	60	3,0 - 3,5	-	0,5 - 1,0(2)	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	-	8,0 - 10,0
	50	3,0 - 3,5	-	0,5 - 1,0(2)	-	0,5	-	-	-	-	-	-	8,0 - 10,0
40	3,0	-	0,0 - 0,5(2)	-	0,5	-	-	-	-	-	-	7,0 - 8,0	
30	2,0 - 3,0	-	0,0 - 0,5(2)	-	0,5	-	-	-	-	-	-	5,0 - 6,0	

Fuente: Manual De Carreteras Administrador Boliviana De Carreteras



Según el MOP de Chile (2022) Una franja material y geoméricamente diseñada para soportar tránsito vehicular, proporcionando desplazamientos cómodos y seguros. La calzada está compuesta por dos o más pistas, además, los anchos de plataforma en terraplén y los elementos que la constituyen, son determinados por la categoría de la vía y de la velocidad de proyecto correspondiente. Además, indica que excepto en caminos locales y de desarrollo con velocidades de proyecto de hasta 60 km/h, en el cual la Dirección de Vialidad puede autorizar pistas de menos de 3.5 m de ancho, el ancho mínimo de pista para todas las demás categorías y velocidades de proyecto es de 3,5 m.

Tabla 29

Cuadro de ancho de plataforma en terraplén y de sus elementos nivel de rasante

NÚMERO DE CALZADAS Y CATEGORÍA	VELOCIDAD PROYECTO (km/h)	ANCHO PISTAS "a" (m) (1)	ANCHO DE BERMAS		ANCHO SAP (3)		ANCHO MEDIANA - M (m)		ANCHO TOTAL DE PLATAFORMA A NIVEL DE RASANTE (5) ATP = na + 2 (bi + be + Si + Se) + M final		
			"bi" INTER (m)	"be" EXTER (m)	"Si" INTER (m)	"Se" EXTER (m)	INICIAL 4 PISTAS AMPLIABLE E a 6	FINAL 6 PISTAS	FINAL = INICIAL 4 PISTAS	6 PISTAS Y 4 PISTAS	2 PISTAS
CALZADAS UNIDIRECCIONALES	120	3,5	1,2	2,5	0,5 - 0,8	1,5	13,0	6,0	35	28	-
	100	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	13,0	6,0	34	27	-
	80	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	0,8	11,0	4,0	31,6	24,6	-
	100	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	13,0	6,0	34	27	-
CALZADAS UNIDIRECCIONALES	90	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	12,0	5,0	33	26	-
	80	3,5	1,0	2,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8(4)	10,0	3,0	29	22	-
	80	3,5	1,0	2,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8(4)	10,0	3,0	29	22	-
	70	3,5	0,6 - 0,70	1,5	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8(4)	9,0	2,0	27	20	-
CALZADA BIDIRECCIONAL	60	3,5	0,6 - 0,70	1,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8(4)	9,0	2,0	26	19	-
	100 - 90	3,5	-	2,5	-	1,0	-	-	-	-	14,0
	80	3,5	-	2,0	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	12,0
	80	3,5	-	1,5	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	11,0
CALZADA BIDIRECCIONAL	70	3,5	-	1,0 - 1,5(2)	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	10 - 11,0
	60	3,0 - 3,5	-	0,5 - 1,0(2)	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	8,0 - 10,0
	50	3,0 - 3,5	-	0,5 - 1,0(2)	-	0,5	-	-	-	-	8,0 - 10,0
	40	3,0	-	0,0 - 0,5(2)	-	0,5	-	-	-	-	7,0 - 8,0
CALZADA BIDIRECCIONAL	30	2,0 - 3,0	-	0,0 - 0,5(2)	-	0,5	-	-	-	-	5,0 - 6,0

Fuente: Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Publicas de Chile

2.2.16. Ancho de las bermas

Según la norma DG - (2018) se establece el ancho de berma en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía.

Tabla 30

Ancho de bermas, según DG-2018 de Perú

Clasificación	Autopista				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:																				
30km/h																				
40 km/h																				
50 km/h																				
60 km/h																				
70 km/h																				
80 km/h																				
90 km/h																				
100 km/h																				
110 km/h																				
120 km/h																				
130 km/h																				

Nota: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG – 2018 del Perú



Notas:

- Orografía: “Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3) y escarpado (4)”
- Los anchos especificados en la tabla corresponden a la berma lateral derecha; para la berma lateral izquierda, el ancho es de 1.50 m en autopistas de primera clase y de 1.20 m en autopistas de segunda clase.
- En carreteras de primera, segunda y tercera clase, en situaciones excepcionales y con la correspondiente justificación técnica, la entidad contratante podrá autorizar un ancho de berma inferior al especificado en la presente tabla. En estos casos, se contemplarán áreas de ensanche en ambos lados de la carretera, destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencia.

2.2.16.1. Ancho de berma según ABC – Administración Boliviana de Carreteras.

De acuerdo a la ABC (2008) de Bolivia indica que el ancho estándar en caminos con $V_p = 40\text{km/h}$ es de 0.5m. el que en conjunto con el SAP proporciona una plataforma de 8.0, en caminos de desarrollo, que generalmente no contarán con pavimento superior, puede prescindirse de las bermas, manteniéndose únicamente el SAP como complemento para garantizar la estabilidad y adecuada compactación de la calzada.

Con el aumento de la velocidad y los volúmenes de diseño, el ancho de las bermas exteriores debe incrementarse, alcanzando un máximo de 2.5 m. Este ancho permite la detención de vehículos en caso de emergencia sin interferir en el tránsito de paso (Administradora Boliviana de Carreteras, 2008).



Los anchos estándar de las bermas se presentan en la tabla 28, asociados a la categoría de la ruta y la velocidad de proyecto correspondiente. Permite utilizar el valor inferior del rango en situaciones de tráfico muy moderado o en terrenos con topografía restrictiva, decisión que deberá adoptarse previa autorización de la administradora boliviana de carreteras (Administradora Boliviana de Carreteras, 2008).

2.2.16.2. Ancho de berma según norma de diseño geométrico de

Chile

En caminos locales con una velocidad de proyecto de 40 km/h, el ancho estándar es de 0,5 m, lo cual, junto con el SAP, forma una plataforma de 8,0 m. En caminos de desarrollo, que generalmente no tendrán pavimento superior, es posible prescindir de las bermas, manteniéndose únicamente el SAP como complemento para garantizar la estabilidad y adecuada compactación de la calzada.

A medida que la velocidad y los volúmenes de diseño crecen, también deberán hacerse las bermas exteriores, hasta contemplar un ancho máximo de 2.5m, que permite la detención en caso de emergencia de los vehículos sin afectar el tránsito de paso.

Los anchos estándar de las bermas se especifican en la tabla 29, en relación con la categoría de la ruta y la velocidad de proyecto correspondiente. Para tránsitos muy moderados en terrenos de topografía restrictiva, se puede optar por el valor inferior del rango, decisión que debe ser aprobada previamente por la Dirección de Vialidad de Chile.

2.2.17. Bombeo en tangente

Según DG - (2018) del Perú, en tramos rectos o en curvas con contra peralte, las calzadas deben presentar una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con el objetivo de evacuar las aguas superficiales. El bombeo está determinado por el tipo de superficie de rodadura y los niveles de precipitación de la zona.

Los valores de bombeo de la calzada, cuando se presenten en rangos, deberán ser definidos por el proyectista, considerando tanto el tipo de superficie de rodadura como el precipita.

Tabla 31

Valores de bombeo de la calzada, según DG-2018 de Perú

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5 - 3.0
Afirmado	3.0 - 3.5	3.0 - 4.0

Nota: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG – 2018 del Perú

El bombeo puede aplicarse de diversas formas, dependiendo del tipo de carretera y de la necesidad de evacuar las aguas de manera eficiente, entre las cuales se incluyen:

- Bombeo de dos aguas, cuya inclinación se dirige desde el centro de la calzada hacia ambos bordes.
- El bombeo de una sola agua, uno de los bordes de la calzada se encuentra elevado respecto al otro. Esta opción es una solución para mantener las

pendientes transversales mínimas, particularmente en tramos rectos cortos entre curvas en el mismo sentido.

Según el ABC (2008) de Bolivia establece que en tramos rectos o en aquellos con un radio de curvatura que permite el contra peralte dentro de los límites, las calzadas deben contar con una inclinación transversal mínima, o bombeo, para facilitar la evacuación de aguas superficiales, depende del tipo de superficie de rodadura y de la intensidad de lluvia de una hora de duración, con un período de retorno de 10 años.

La tabla 32 detalla estos valores y en algunos casos proporciona un rango dentro del cual el proyectista debe seleccionar, ajustando su elección conforme con las características de la rugosidad de las superficies y las condiciones climáticas predominantes.

Tabla 32

Bombeo de la calzada, según ABC Boliviana

Tipo de Superficie	Pendiente Transversal	
	$(I'_{10}) \leq 15 \text{ mm/h}^{(1)}$	$(I'_{10}) \leq 15 \text{ mm/h}^{(1)}$
Pav. de Hormigón o Asfalto	2,0	2,5
Tratamiento Superficial	3,0 ⁽²⁾	3,5
Tierra, Grava, Chancado	3.0 - 3.5 ⁽²⁾	3.5 - 4.0

Nota: Manual de Carreteras de la Administradora Boliviana de Carreteras

Los bombeos se pueden dar de varias maneras, dependiendo del tipo de plataforma y de las conveniencias específicas del proyecto en una zona dada.

- Bombeo en calzadas bidireccionales
- Bombeo en calzada unidireccionales

Según el MOP (2022) de Chile indica que en tramos rectos o en aquellos con un radio de curvatura que permite el contraperalte conforme a los límites definidos en 3.203.303(3), las calzadas deben contar con una inclinación transversal mínima, o bombeo, para asegurar la evacuación de aguas superficiales, El bombeo varía en función del tipo de superficie de rodadura y de la intensidad de lluvia de una hora de duración, con un período de retorno de 10 años.

La tabla 33 especifica estos valores indicando en algunos casos presenta un rango dentro del cual el proyectista debe seleccionar, ajustando su elección conforme a las variaciones en la rugosidad de las superficies y las condiciones.

Tabla 33

Bombeo de la calzada, según MOP de Chile

Tipo de Superficie	Pendiente Transversal	
	$(I'_{10}) \leq 15 \text{ mm/h}^{(1)}$	$(I'_{10}) \leq 15 \text{ mm/h}^{(1)}$
Pav. de Hormigón o Asfalto	2,0	2,5
Tratamiento Superficial	3,0 ⁽²⁾	3,5
Tierra, Grava, Chancado	3.0 - 3.5 ⁽²⁾	3.5 - 4.0

Nota: Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Publicas de Chile



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

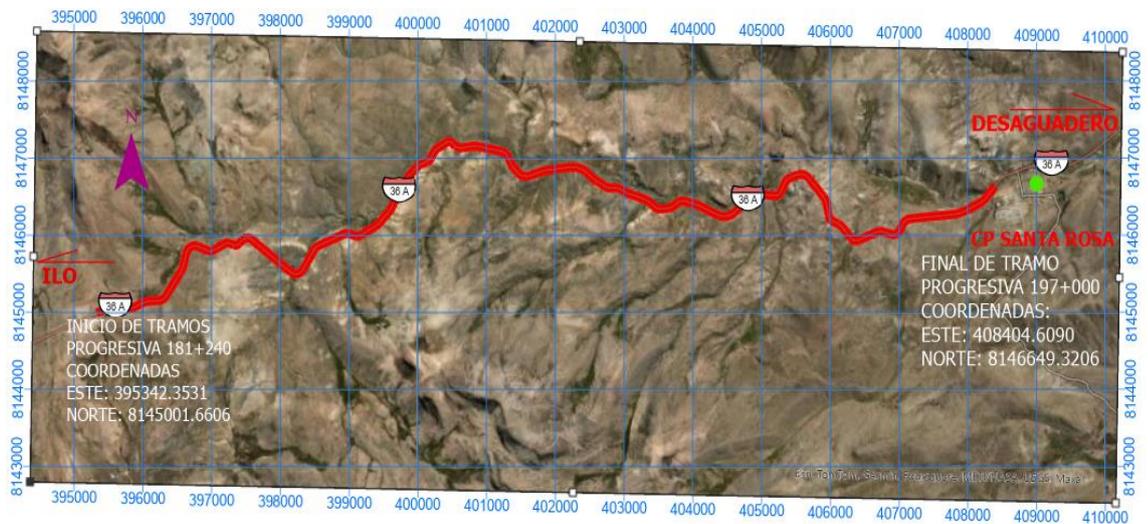
La presente investigación se desarrolló en el ámbito del Distrito de Santa Rosa, en la carretera con código PE-36A, del tramo Km. 181+240 – 197+000, de la carretera Binacional Ilo – Desaguadero, con una longitud de 15+760 km.

3.1.1. Ubicación política

- Lugar : Santa Rosa - Rosario Sacahata
- Distrito : Santa Rosa
- Provincia : El Collao
- Departamento : Puno
- Coordenadas UTM WGS84
- Zona : 19L
- Coordenadas de inicio de tramo:
 - Este : 395342.3531m.
 - Norte : 8145001.6606m.
 - Altitud : 4650.252m.s.n.m.
- Coordenadas de final de tramo:
 - Este : 408404.6090m.
 - Norte : 8146649.3206m.
 - Altitud : 4136.980m.s.n.m.

Figura 2

Ubicación geográfica del tramo que se evaluó



Nota: Google Earth y está ubicando el área de estudio con inicio y final de tramo.

3.1.2. Trayecto de vías de acceso

Tabla 34

Vías de acceso

Vías de acceso				
TRAMO	DISTANCIA (KM)	TIEMPO (HORAS)	TIPO DE VIA	VIA PRINCIPAL
1.- Ruta Puno - Mazocruz				
Puno - Desaguadero	147	2h. 15m.	Asfaltada	Puno - Ilave
Desaguadero – CP Santa Rosa	93	1h. 30m.	Trocha	Desaguadero - Mazocruz

Nota: Ubicación de la zona de estudio, IN SITU

3.2. EQUIPOS, MATERIALES E INSTRUMENTOS UTILIZADOS

3.2.1. Materiales

- **Materiales de construcción**

Para trabajos de campo se utilizó bolsas de cemento, yeso, pintura esmalte de color rojo y blanco, varillas de acero y herramientas manuales.



- **Materiales de escritorio**

Hojas bond A4, libretas de campo, fichas de aforo vehicular, pulmones y lápices de colores.

3.2.2. Equipos

Equipos geodésicos GPS trimble R8 Base y Rover (Para colocación de puntos geodésicos orden “C”), equipo fotogramétrico VANT (Pantom4rkt), computadora portátil Asus Gamer Core i7 (máquina para el procesamiento de datos de VANT), impresora multifuncional, cámaras de celular móvil, flexómetro de 8.00 metros.

3.2.3. Software

Trimble Bussnes (para procesamiento de datos geodésicos), Agisoft Metashape Professional, Global Mapper, Civil 3D 2021.

3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Nivel de investigación

Según Sampieri (2014) busca describir de manera detallada una variable, requiere de datos específicos y objetivos, además no se manipula la información.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente esta investigación es de nivel descriptivo ya que nos permitió describir los parámetros de diseño geométrico de la carretera Binacional Ilo – Desaguadero.

3.3.2. Tipo de investigación

La presente investigación que se elaboro fue de tipo básica. Según Carrasco (2006) indica que busca ampliar y profundizar el conocimiento existente acerca de la realidad.



3.3.3. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental - transversal. Conforme indica Vázquez (2019) implica que no requiere manipulación de datos de las variables de estudios, además los datos se recolectan en un determinado tiempo.

3.3.4. Enfoque de la investigación.

De acuerdo al alcance de la presente investigación, corresponde a un enfoque cuantitativo. Conforme Sampieri et al. (2014) señala que se utilizan datos numéricos y técnicas estadísticas para evaluar fenómenos de datos obtenidos en campo.

3.4. MÉTODO ESTADÍSTICO

En la presente investigación se ha utilizado estadística descriptiva, para visualizar el porcentaje de cumplimiento de parámetros geométricos, representando en barras de frecuencia.

3.4.1. Variable de estudio

- **Variable 1:** Vehículo aéreo no tripulado
- **Variable 2:** Diseño geométrico con normas internacionales

3.4.2. Población

Según López (2004) la población es un conjunto de personas u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación.



De acuerdo a lo citado anteriormente la presente investigación comprende aproximadamente 2800 kilómetros de carreteras asfaltadas en frontera del sur del Perú.

3.4.3. Muestra

Según Ventura – Leon (2017) la muestra es entendida como un subconjunto de la población conformado por unidades de análisis.

Por lo tanto, la muestra de la presente investigación es el tramo de la carretera Binacional Ilo - Desaguadero km 181+240 al km. 197+00.

3.5. DESARROLLO METODOLÓGICO

En el presente Items, se desarrolla el procedimiento del levantamiento de información de campo y el desarrollo de la evaluación de los parámetros técnicos de diseño geométrico de carreteras Ilo – Desaguadero en el tramo km. 181+2040 al km. 197+000.

3.5.1. Procedimiento de la investigación

El procedimiento de esta investigación inicia con definición del problema, estableciendo objetivos, luego se ha realizado la búsqueda de información, revisión literaria, diseño de investigación, población y muestra, luego instrumentos de recolección de datos, análisis de datos, discusión de resultados, conclusiones, y redacción del informe final para su presentación.

3.5.2. Recopilación de información existente

La recopilación de datos es de crucial importancia en el procedimiento de investigación, en donde se obtiene datos directamente del campo, previa a una

planificación, preparación y luego salir a recolectar datos. Es importante mencionar el monitoreo y control de calidad en obtención de datos. Es así como empezó el trabajo. de recolección de datos.

3.5.3. Recopilación de datos en campo

Etapa esencial que implica la inspección directa del área de la investigación, se ha realizado visita a campo en octubre del 2022, para identificar las características geográficas, sociales y ambientales.

3.5.4. Conteo tráfico vehicular

El estudio de tráfico es determinante en todo estudio de evaluación de carreteras, es así que la presente investigación ayuda a determinar la demanda actual y futura de la vía, utilizando la información obtenida de conteo de tráfico, según la norma DG-2018, la carretera se clasifica por demanda en función de esta información.

Figura 3

Libreta de estudio de tráfico

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR																				
TESIS VEHICULO NO TRASPASADO PARA LA EVALUACION DEL DISEÑO DE LA CARRETERA BINACIONAL ILO-DESAGUADERO KM 181 + 240 AL SECTOR 181 + 200 KM AL 197 + 000 KM Km 197 + 000 CON NORIAS INTERNACIONALES.																				
FECHA MAZOCRUZ 07 de Abril 2024																				
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETA		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			TOTAL		
DIARIA	VEN		PICKUP	SURAL Central		2E	3E	2E	3E	4E	2S12S2	2S3	3S12S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0 a.m	1 a.m																			2.00
1 hrs	2 hrs																			3.00
2 hrs	3 hrs																			11.00
3 hrs	4 hrs																			19.00
4 hrs	5 hrs																			25.00
5 hrs	6 hrs																			25.00
6 hrs	7 hrs																			20.00
7 hrs	8 hrs																			16.00
8 hrs	9 hrs																			19.00
9 hrs	10 hrs																			23.00
10 hrs	11 hrs																			18.00
11 hrs	12 hrs																			15.00
12 hrs	13 hrs																			6.00
13 hrs	14 hrs																			20.00
14 hrs	15 hrs																			21.00
15 hrs	16 hrs																			21.00
16 hrs	17 hrs																			18.00
17 hrs	18 hrs																			21.00
18 hrs	19 hrs																			18.00
19 hrs	20 hrs																			14.00
20 hrs	21 hrs																			10.00
21 hrs	22 hrs																			11.00
22 hrs	23 hrs																			11.00
23 hrs	24 hrs																			12.00
TOTAL		22	36	32	2	27	16	34	27	24	19	24	8	14	38	17	34	12		376.00

Nota: Imagen escaneada de la libreta de campo del conteo vehicular.

3.5.5. Establecimiento de puntos de control geodésico (PCG)

Se estableció el posicionamiento geodésico de cuatro puntos de control geodésico de orden “C”, por el método estático diferencial y post proceso, que consistió en el establecimiento simultaneo de los receptores GNSS (sistema satelital de Navegación Global), y enlazados a un punto de la red geodésico nacional (ERP) de código nacional PU02, ubicado en la universidad Peruana Unión – Juliaca, a fin lograr la traslación precisa de coordenadas y cotas, se usaron receptores GNSS Geodésicos Trimble R8-modelo 3.

Para el ajuste de georreferenciación se adquirieron los archivos Renix monitoreo continuo (REGPMOC) de la estación permanente, trabajando con el formulario de información de estación GNSS Juliaca de orden “0”, con código de identificación PU02, código internacional 42228M001.

Figura 4

Monumentación de punto de control geodésico (PCG)



Los receptores Trimble R8 modelo 3 utilizados, cuentan con la certificación de operatividad para cumplimiento de presente trabajo, anexo al final del presente informe.

Descripción de puntos de control geodésico (PCG)

PCG-01: Se ubica en el km 183+920, de la carretera Binacional del C.P. Santa Rosa, a 10.80m lado izquierdo, comunidad Rosario Sahacata, punto en concreto de 0.40m x 0.40m x 0.70m con placa de bronce en el centro.

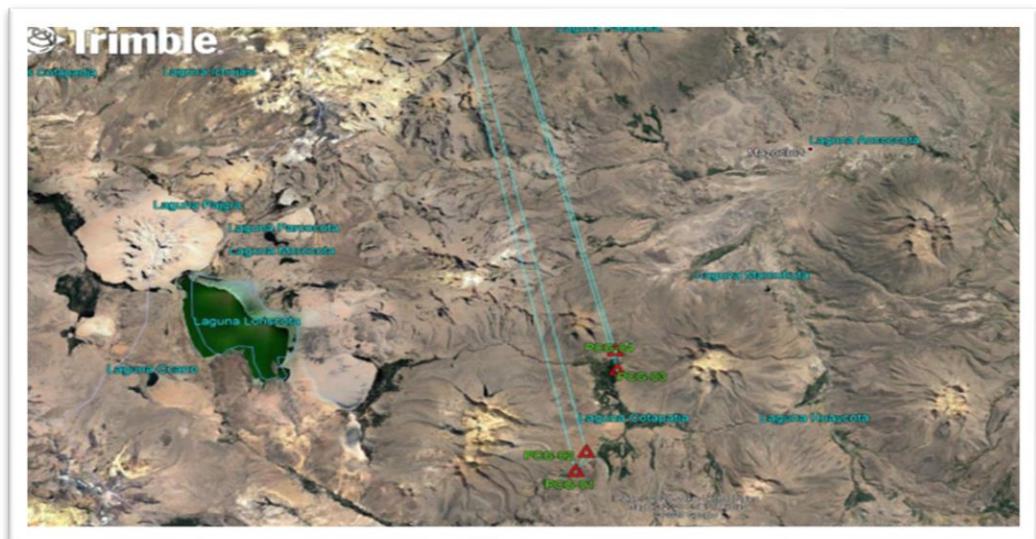
PCG-02: Se ubica en el km 185+720, de la carretera Binacional del C.P. Santa Rosa, a 20.0m lado izquierdo, comunidad Rosario Sahacata, punto en concreto de 0.40m x 0.40m x 0.70m con placa de bronce en el centro.

PCG-03: Se ubica en el km 193+540, de la carretera Binacional del C.P. Santa Rosa, a 11.50m lado izquierdo, comunidad Rosario Sahacata, punto en concreto de 0.40m x 0.40m x 0.70m con placa de bronce en el centro.

PCG-04: Se ubica en el km 195+300, de la carretera Binacional del C.P. Santa Rosa, a 5.50m lado izquierdo, comunidad Rosario Sahacata, punto en concreto de 0.40m x 0.40m x 0.70m con placa de bronce en el centro.

Figura 5

Puntos de control geodésico (PCG)



Nota: Imagen Propia

Monumentación e incrustación de puntos de control geodésico (PCG)

Se procedió a monumentar los monolitos usando concreto $F_c=175 \text{ kg/cm}^2$ en todos los casos, el procedimiento inicia con el encofrado con las dimensiones recomendadas por la norma $0.40\text{m} \times 0.40\text{m}$, seguido del vaciado de concreto de los puntos de control geodésico, luego se procede con la incrustación de la placa de bronce según la norma en los cuatro puntos.

Uso de puntos de control geodésico (PCG)

Los códigos internos PCG-01, PCG-02, PCG-03, PCG-04; referidos a red geocéntrica Nacional REGGEN. IGN (Instituto Geográfico Nacional):

Tabla 35

Códigos internos referidos a la red geocéntrica nacional

HITO O MONUMENTO	USO			OBSERVACIÓN
	PUNTO DE REFERENCIADO	PUNTO DE CONTROL HORIZONTAL	PUNTO DE CONTROL VERTICAL	
PCG-01	X	X	X	Se ubica en el km 183+920, de la carretera Binacional del C.P. Santa Rosa, a 10.80m lado izquierdo, comunidad Rosario Sahacata, punto en concreto de $0.40\text{m} \times 0.40\text{m} \times 0.70\text{m}$ con placa de bronce en el centro
PCG-02	X	X	X	Se ubica en el km 185+720, de la carretera Binacional del C.P. Santa Rosa, a 20.0m lado izquierdo, comunidad Rosario Sahacata, punto en concreto de $0.40\text{m} \times 0.40\text{m} \times 0.70\text{m}$ con placa de bronce en el centro.
PCG-03	X	X	X	Se ubica en el km 193+540, de la carretera Binacional del C.P. Santa Rosa, a 11.50m lado izquierdo, comunidad Rosario Sahacata, punto en concreto de $0.40\text{m} \times 0.40\text{m} \times 0.70\text{m}$ con placa de bronce en el centro.
PCG-04	X	X	X	Se ubica en el km 195+300, de la carretera Binacional del C.P. Santa Rosa, a 5.50m lado izquierdo, comunidad Rosario Sahacata, punto en concreto de $0.40\text{m} \times 0.40\text{m} \times 0.70\text{m}$ con placa de bronce en el centro.

Nota: elaboración propia del tesista



Una vez monumentados los monolitos en campo e incrustado en ellas las placas de bronce, se procedió a estacionar sobre ellas los receptores GNSS (Global Navigation Satellite System) TRIMBLE R8 modelo 3 tal como se apreciaron en las imágenes; para proceder a la traslación de coordenadas se usaron 02 receptores GNSS.

Precisión:

Tiempo real RTK:

H: $\pm 8 \text{ mm} + 0.5 \text{ ppm}$ (x longitud de línea base)

V: $\pm 15 \text{ mm} + 0.5 \text{ ppm}$ (x longitud de línea base)

Post Proceso Estático/Estática Rápida:

H: $\pm 3 \text{ mm} + 0.5 \text{ ppm}$ (x longitud de línea base)

V: $\pm 5 \text{ mm} + 0.5 \text{ ppm}$ (x longitud de línea base)

Parámetros Utilizados

Tiempo continuo de lectura por punto de 1 – 3 horas.

- 05 segundos de intervalo de toma de data.

- 10° de elevación de mascara.

- PDOP menor a 3.0.

El método empleado para la toma de datos en cada ocupación es el estático diferencial (Fast Static) a post proceso.

Se compró y obtuvo la Ficha técnica de la ERP “PU02” (Juliaca), así mismo se obtuvieron la data RINEX de la ERP “PU02” (Juliaca) de ese modo se garantiza su referencia a la Red Geocéntrica Nacional (REGGEN), siguiendo la siguiente secuencia de traslado.



Del Punto Base ERP PU02 (Juliaca) – PCG-01

Del Punto Base ERP PU02 (Juliaca) – PCG-02

Del Punto Base ERP PU02 (Juliaca) – PCG-03

Del Punto Base ERP PU02 (Juliaca) – PCG-04

Procesamiento de datos

Dónde: PCG-01, PCG-02, PCG-03, PCG-04 son resultados de las líneas base: Una vez concluidas las sesiones de las tomas de data con el receptor GNSS, la información fue procesada empleando el software especializado Trimble Business Center 5.32 con número de registro y licencia autorizada respectivamente, para generar las soluciones GNSS, se tomó como punto base las coordenadas del punto PU02 Juliaca, y en función a ello se obtuvieron las soluciones de los puntos PCG-01, PCG-02, PCG-03, PCG-04

Para la obtención de coordenadas UTM de todos los puntos de control horizontal se empleó el receptor GNSS (Trimble R8 modelo 3), usando para el cálculo el software especializado que lleva un módulo de compensación por mínimos cuadrados (método que permite obtener los valores de máxima probabilidad para las coordenadas de los puntos) y permiten obtener precisiones de coordenadas en planimetría en el orden de $\pm 5 \text{ mm} + 0.5 \text{ ppm}$. Además, se obtuvo de este software los reportes extraídos con los correspondientes factores de escala (mismos que se indican en las fichas correspondientes).

Figura 6

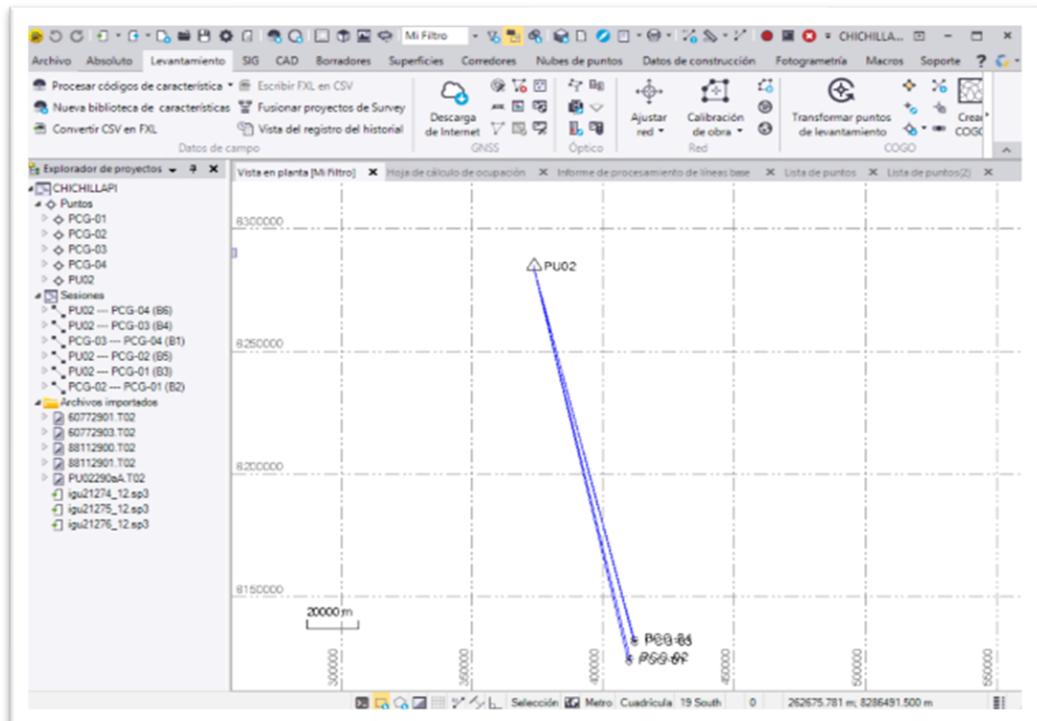
Procesamiento de línea base

Informe de procesamiento de líneas base									
Procesando resumen									
Observación	De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Acl. geod.	Dist. elip (Metro)	ΔAltura (Metro)	
PCG-02 --- PCG-01 (B2)	PCG-02	PCG-01	Fija	0.007	0.015	202°07'08"	1553.053	27.565	
PCG-03 --- PCG-04 (B1)	PCG-03	PCG-04	Fija	0.002	0.010	355°20'57"	1493.532	16.126	
PU02 --- PCG-01 (B3)	PU02	PCG-01	Fija	0.023	0.098	167°37'55"	164917.138	499.557	
PU02 --- PCG-02 (B5)	PU02	PCG-02	Fija	0.015	0.049	167°19'24"	163640.838	472.038	
PU02 --- PCG-03 (B4)	PU02	PCG-03	Fija	0.014	0.077	166°12'58"	158028.083	406.592	
PU02 --- PCG-04 (B6)	PU02	PCG-04	Fija	0.016	0.066	166°07'43"	156554.089	422.748	

Nota: Imagen Propia

Figura 7

Procesamiento de línea base PU02, PCG-01, PCG-02, PCG-03, PCG-04

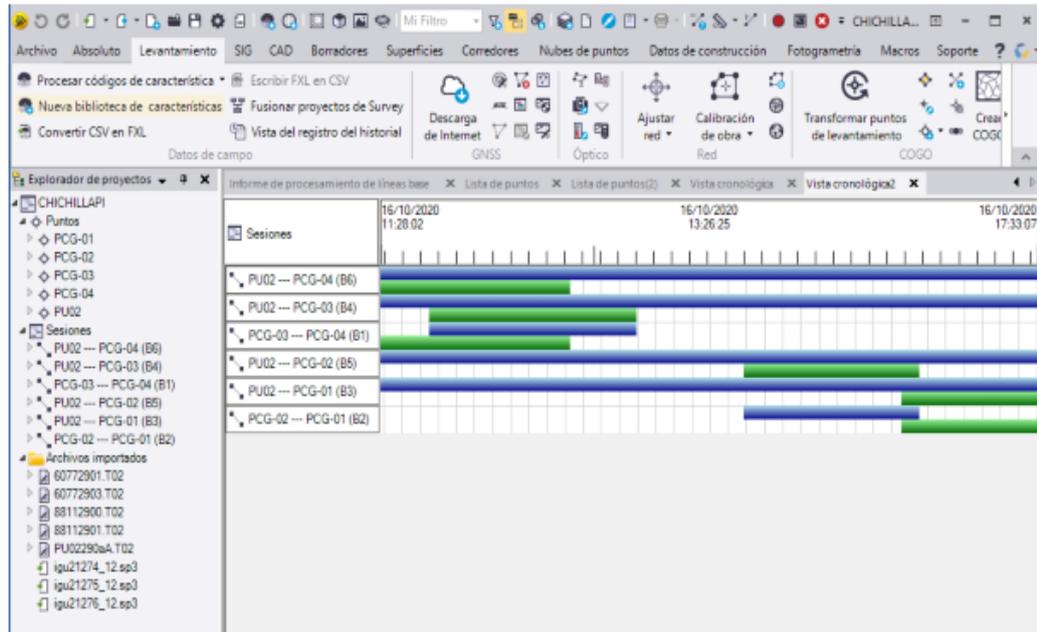


Nota: Imagen Propia

Figura 8

Cronología de línea base, ajuste de red por el software de procesamiento

Trimble Business 5.32



Nota: Fuente Trimble Business center 5.32

3.5.6. Colocación de puntos de control fotogramétrico (GCP)

Se ha realizado la colocación de Ground Control Points (GCP) en el tramo definido de la vía. La distribución de estos puntos de control se ha hecho de manera uniforme y estratégica, colocándolos aproximadamente cada 500 metros a lo largo del trayecto de la muestra en la vía. Se ha asegurado que los GCP sean capturados en al menos cinco imágenes durante el vuelo fotogramétrico. Los puntos están materializados de concreto simple con varillas de acero de media pulgada de diámetro, pintados de color rojo y blanco, lleva marca de una cruz con yeso, en donde la intersección de punto es lecturado sus valores XYZ, además los puntos están situados a 5 metros del costado de la vía

Post Processed Kinematics (PPK)

Los puntos conocidos como GCP, es realizado las mediciones con receptores del equipo GNSS (Trimble R8 modelo 3), que simultáneamente rastrean varios satélites comunes, uno de los receptores (base), recibe datos desde una posición conocida (PCG-01), y el otro receptor (Rover), se sitúa en los puntos de control fotogramétrico (GCP), lecturando las coordenadas que se necesita conocer, las diferencias de mediciones de fase de las señales satelitales minimizan los errores, es así obtenido resultados o estimaciones de presiones óptimas, llegando a obtener una precisión de pocos milímetros de error, la información leída en cada punto (GCP), es almacenada en la memoria interna de los receptores (Rover), y es ajustada usando correcciones provenientes de una base de referencia (PCG-01). El posicionamiento PPK, que es más fiable en precisión de todos los levantamientos.

Figura 9

Preparación de puntos de control





Tabla 36

Relación de puntos de control fotogramétrico (GCP)

PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS ESTE (m)	COORDENADAS NORTE (m)	COTA m.s.n.m.
GCP01	395483.8071	8145072.5100	4648.190
GCP02	396052.5794	8145134.5971	4633.674
GCP03	396578.2692	8145583.0961	4596.217
GCP04	396662.2481	8145854.0423	4585.523
GCP05	397212.9722	8145913.4791	4559.875
GCP06	398130.1293	8145551.1902	4498.561
GCP07	398521.1792	8145854.8172	4480.938
GCP08	399338.9161	8146103.8522	4439.619
GCP09	399603.2241	8146343.5183	4425.594
GCP10	399881.3901	8146791.1881	4407.326
GCP11	400252.9100	8147109.4944	4387.093
GCP12	400483.8962	8147234.3631	4379.551
GCP13	400912.5531	8147164.6543	4363.983
GCP14	401278.3421	8147082.8131	4347.595
GCP15	401461.1403	8146842.4774	4343.714
GCP16	401860.2834	8146853.9702	4330.183
GCP17	402263.9700	8146901.5701	4319.173
GCP18	402651.5391	8146672.7121	4309.087
GCP19	402404.0001	8146846.5894	4318.640
GCP20	402923.5993	8146630.0663	4299.345
GCP21	403130.7872	8146540.5142	4294.100
GCP22	403401.7433	8146435.5791	4289.539
GCP23	403670.1071	8146371.7754	4282.033
GCP24	403820.7881	8146458.4312	4278.382
GCP25	404188.1621	8146360.8076	4267.508
GCP26	404485.5733	8146263.0117	4257.100
GCP27	404719.2654	8146402.1155	4248.780
GCP28	404981.7344	8146518.3471	4247.760
GCP29	405368.4435	8146727.8855	4271.753
GCP30	405910.5106	8146522.0491	4268.539
GCP31	406038.5132	8146207.9343	4250.226
GCP32	406297.4373	8145956.0090	4226.879
GCP33	406589.6263	8146035.9033	4223.568
GCP34	407109.3771	8146214.8355	4201.427
GCP35	407592.5470	8146268.4192	4176.759
GCP36	407973.6990	8146335.9641	4157.597
GCP37	408244.7725	8146454.6432	4148.336
PCG-01	397510.6053	8145990.5654	4543.321
PCG-02	398941.7915	8146052.6512	4457.799
PCG-03	405630.8513	8146809.6118	4279.120
PCG-04	406922.7411	8146030.3908	4215.067

Nota: elaboración propia del autor

3.5.7. Levantamiento topográfico a través de fotogrametría

Levantamiento topográfico se ha realizado mediante fotogrametría utilizando equipo vehículo aéreo no tripulado (VANT), basada en la medición sobre imágenes digitales para conseguir geometrías radiométricas y simétrica de área del proyecto.

Características del Equipo

Se empleo equipo Phantom 4rtk + Mobile station Rtk, con precisión de 2cm+1ppm RTK en posicionamiento horizontal, y 1.5 cm + 1ppm rtk precisión de posicionamiento vertical, en general de 5cm precisión absoluta de los modelos fotogramétrico (al volar a 100 m. de altura de vuelo cm de GSD, día soleado). El equipo cuneta con su certificado de operatividad anexada al final del presente informe.

GSD

Para determinar alta precisión y detalle, la configuración es, un GSD, menor indica mayor resolución, en el presente trabajo se calcula el siguiente:

Datos:

Altura de vuelo :100.00 metros

Sensor DJI Phantom 4rtk : 2.4 micron

Longitud focal de DJI Phantom 4rtk : 35.00 milimetro

$GSD = (100,000.00 \times 0.0024) / 35.00 = 6.857 \text{ mm/pixel}$

Velocidad : 35km /h

Recubrimiento en porcentaje (%) de acuerdo con tipo de terreno:

Para terrenos ondulado longitudinal 70, y trasversal 65.

Angulo de cámara : -90 grados (naridal)

Plan de vuelo

Para realizar un vuelo automatizado, se ha planificado, configurado y calibrado los parámetros de vuelo, a través de la aplicación Smart Controller de DJI.

Figura 10

Plan de vuelo del vehículo aéreo no tripulado del vehículo aéreo no tripulado

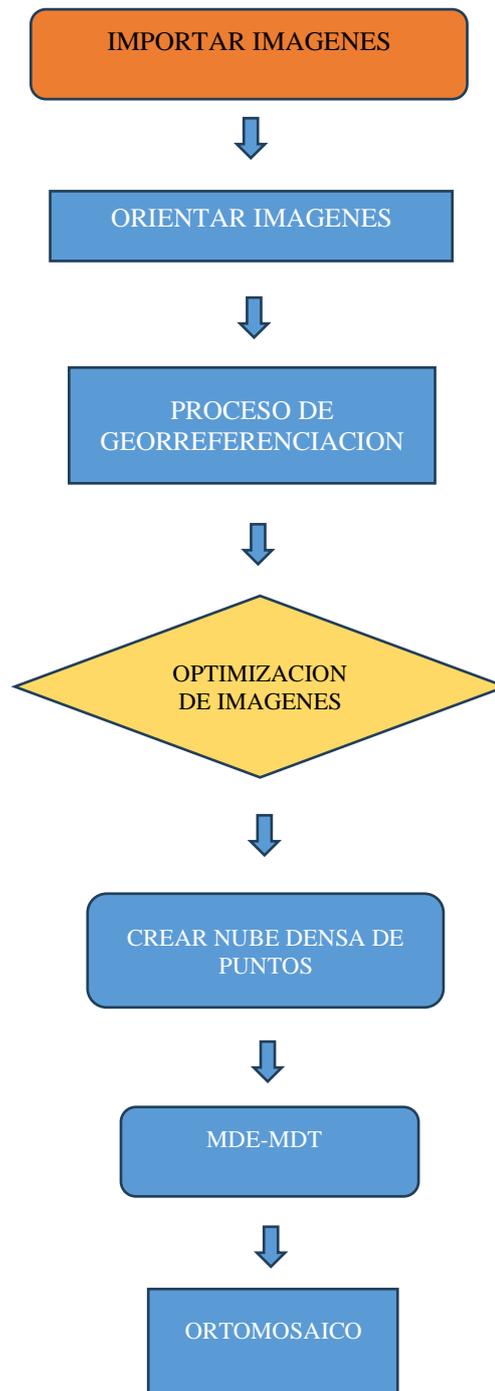


Finalizado el levantamiento fotogramétrico, se ha obtenido 1358 cámaras, total área cubierta 0.0667 km².

Procesamiento de datos

Posterior a los trabajos realizados en campo, la información obtenida es sometida a procesos de escalado, corrección, georreferenciación, utilizando software Agisoft Metashape, de este modo se obtiene nube de puntos, modelo digital de terreno y el orto mosaico, lo cuales son la presentación fiel de la realidad topográfica existente de área topográfica de presente investigación, finalmente lo obtenido es exportado en formato dwg, ecw, para la evaluación de parámetros de la vía.

Flujo de Trabajo

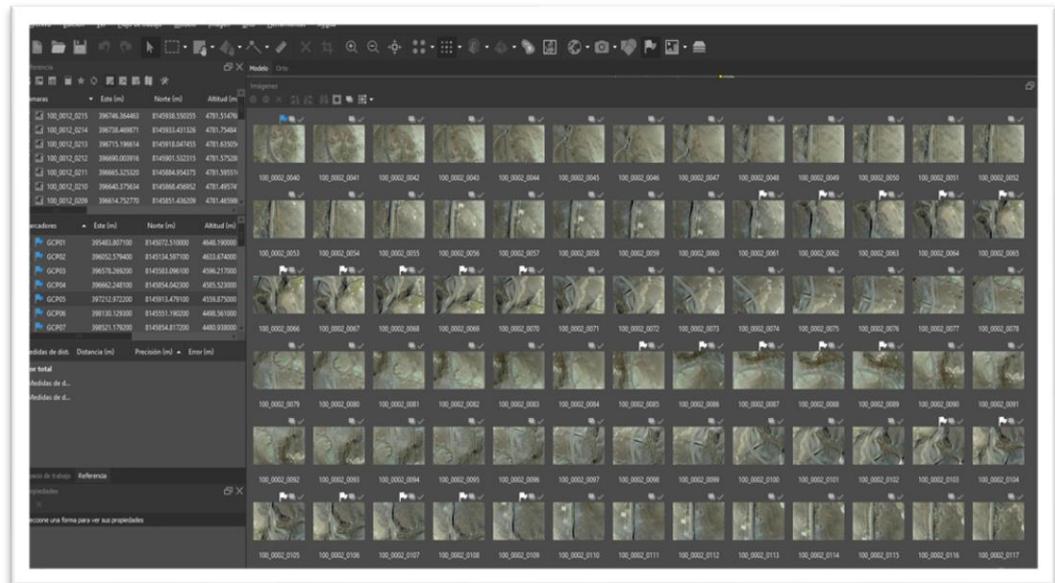


Importación de Imágenes

El primer paso es importar nuestras imágenes a espacio de trabajo en software Agisoft Metashape Pro, luego será calibrado las fotografías.

Figura 11

Descarga de ortofotos del vehículo aéreo no tripulado



Nota: Imagen Propia

Orientación de imágenes

El procedimiento de orientar imágenes consiste en realizarlo una geolocalización de imágenes, el programa realiza de acuerdo con planeación de vuelo.

Insertión de puntos de control fotogramétrico (GCP)

Consiste en cargar las coordenadas conocidas de puntos de control que se obtuvieron en campo, estos puntos serán ubicados y marcas por mínimo en cinco fotografías aéreas, para su mayor precisión de calidad

Nube densa de puntos

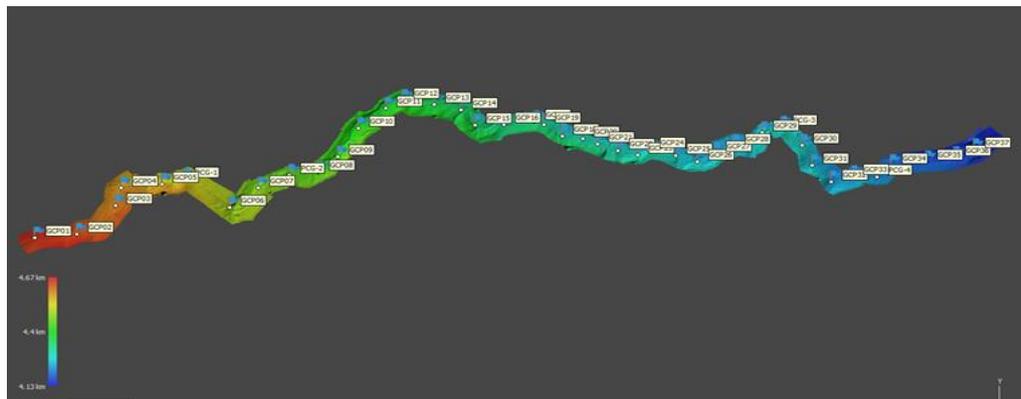
Siendo georreferenciado y optimizado las imágenes el siguiente paso es realizar la nube densa de puntos, estos puntos representan la superficie de área escaneada.

Modelo digital de elevaciones

Creación de modelo digital de elevaciones es luego de terminar el procesamiento de nube densa de puntos, utilizando interpolación como TIN (Triangulated Irregular Network),

Figura 12

Modelo digital de elevación



Creación de Ortomosaico

El ortomosaico es un producto final de fotogrametría georreferenciado, en los cuales se puede realizar medidas reales con precisiones optimas de objetos cualquiera, este producto final se exporta en otros formatos, ya sea en Ecw, Tiff, Kmz, ect.

Figura 13

Orto mosaicos del tramo en evaluación



3.5.8. Trabajos de gabinete

Los procedimientos y análisis de los datos de campo, realizamos con ayuda de software de civil 3d 2021, Excel, Global Mapper, entre otros.

Organizado los datos, creando planos de planta, perfil y secciones, así mismo se ha preparado plantillas en hoja excel para su respectivo análisis de diseño geométrico de la vía.

Figura 14

Evaluación de sobreancho de calzada

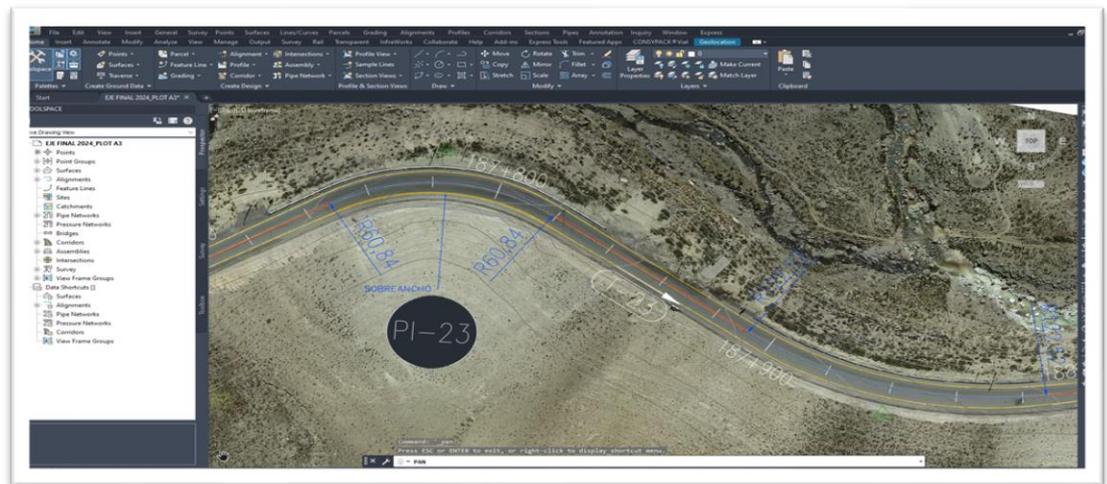
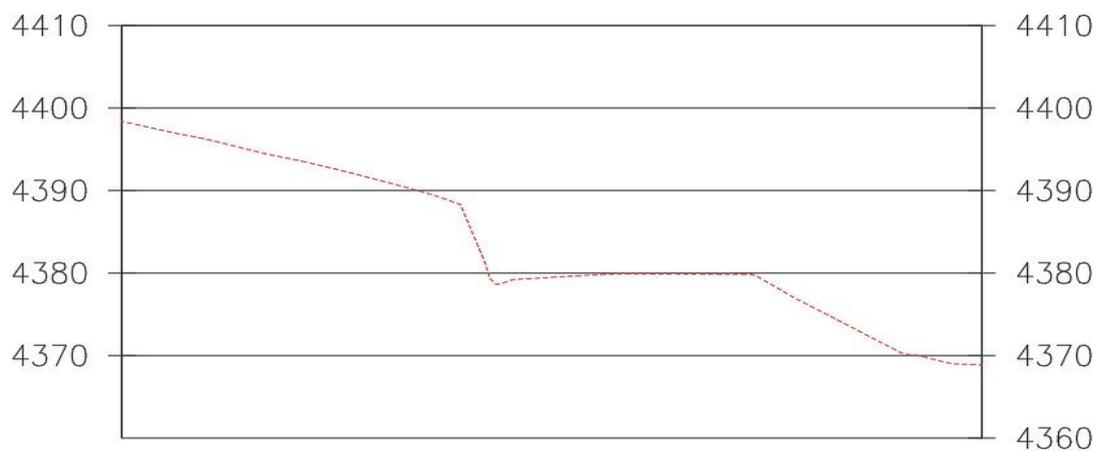


Figura 15

Evaluación de sección





CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Datos topográficos

La carretera Ilo – Desaguadero se encuentra en la localidad del Centro Poblado de Santa rosa - Mazocruz, Distrito de Santa Rosa, Provincia El Collao, Departamento de Puno a una cota inicial de 4650.8159 m.s.n.m. y una cota final de 4137.9581 m.s.n.m. Para el levantamiento de información física a partir de ortofotos se utilizó un vehículo aéreo no tripulado Phantom 4RTK, en el mes de noviembre del 2023. Para la obtención de una nube de puntos el cual nos ayuda a plantear el seccionamiento cada 100.00m. en tramos de línea recta, en los tramos de curvas será cada 10.00m. en cambio de pendiente de secciones el ancho de la sección transversal es de 25.00m., además se establecieron cuatros puntos de control geodésico a lo largo del tramo en evaluación.

4.1.2. Diseño geométrico

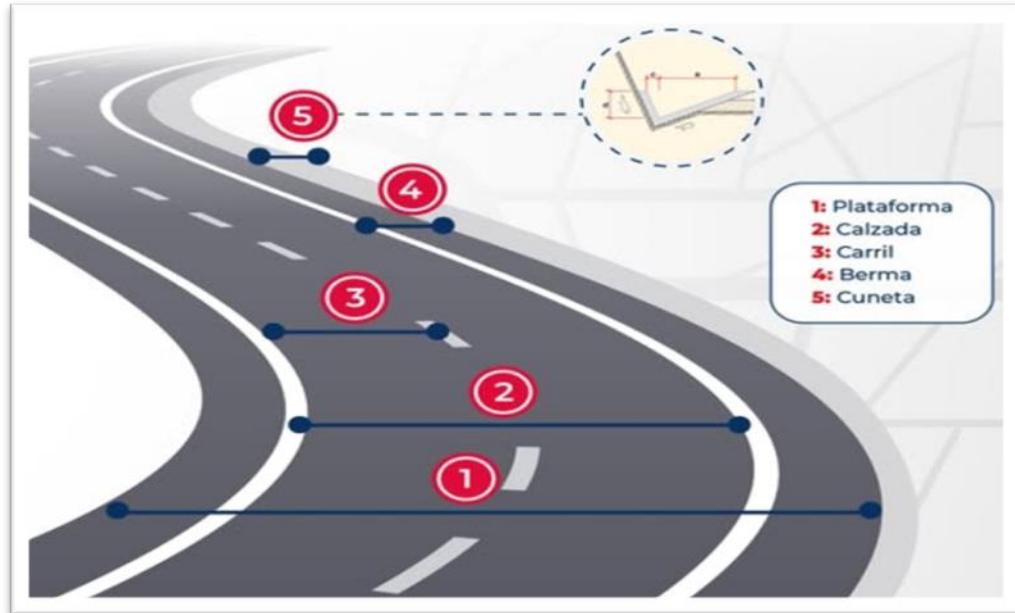
En el presente ítem se presenta los criterios, factores y elementos que se adoptaron para realizar los estudios preliminares para la definición del diseño geométrico que se adoptó para la carretera Ilo – Desaguadero.

Asimismo, con la superficie obtenido y las ortofotos se procedió a digitalizar el diseño geométrico del tramo en estudio, entre los cuales tenemos el ancho de calzada, ancho de plataforma, ancho de berma, pendiente del bombeo, pendiente del peralte, sobre ancho de curvas y también se evaluó la pendiente del terreno natural para saber el tipo de terreno para determinar la clasificación por

oroografía también se hizo un estudio de aforo vehicular para la clasificación de la carretera según su clasificación por demanda, los cuales serán demostrados en los siguientes ítems.

Figura 16

Partes de una carretera



4.1.3. Clasificación de la vía

En la clasificación de la vía se usaron los datos de uso vehicular de la vía los cuales fueron tomados en el tránsito de ambas direcciones en un total de 24 horas por día.

Figura 17

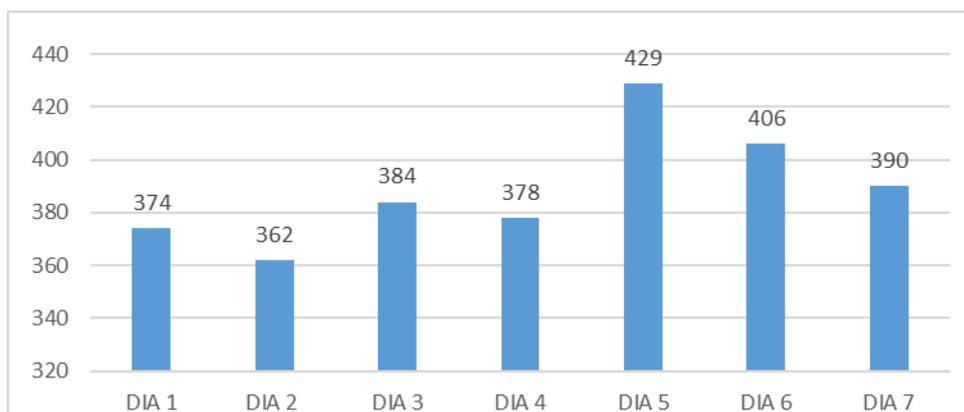
Resumen de conteo vehicular por siete días

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR															
PROYECTO		VEHICULO AEREO NO TRIPULADO PARA LA EVALUACION DEL DISENO GEOMETRICO DE LA CARRETERA BINACIONAL ILO - DESAGUADERO KM 181+240 AL KM 197+00 CON NORMAS INTERNACIONALES													
ESTACION		MAZOCRUZ													
FECHA		01 al 07 de abril del 2024													
HORA	DIA	MOTOS			AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAVIER	TOTAL
		MOTO	MOTOTAXI	MOTOCARGA		PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S3	
DIAGRA. VEH															
	Lunes	-	-	-	41	19	15	-	4	17	27	31	25	30	374
	Martes	-	-	-	23	18	32	-	24	14	27	32	27	27	362
	Miércoles	-	-	-	28	26	33	-	3	13	24	30	25	21	384
	Jueves	-	-	-	37	20	15	2	3	16	27	40	23	25	378
	Viernes	-	-	-	44	26	34	-	15	17	27	36	25	32	427
	Sábado	-	-	-	32	24	38	1	3	26	29	31	32	26	407
	Domingo	-	-	-	22	36	32	2	27	16	39	27	24	29	396
TOTAL	TOTAL	-	-	-	227	169	199	5	79	119	200	227	181	190	2,728

Nota: Imagen propia del autor.

Figura 18

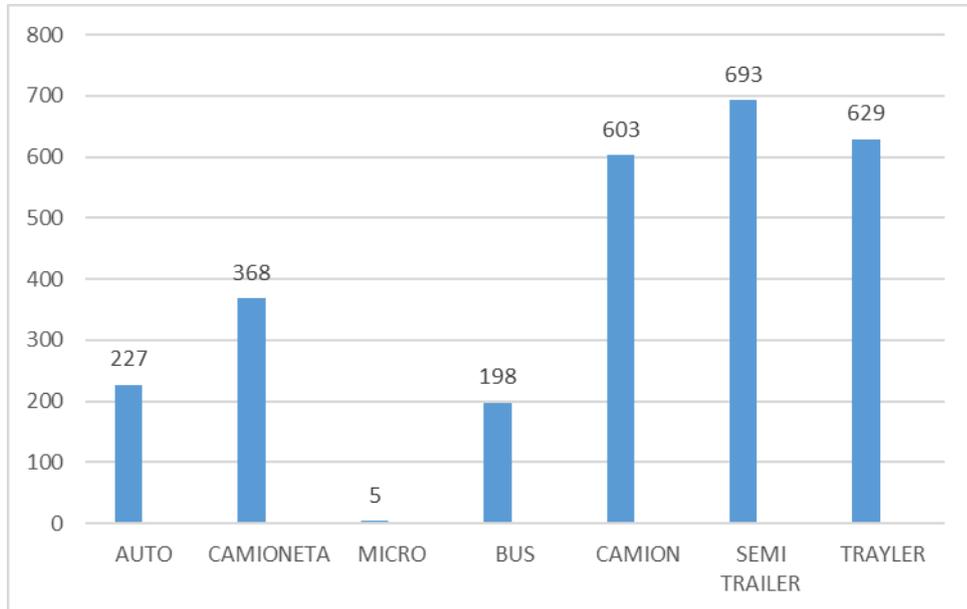
Resumen diario de aforo vehicular de los días 01 al 07 de abril del 2024



Nota: Imagen propia del autor.

Figura 19

Resumen semanal de aforo vehicular por tipo de vehículo, de los días 01 al 07 de abril del 2024



Nota: Imagen propia del autor.

Para la estimación del índice medio diario (IMD), se empleará la siguiente fórmula:

$$IMD = \frac{(5)VDL + VS + VD}{7} \cdot FC$$

Donde:

- VDL = Promedio de volumen de tránsito de días laborables
- VS = Volumen de tránsito día sábado
- VD = Volumen de tránsito día domingo
- F:C = Factor de corrección

Del análisis de aforo realizado se tiene:

- VDL = 305



- $VS = 256$
- $VD = 279.5$
- $F:C = 1.00$

Aplicando la formula se tiene:

- $IMD = 295 \text{ Veh/día}$

Para la estimación del índice medio diario (IMD) – vehículos ligeros se empleará la siguiente formula

$$IMD = \frac{(5)VDL + VS + VD}{7} \cdot FC$$

Donde:

- VDL = Promedio de volumen de tránsito de días laborables
- VS = Volumen de tránsito día sábado
- VD = Volumen de tránsito día domingo
- $F:C$ = Factor de corrección

Del análisis de aforo realizado se tiene:

- $VDL = 216$
- $VS = 185$
- $VD = 183$
- $F:C = 1.00$

Aplicando la formula se tiene:

- $IMD = 21 \text{ Veh/día}$



Para la estimación del índice medio diario (IMD) – vehículos pesados se aplicará la siguiente formula.

$$IMD = \frac{(5)VDL + VS + VD}{7} \cdot FC$$

Donde:

- VDL = Promedio de volumen de tránsito de días laborables
- VS = Volumen de tránsito día sábado
- VD = Volumen de tránsito día domingo
- $F:C$ = Factor de corrección

Del análisis de aforo realizado se tiene:

- VDL = 215
- VS = 181
- VD = 207
- $F:C$ = 1.00

Aplicando la formula se tiene:

- $IMD = 209$ Veh/día

4.1.1. Clasificación por demanda

De acuerdo a la evaluación del aforo vehicular se pudo determinar la cantidad de vehículos que transitaron por la carretera Binacional Ilo – Desaguadero en el tramo 181+242 al 197+000, en la fecha 01 al 07 de abril del 2024 durante las 24 horas del día obteniendo un IMD de 389 vehículos, de siete días de aforo vehicular el cual con esta información podremos identificar el tipo



de carretera según las tres normas evaluadas, las cuales se presentan a continuación:

Según la norma DG - (2018) del Perú conforme a la tabla 1 “clasificación de carreteras del Perú”, se puede identificar que teniendo un IMD menor a 400 vehículos por día el tipo de carretera es una carretera de TERCERA CLASE con calzada de dos carriles, rodadura pavimentada y su condición geométrica es de segunda clase.

De manera similar la norma ABC (2008) de Bolivia, podemos identificar que según la velocidad de diseño existente tal como se muestra en la figura 23, este indica que la carretera en evaluación en el tramo 181+240 al 197+000 tiene una velocidad de diseño igual a 60km/h.

Por lo cual según la tabla 2 “clasificación de carreteras y caminos rurales según ABC Boliviana” nos indica que la carretera tiene una categoría de COLECTOR, LOCAL Y DE DESARROLLO, de una calzada con dos carriles por su velocidad de diseño de 60km/h.

Finalmente, según el MOP (2022) de Chile podemos identificar que según la velocidad de diseño existente tal como se muestra en la figura 23, este indica que la carretera en evaluación en el tramo 181+240 al 197+000 tiene una velocidad de diseño igual a 60km/h.

Por lo cual según la tabla 3 “clasificación de carreteras y caminos rurales según el MOP de Chile” nos indica que la carretera tiene una categoría de COLECTOR, LOCAL Y DE DESARROLLO, de una calzada con dos carriles y por su velocidad de diseño de 60km/h.

4.1.2. Clasificación por orografía

Según la clasificación orográfica de diseño geométrico se determina que el terreno tiene inclinaciones transversales que varían entre 24% en el margen izquierdo de la vía y 34% en el margen derecho, por lo que según la norma DG-2018 corresponde clasificarlo como TERRENO ONDULADO porque la pendiente transversal al eje de la vía es superior del 11% al 50% y de acuerdo al manual de carreteras MOP de Chile se clasifica en TERRENO ONDULADO, porque sus pendientes de entrada y salida pueden fluctuar entre 3% a 7% según la categoría de la ruta. Finalmente, según la ABC Boliviana de carreteras, la carretera en evaluación se clasifica en TERRENO ONDULADO, porque sus pendientes de entrada y salida pueden fluctuar entre 3% a 6%, según la categoría de ruta.

Tabla 37

Pendientes transversales para clasificación de tipo orografía

% Izquierda	Progresiva	% Derecha
11%	181+240	17%
11%	181+300	19%
6%	181+400	15%
3%	181+500	5%
6%	181+600	-2%
14%	181+700	-11%
5%	181+800	-10%
-12%	181+900	19%
-21%	182+000	22%
-19%	182+100	21%
-13%	182+200	12%
-9%	182+300	10%
-10%	182+400	6%
1%	182+500	9%
-9%	182+600	23%
-21%	182+700	14%
-9%	182+800	-14%
-8%	182+900	-11%
-31%	183+000	-19%
-20%	183+100	-21%
-25%	183+200	-23%
-28%	183+300	-19%



% Izquierda	Progresiva	% Derecha
-23%	183+400	-26%
-29%	183+500	-33%
-53%	183+600	-18%
-36%	183+700	-30%
-26%	183+800	-28%
-53%	183+900	-16%
-20%	184+000	-21%
-16%	184+100	-14%
-13%	184+200	-12%
-5%	184+300	-11%
-20%	184+400	-6%
-1%	184+500	-6%
-4%	184+600	4%
-13%	184+700	-7%
-2%	184+800	-26%
-18%	184+900	-3%
7%	185+000	-10%
-10%	185+100	-10%
-31%	185+200	-20%
-25%	185+300	-14%
-27%	185+400	-2%
-1%	185+500	-11%
0%	185+600	3%
-21%	185+700	-21%
-12%	185+800	-20%
-10%	185+900	-13%
-9%	186+000	-11%
-17%	186+100	-14%
-11%	186+200	-21%
-15%	186+300	-31%
-16%	186+400	-36%
-42%	186+500	-39%
-22%	186+600	-50%
-29%	186+700	-42%
-20%	186+800	-34%
-40%	186+900	-29%
-16%	187+000	-24%
-4%	187+100	-31%
-26%	187+200	-20%
-17%	187+300	-20%
-4%	187+400	-21%
-18%	187+500	-29%
-5%	187+600	-30%
-16%	187+700	-29%
-38%	187+800	-31%
-20%	187+900	-38%
16%	188+000	-26%
-11%	188+100	-12%
-12%	188+200	-13%



% Izquierda	Progresiva	% Derecha
-8%	188+300	-22%
-6%	188+400	-15%
-4%	188+500	-21%
8%	188+600	-5%
-14%	188+700	-22%
10%	188+800	-73%
-16%	188+900	-31%
17%	189+000	-6%
25%	189+100	-27%
-5%	189+200	-30%
-7%	189+300	3%
2%	189+400	-2%
0%	189+500	-10%
-5%	189+600	-11%
-7%	189+700	-18%
-9%	189+800	-22%
-11%	189+900	-32%
-34%	190+000	-29%
-17%	190+100	-34%
-26%	190+200	-49%
-14%	190+300	-37%
-11%	190+400	-38%
-21%	190+500	-24%
-10%	190+600	-36%
-7%	190+700	-47%
-7%	190+800	-42%
-19%	190+900	-8%
-17%	191+000	-13%
-14%	191+100	-28%
-14%	191+200	-48%
-18%	191+300	-35%
-7%	191+400	-30%
-22%	191+500	-8%
-22%	191+600	-24%
-25%	191+700	-24%
-20%	191+800	-30%
-11%	191+900	-22%
-6%	192+000	-9%
-5%	192+100	-26%
-11%	192+200	-21%
-10%	192+300	-6%
-8%	192+400	-23%
-2%	192+500	-45%
0%	192+600	-28%
-7%	192+700	-6%
-7%	192+800	-8%
-10%	192+900	-6%
-6%	193+000	-12%
-20%	193+100	-17%



% Izquierda	Progresiva	% Derecha
-19%	193+200	-41%
-8%	193+300	-50%
5%	193+400	5%
-7%	193+500	-6%
-15%	193+600	-15%
-18%	193+700	-2%
-17%	193+800	-9%
-21%	193+900	-10%
-16%	194+000	-7%
-20%	194+100	-27%
-17%	194+200	-14%
-15%	194+300	-22%
-20%	194+400	-20%
-21%	194+500	-28%
-13%	194+600	-23%
-5%	194+700	-8%
-6%	194+800	-17%
-6%	194+900	-8%
-5%	195+000	-9%
-4%	195+100	-7%
5%	195+200	-13%
-8%	195+300	-8%
0%	195+400	-9%
-6%	195+500	-14%
-8%	195+600	-19%
-14%	195+700	-18%
-17%	195+800	-17%
-20%	195+900	-20%
-22%	196+000	-12%
-19%	196+100	-18%
-31%	196+200	-37%
-30%	196+300	-32%
-11%	196+400	-26%
-19%	196+500	3%
-25%	196+600	-18%
-7%	196+700	3%
-13%	196+800	-18%
47%	196+900	-2%
14%	197+000	17%

Nota: Elaboración propia del autor

La pendiente máxima es de 50%, pendiente promedio mínima es de 3%,
punto más crítico o más alto es de 50%.

Según la norma DG – 2018 se toma el relieve más crítico para un diseño geométrico ya que son los puntos donde existirían mayor incidencia de accidentes de tránsito.

4.1.3. Vehículo de diseño

El diseño geométrico de la carretera se evaluó de acuerdo a los tipos de vehículos que transitan en la carretera, dimensiones, peso y demás características contenidas en el reglamento nacional de vehículos. El criterio utilizado para la elección del vehículo se hizo de acuerdo al aforo de vehículos que transitan en la carretera en estudio.

- Según norma DG – (2018) del Perú. En la figura 22, para dimensionamiento geométrico nos muestra que el vehículo más crítico es los vehículos de tipo C2 y los vehículos de mayor dimensión “TRAYLER y los SEMI TRAYLER” de seis a siete ejes.
- Según el ABC (2008) en vehículo de diseño se ubica en VEHICULO ARTICULADO VA1, quien cubre los diseños mínimos para el tracto camión con semi remolque corriente. Que está representado por valores intermedios de los vehículos AASHTO WB-15 (L=16.7m) y WB-19 (L=21.0m), que dan cabida al semirremolque corriente de 18.6m, el más comúnmente usado. El vehículo VA1 debe ser elegido como vehículo tipo en aquellos cruces donde circulen o se prevea la presencia de tractocamiones con semirremolque corriente, que utilicen habitualmente y en número significativo los ramales de giro.
- Según el MOP de Chile (2022) en vehículo de diseño se ubica en VEHICULO ARTICULADO VA1, quien cubre los diseños mínimos para

el tracto camión con semi remolque corriente. Que está representado por valores intermedios de los vehículos AASHTO WB-15 (L=16.7m) y WB-19 (L=21.0m), que dan cabida al semirremolque corriente de 18.6m, el más comúnmente usado. El vehículo VA1 debe ser elegido como vehículo tipo en aquellos cruces donde circulen o se prevea la presencia de tractocamiones con semirremolque corriente, que utilicen habitualmente y en número significativo los ramales de giro.

4.1.4. Velocidad de diseño (Vd)

La velocidad de diseño está establecida en el kilómetro 190+420 de la carretera binacional Ilo – Desaguadero, con velocidad de diseño de 60km/h tal como se muestra en la figura 16, para la cual se respeta la velocidad de diseño para la evaluación de la carretera.

Figura 20

Velocidad de diseño en la progresiva km. 190+345



Nota: imagen propia del autor

4.1.5. Radio mínimo

Para la evaluación del radio mínimo se tuvo que vectorizar en un formato CAD el tramo 181+240 al 197+00, de datos obtenidos del procesamiento de ortofotos con el software Aguisof, donde obtuvimos datos en tercera dimensión, el cual nos ayudó a identificar cada PI existente en el tramo para la evaluación de radios de cada curva.

- Según la Norma DG - (2018) del Perú, para el cálculo del radio mínimo se detalla con mayor información en el título 2.2.9. Pero también es necesario tomar en cuenta la tabla 4 “radio mínimo y peraltes máximos para diseño de carreteras”, donde nos indica que en un terreno llano u ondulado y una velocidad de 60km/h el radio mínimo calculado es de 123.2m. y el radio mínimo redondeado es de 125m.
- De modo similar la norma ABC (2008) de Bolivia, para el cálculo del radio mínimo no presenta la fórmula que se detalla en el título 2.2.9. Por otra parte, la Norma ABC de Bolivia nos muestra una tabla para el cálculo de radio mínimo absoluto en curvas horizontales el cual se detalla en la tabla 5, donde podemos identificar que con una velocidad de proyecto (V_p) de 60km/h el radio mínimo es de 120metros.
- Algo similar ocurre con la Norma del MOP (2022) de Chile donde también nos señala una fórmula para el cálculo de radios mínimos que a continuación se presenta:

$$Rm = \frac{Vp^2}{127 (pmáx + tmáx)}$$

También en la tabla 6 “radios mínimos absolutos en curvas horizontales” indica que para una velocidad de proyecto (V_p) de 60km/h el radio mínimo es de 120metros.

- Según la evaluación de la carretera Binacional Ilo – Desaguadero, respecto a los tres criterios ya mencionados en este Ítems de cálculo de Radios Mínimos, se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 38

Evaluación de radios mínimos

Nº PI	RADIO (m) existente	PC	PT	Tipo de curva	Verificación según DG - 2018 Perú	Verificación según ABC de Bolivia	Verificación según MOP de Chile
PI - 1	410	181+363.39	181+550.99	Simple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 2	210	181+711.38	181+817.75	Simple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 3	260	181+937.04	182+041.05	Simple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 4	148	182+165.10	182+303.93	Simple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 5	315	182+670.48	182+778.81	Simple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 6	125	182+935.45	183+142.25	Simple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 7	86	183+314.02	183+384.88	Simple	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 8	94	183+572.49	183+651.04	Simple	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 9	72	183+711.16	183+791.93	Simple	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 10	106	183+856.54	184+005.97	Simple	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 11	121	184+719.54	184+918.45	Simple	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 12	128	185+225.57	185+304.52	Simple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 13	118	185+702.73	185+779.66	Simple	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 14	115	185+879.24	185+967.92	Simple	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 15	236	186+204.24	186+273.49	Simple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 16	323	186+455.71	186+547.57	Simple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 17	431	186+630.65	186+737.23	Simple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 18	200	186+788.68	186+853.19	Simple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 19	265	186+940.18	187+045.22	Simple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 20	219	187+180.89	187+278.89	Simple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 21	104	187+347.85	187+424.62	Simple	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 22	159	187+505.79	187+591.15	Simple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 23	62	187+746.32	187+818.32	Simple	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 24	124	187+891.61	187+988.26	Simple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 25	365	188+124.88	188+245.35	Simple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 26	161	188+565.08	188+721.16	Simple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 27	185	188+782.14	188+849.82	Simple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 28	163	188+948.31	189+126.16	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 29	455	189+332.34	189+413.86	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple



Nº PI	RADIO (m) existente	PC	PT	Tipo de curva	Verificación según DG - 2018 Perú	Verificación según ABC de Bolivia	Verificación según MOP de Chile
PI - 30	350	189+723.89	190+016.68	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 31	380	190+085.58	190+168.26	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 32	159	190+313.21	190+403.54	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 33	150	190+452.36	190+533.28	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 34	375	190+621.20	190+682.27	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 35	247	190+921.34	191+014.61	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 36	122	191+093.61	191+187.23	SIMPLE	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 37	163	191+294.60	191+379.80	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 38	102	191+466.19	191+552.17	SIMPLE	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 39	367	191+722.28	191+786.82	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 40	250	192+069.05	192+353.29	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 41	310	192+464.13	192+545.46	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 42	189	192+732.09	192+833.83	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 43	89	192+988.54	193+093.78	SIMPLE	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 44	161	193+216.65	193+342.27	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 45	153	193+443.98	193+621.95	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 46	205	193+943.06	194+056.25	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 47	103	194+195.82	194+294.43	SIMPLE	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 48	212	194+386.55	194+472.91	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 49	98	194+650.85	194+770.97	SIMPLE	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 50	206	195+029.14	195+158.55	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 51	102	195+275.99	195+407.14	SIMPLE	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 52	144	195+507.39	195+644.25	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 53	610	196+251.09	196+471.29	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 54	216	196+700.17	196+789.30	SIMPLE	Si cumple	Si cumple	Si cumple

Nota: Elaboración propia del autor.

Tabla 39

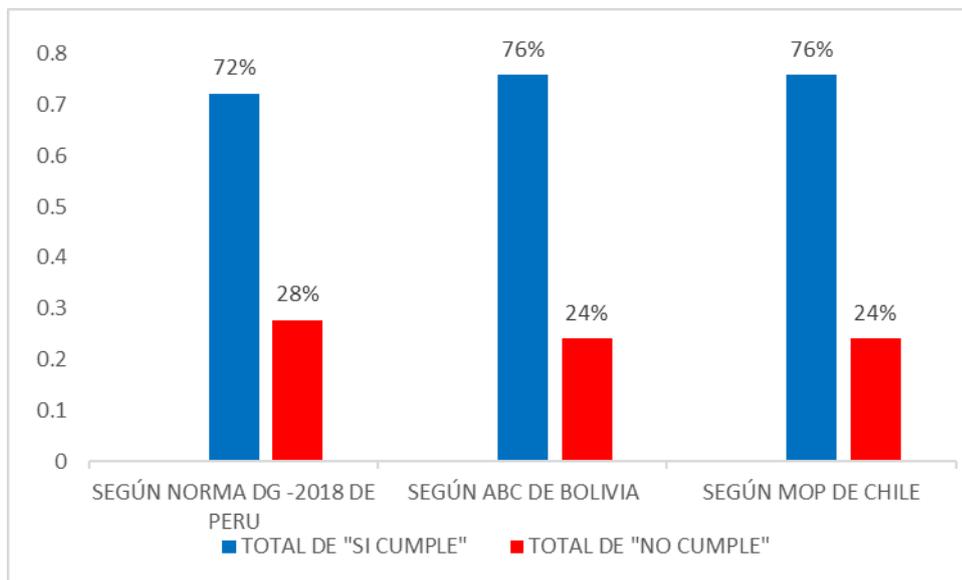
Verificación de radios mínimos

Descripción	Según norma		
	DG -2018 de Perú	Según ABC de Bolivia	Según MOP de Chile
TOTAL, DE "SI CUMPLE"	72%	76%	76%
TOTAL, DE "NO CUMPLE"	28%	24%	24%
TOTAL	100%	100%	100%

Nota: Elaboración propia del autor.

Figura 21

Radio mínimo para una velocidad de 60km/h



Nota: Elaboración propia del autor.

4.1.6. Pendiente máxima

Para la evaluación de pendientes primero se tuvo que tener en formato Cad el diseño ya existente del tramo en evaluación, una superficie en 3d y un alineamiento para poder generar una rasante y evaluar los pendientes de entrada y salida de curvas verticales, para una mayor evaluación se tuvo que tener en cuenta algunos parámetros que a continuación se presenta.

- En cuanto a pendientes máximos y mínimos la Norma DG - (2018) nos indica en la página 70 y en la tabla 7 “pendientes máximos”, que para una carretera de tercera clase y una velocidad de diseño de 60km/h y tipo de orografía 2, la pendiente máxima es de 8%.
- Del mismo modo en la Norma ABC (2008) de Bolivia, en la tabla 8 “pendientes máximas admisibles %”, para una velocidad de 60km/h y la categoría de carretera Colector el pendiente máximo es de 8%.



- Por otro lado, según la Norma MOP (2022) de Chile, en la tabla 9 “pendientes máximas admisibles %”, para una velocidad de 60km/h y la categoría de carretera Colector el pendiente máximo es de 8%.

Resumiendo, y tomando como referencia los parámetros establecidos en la Norma DG – 2018 del Perú, la Norma ABC de Bolivia y el MOP de Chile, se evaluó cada uno de los PIs existentes los cuales se detallan a continuación:

Tabla 40

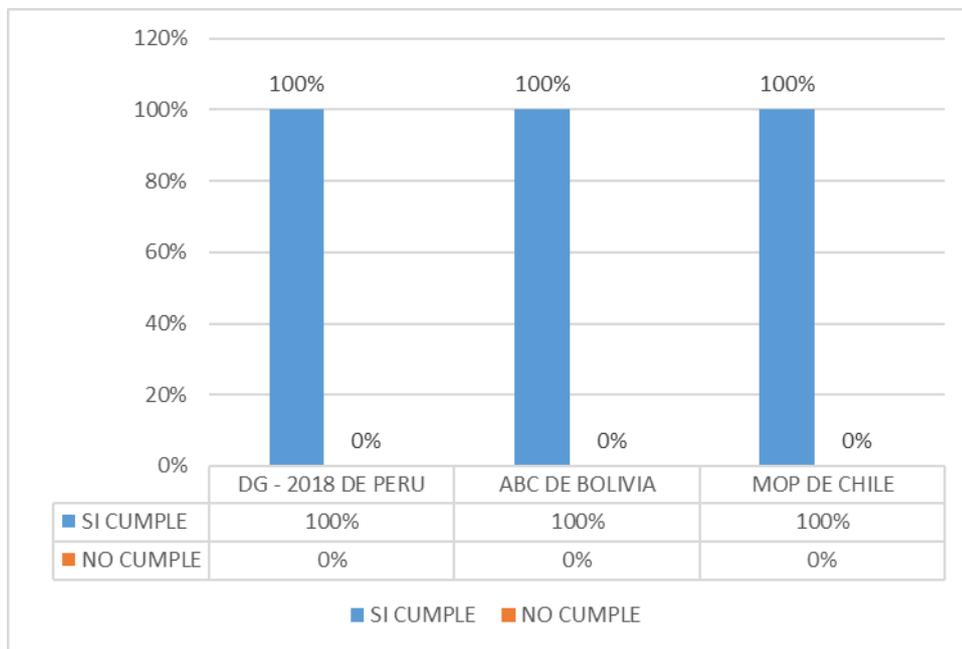
Pendientes máximos.

Tramo N°	PI vertical	Tramo inicial	Longitud de entrada	Longitud de curva vertical	Sumatoria de longitud	Tramo final	Pendiente de entrada (%)	Pendiente de salida (%)	EVALUACION SEGUN NORMAS INTERNACIONALES		
									DG - 2018 DE PERU	ABC DE BOLIVIA	MOP DE CHILE
									SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
1		181+240	235.49	280.41	181755.9	181+755.9	0	-0.22	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
2	PI - 1	181+755.9	686.68	192.17	182634.75	182+634.75	-0.22	-4.8	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
3	PI - 2	182+634.75	268.63	200	183103.38	183+103.38	-4.8	-3.82	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
4	PI - 3	183+103.38	637.19	200	183940.57	183+940.57	-3.82	-4.55	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
5	PI - 4	183+940.57	281.01	0	184221.58	184+221.58	-4.55	-5.24	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
6	PI - 5	184+221.58	393.59	200	184815.17	184+815.17	-5.24	-6.54	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
7	PI - 6	184+815.17	357.02	200	185372.19	185+372.19	-6.54	-2.68	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
8	PI - 7	185+372.19	409.79	200	185981.98	185+981.98	-2.68	-4.99	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
9	PI - 8	185+981.98	374.04	200	186556.02	186+556.02	-4.99	-4.07	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
10	PI - 9	186+556.02	120.33	200	186876.35	186+876.35	-4.07	-2.23	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
11	PI - 10	186+876.35	114.53	200	187190.88	187+190.88	-2.23	-5.05	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
12	PI - 11	187+190.88	195.83	200	187586.71	187+586.71	-5.05	-3.87	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
13	PI - 12	187+586.71	396.02	200	188182.73	188+182.73	-3.87	-3.01	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
14	PI - 13	188+182.73	354.94	200	188737.67	188+737.67	-3.01	-4.41	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
15	PI - 14	188+737.67	9.06	200	188946.73	188+946.73	-4.41	0.62	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
16	PI - 15	188+946.73	307.71	200	189454.44	189+454.44	0.62	-3.4	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
17	PI - 16	189+454.44	644.63	200	190299.07	190+299.07	-3.4	-2.48	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
18	PI - 17	190+299.07	182.91	200	190681.98	190+681.98	-2.48	-3.15	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
19	PI - 18	190+681.98	85.92	827.99	191595.89	191+595.89	-3.15	-1.61	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
20	PI - 19	191+595.89	745.37	818.08	193159.34	193+159.34	-1.61	-3.09	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
21	PI - 20	193+159.34	32.02	638.11	193829.47	193+829.47	-3.09	6.68	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
22	PI - 21	193+829.47	760.47	200	194789.94	194+789.94	6.68	-5.21	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
23	PI - 22	194+789.94	221.57	274.05	195285.56	195+285.56	-5.21	-0.93	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
24	PI - 23	195+285.56	930.71	501.7	196717.97	196+717.97	-0.93	-5.18	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
25	PI - 24	196+717.97	262.09		196980.06	196+980.06	-5.18	-2.96	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE

Nota: Elaboración propia del autor.

Figura 22

Examinación de pendientes máximos



Nota: Elaboración propia del autor.

4.1.7. Longitud de tangente

La evaluación de la longitud de tangente se realizó a partir de la extrapolación de datos del diseño geométrico digitalizado a partir de ortofotos tomados por el vehículo aéreo no tripulado y para la evaluación se tomo en consideración los parámetros que se muestran a continuación:

- Visto que en la Norma DG - (2018) del Perú indican que las longitudes mínimas y máximas están en función a la velocidad de diseño, para lo cual se evaluó la tabla 10 “longitudes de tramos en tangente” en el cual se puede identificar que para una velocidad de 60km/h la longitud mínima en curvas de diferentes sentidos o curvas en “S” es de 83 metros, y la longitud mínima de curvas del mismo sentido o curvas en “o” es de 167 metros y la longitud máxima es de 1002 metros.



- Además, las longitudes de tramos en tangentes se calculan con la siguiente formula:

$$L_{min.s} \quad : 1.39V$$

$$L_{min.o} \quad : 2.78V$$

$$L_{max} \quad : 16.70V$$

- En forma semejante según la Norma ABC (2008) de Bolivia, no indica que la longitud de la recta mínima se calcula multiplicando la velocidad del diseño por 20 siendo esta una constante.

$L_r (m) = 20 V_p (km/h)$, remplazando datos a esa formula la longitud máxima en recta seria de 1200 metros. Revisando la tabla 13 “LRmin entre curvas de mismo sentido”, La longitud de recta mínima de distintos sentidos es igual a LRmin = 84 metros. De igual forma en la tabla 14 “LRmin entre curvas del mismo sentido” nos indica que para una velocidad de 60km/h para un terreno llano y ondulado es igual a LRmin O = 170/85 metros.

- De igual manera en la Norma de MOP (2022) de Chile, nos indica que la longitud de la recta mínima se calcula multiplicando la velocidad del diseño por 20 siendo esta una constante.

$L_r (m) = 20 V_p (km/h)$, remplazando datos a esa formula la longitud máxima en recta seria de 1200 metros. Para curvas de distinto sentido o curvas en “S” según la tabla 15 “Lrmin entre curvas de distinto sentido para una velocidad de 60km/h es de 84 metros. Para las curvas del mismo sentido en la tabla 16 “Lr.min entre curvas del mismo sentido” nos indica que para una velocidad de diseño de 60km/h, para un terreno llano y ondulado debería estar en un parámetro de 170/85.



- Teniendo en cuenta estos tres puntos analizados de la norma peruana y las normas internacionales se presenta la siguiente evaluación de cada tangente.

Tabla 41

Evaluación de tangentes de recta

N° PI	Radio	Deflexión	Sentido	Tramo		Long. entre curvas de sentido: s	L. min. (m) según DG- 2018 de Perú	L. min. (m) según ABC Boliviana	L. min. (m) según MOP de Chile	Verificación			
				Tangente	Longitud					Según DG - 2018 de Perú	Según ABC Boliviana	Según MOP de Chile	
INICIO				INICIO	PC01	123.392							
PI - 1	410	26° 12' 57.5750"	D	PT01	PC02	160.388	83	84	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 2	210	29° 01' 19.8458"	I	PT02	PC03	119.295	83	84	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 3	260	22° 55' 08.9288"	D	PT03	PC04	124.053	83	84	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 4	148	53° 44' 39.0723"	I	PT04	PC05	366.551	83	84	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 5	315	19° 42' 19.6270"	I	PT05	PC06	156.635	167	170/85	170	170	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 6	125	94° 47' 21.3113"	D	PT06	PC07	171.775	83	84	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 7	86	47° 12' 38.9362"	I	PT07	PC08	187.602	83	84	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 8	94	47° 52' 55.2874"	D	PT08	PC09	60.114	83	84	84	84	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 9	72	64° 16' 50.1693"	I	PT09	PC10	64.608	83	84	84	84	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 10	106	80° 46' 18.1130"	D	PT10	PC11	713.562	83	84	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 11	121	94° 11' 20.7187"	I	PT11	PC12	398.207	83	84	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 12	128	35° 20' 26.0994"	D	PT12	PC13	99.581	83	84	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 13	118	37° 21' 17.4564"	D	PT13	PC14	236.32	167	170/85	170	170	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 14	115	44° 11' 02.2873"	I	PT14	PC15	182.222	83	84	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 15	236	16° 48' 40.0206"	I	PT15	PC16	83.075	167	170/85	170	170	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 16	323	16° 17' 43.3985"	I	PT16	PC17	51.45	167	170/85	170	170	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 17	431	14° 10' 04.7437"	D	PT17	PC18	86.982	83	84	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple

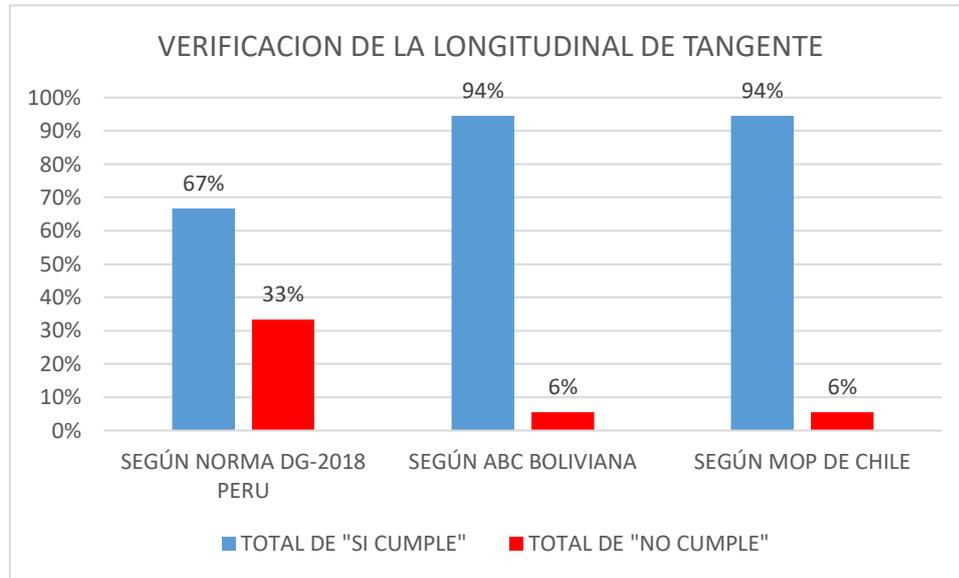
N° PI	Radio	Deflexión	Sentido	Tangente	Longitud	Long. entre curvas de: sentido: s	L. mín. (m) según DG- 2018 de Perú	L. mín. (m) según ABC Boliviana	L. mín. (m) según MOP de Chile	Según DG - 2018 de Perú	Según ABC Boliviana	Según MOP de Chile
PI - 18	200	18° 28' 58.9425"	I	PT18	PC19	Lmín.s	83	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 19	265	22° 42' 42.0333"	D	PT19	PC20	Lmín.s	83	84	84	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 20	219	25° 38' 23.8430"	D	PT20	PC21	Lmín.o	167	170/85	170	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 21	104	42° 17' 34.5394"	I	PT21	PC22	Lmín.s	83	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 22	159	30° 45' 39.3102"	D	PT22	PC23	Lmín.s	83	84	84	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 23	62	66° 32' 16.6676"	D	PT23	PC24	Lmín.o	167	170/85	170	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 24	124	44° 39' 33.6570"	I	PT24	PC25	Lmín.s	83	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 25	365	18° 54' 37.9862"	D	PT25	PC26	Lmín.s	83	84	84	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 26	161	55° 32' 43.1477"	D	PT26	PC27	Lmín.o	167	170/85	170	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 27	185	20° 57' 43.0391"	I	PT27	PC28	Lmín.s	83	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 28	163	62° 31' 00.3127"	I	PT28	PC29	Lmín.o	167	170/85	170	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 29	455	10° 15' 56.3119"	D	PT29	PC30	Lmín.s	83	84	84	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 30	350	47° 55' 48.8310"	D	PT30	PC31	Lmín.o	167	170/85	170	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 31	380	12° 27' 57.9608"	I	PT31	PC32	Lmín.s	83	84	84	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 32	159	32° 33' 01.0399"	I	PT32	PC33	Lmín.o	167	170/85	170	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 33	150	30° 54' 37.3649"	D	PT33	PC34	Lmín.s	83	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 34	375	09° 19' 50.7557"	I	PT34	PC35	Lmín.s	83	84	84	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 35	247	21° 38' 10.1407"	D	PT35	PC36	Lmín.s	83	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 36	122	43° 58' 03.9433"	I	PT36	PC37	Lmín.s	83	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 37	163	29° 56' 54.4005"	I	PT37	PC38	Lmín.o	167	170/85	170	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 38	102	48° 18' 06.3840"	D	PT38	PC39	Lmín.s	83	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 39	367	10° 04' 33.2581"	D	PT39	PC40	Lmín.o	167	170/85	170	Si cumple	Si cumple	Si cumple

N° PI	Radio	Deflexión	Sentido	Tangente	Longitud	Long. entre curvas de: sentido: s	L. mín. (m) según DG- 2018 de Perú	L. mín. (m) según ABC Boliviana	L. mín. (m) según MOP de Chile	Según DG - 2018 de Perú	Según ABC Boliviana	Según MOP de Chile
PI - 40	250	65° 08' 38.2417"	I	PT40	PC41	Lmín.s	83	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 41	310	15° 01' 54.0377"	D	PT41	PC42	Lmín.s	83	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 42	189	30° 50' 35.1084"	D	PT42	PC43	Lmín.o	167	170/85	170	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 43	89	67° 45' 19.0206"	I	PT43	PC44	Lmín.s	83	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 44	161	44° 42' 19.4779"	D	PT44	PC45	Lmín.s	83	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 45	153	66° 38' 45.1441"	D	PT45	PC46	Lmín.o	167	170/85	170	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 46	205	31° 38' 10.4464"	D	PT46	PC47	Lmín.o	167	170/85	170	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 47	103	54° 51' 05.1292"	I	PT47	PC48	Lmín.s	83	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 48	212	23° 20' 23.5692"	D	PT48	PC49	Lmín.s	83	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 49	98	70° 13' 52.8512"	I	PT49	PC50	Lmín.s	83	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 50	206	35° 59' 35.9104"	D	PT50	PC51	Lmín.s	83	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 51	102	73° 40' 23.9610"	I	PT51	PC52	Lmín.s	83	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 52	144	54° 27' 25.1546"	D	PT52	PC53	Lmín.s	83	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 53	610	20° 40' 59.0669"	I	PT53	PC54	Lmín.s	83	84	84	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 54	216	23° 38' 31.5099"	I	PT54	PC55	Lmín.o	167	170/85	170	Si cumple	Si cumple	Si cumple

Nota: Elaboración propia del autor.

Figura 23

Resumen de tangentes de recta evaluados



Nota: Elaboración propia del autor.

4.1.8. Longitud de curva

La longitud de curva se evaluó según el diseño geométrico existente de cada curva, los datos obtenidos de las ortofotos digitalizados en tres dimensiones nos ayudaron a tener información precisa de la carretera permitiéndonos evaluar de manera minuciosa.

- En tanto la Norma DG - (2018) nos indica en la Tabla 17 “longitud mínima de curva” en carreteras nacionales la longitud mínima $L(m)$ para carreteras de dos carriles tiene que ser $3V$ “tres veces la velocidad de diseño. En nuestro caso sería 180 metros su longitud mínima.
- En caso de la Norma ABC de Bolivia y la Norma del MOP de Chile no se contempla este parámetro, tomando la norma AASHTO para este parámetro o como también usan algunas normas internacionales, siendo igual a la norma peruana la longitud mínima de curva tres veces la velocidad.

- Por lo tanto, teniendo como referencia estos dos puntos ya analizados se procedió a la evaluación teniendo como resultado el siguiente cuadro.

Tabla 42

Evaluación de longitud de curva mínima

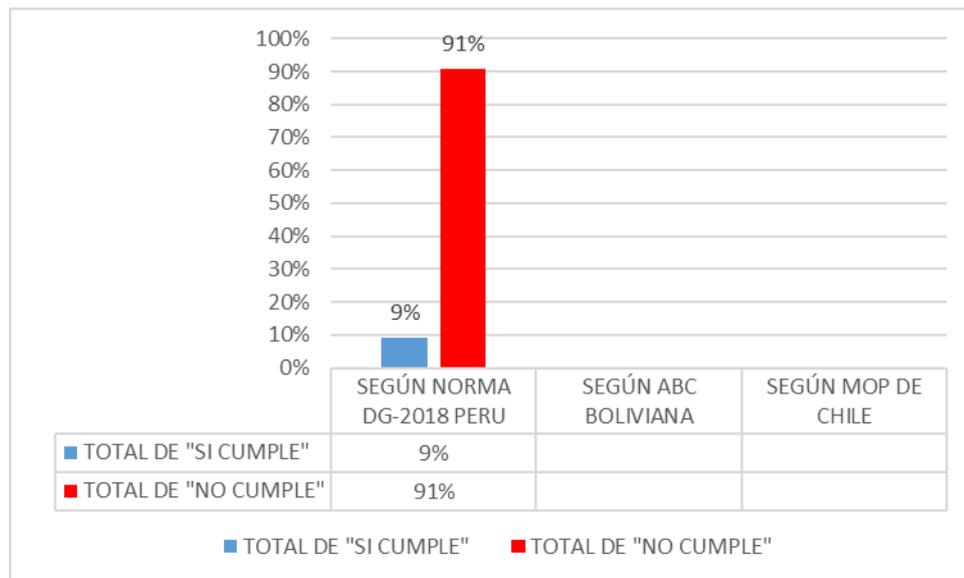
Nº PI	Radio	Progresiva inicial	Progresiva final	Longitud de curva	Cálculo de longitud según fórmula			Verificación		
					DG-2018 de Perú	ABC Bolivia na	MOP de Chile	Según DG-2018 de Perú	Según ABC de Bolivia	Según MOP de Chile
PI - 1	410	181+363.39	181+550.99	185.966	180	185.966	185.966	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 2	210	181+711.38	181+817.75	105.238	180	105.238	105.238	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 3	260	181+937.04	182+041.05	103.312	180	103.312	103.312	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 4	148	182+165.10	182+303.93	133.792	180	133.792	133.792	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 5	315	182+670.48	182+778.81	107.803	180	107.803	107.803	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 6	125	182+935.45	183+142.25	184.008	180	184.008	184.008	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 7	86	183+314.02	183+384.88	68.875	180	68.875	68.875	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 8	94	183+572.49	183+651.04	76.29	180	76.29	76.29	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 9	72	183+711.16	183+791.93	76.607	180	76.607	76.607	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 10	106	183+856.54	184+005.97	137.362	180	137.362	137.362	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 11	121	184+719.54	184+918.45	177.26	180	177.26	177.26	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 12	128	185+225.57	185+304.52	77.706	180	77.706	77.706	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 13	118	185+702.73	185+779.66	75.577	180	75.577	75.577	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 14	115	185+879.24	185+967.92	86.502	180	86.502	86.502	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 15	236	186+204.24	186+273.49	68.996	180	68.996	68.996	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 16	323	186+455.71	186+547.57	91.555	180	91.555	91.555	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 17	431	186+630.65	186+737.23	106.305	180	106.305	106.305	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 18	200	186+788.68	186+853.19	64.239	180	64.239	64.239	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 19	265	186+940.18	187+045.22	104.358	180	104.358	104.358	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 20	219	187+180.89	187+278.89	97.187	180	97.187	97.187	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 21	104	187+347.85	187+424.62	75.037	180	75.037	75.037	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 22	159	187+505.79	187+591.15	84.342	180	84.342	84.342	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 23	62	187+746.32	187+818.32	68.023	180	68.023	68.023	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 24	124	187+891.61	187+988.26	94.224	180	94.224	94.224	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 25	365	188+124.88	188+245.35	119.923	180	119.923	119.923	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 26	161	188+565.08	188+721.16	150.041	180	150.041	150.041	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 27	185	188+782.14	188+849.82	67.306	180	67.306	67.306	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 28	163	188+948.31	189+126.16	169.161	180	169.161	169.161	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 29	455	189+332.34	189+413.86	81.413	180	81.413	81.413	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 30	350	189+723.89	190+016.68	284.326	180	284.326	284.326	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 31	380	190+085.58	190+168.26	82.515	180	82.515	82.515	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 32	159	190+313.21	190+403.54	89.12	180	89.12	89.12	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 33	150	190+452.36	190+533.28	79.945	180	79.945	79.945	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 34	375	190+621.20	190+682.27	61.002	180	61.002	61.002	No cumple	No cumple	No cumple

N° PI	Radio	Progresiva inicial	Progresiva final	Longitud de curva	DG-2018 de Perú	ABC Boliviana	MOP de Chile	Según DG-2018 de Perú	Según ABC de Bolivia	Según MOP de Chile
PI - 35	247	190+921.34	191+014.61	92.719	180	92.719	92.719	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 36	122	191+093.61	191+187.23	91.34	180	91.34	91.34	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 37	163	191+294.60	191+379.80	84.233	180	84.233	84.233	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 38	102	191+466.19	191+552.17	83.465	180	83.465	83.465	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 39	367	191+722.28	191+786.82	64.457	180	64.457	64.457	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 40	250	192+069.05	192+353.29	269.179	180	269.179	269.179	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 41	310	192+464.13	192+545.46	81.096	180	81.096	81.096	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 42	189	192+732.09	192+833.83	100.517	180	100.517	100.517	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 43	89	192+988.54	193+093.78	99.221	180	99.221	99.221	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 44	161	193+216.65	193+342.27	122.459	180	122.459	122.459	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 45	153	193+443.98	193+621.95	168.103	180	168.103	168.103	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 46	205	193+943.06	194+056.25	111.76	180	111.76	111.76	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 47	103	194+195.82	194+294.43	94.883	180	94.883	94.883	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 48	212	194+386.55	194+472.91	85.764	180	85.764	85.764	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 49	98	194+650.85	194+770.97	112.745	180	112.745	112.745	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 50	206	195+029.14	195+158.55	127.292	180	127.292	127.292	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 51	102	195+275.99	195+407.14	122.305	180	122.305	122.305	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 52	144	195+507.39	195+644.25	131.772	180	131.772	131.772	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 53	610	196+251.09	196+471.29	219.009	180	219.009	219.009	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 54	216	196+700.17	196+789.30	88.498	180	88.498	88.498	No cumple	Si cumple	Si cumple

Nota: Elaboración propia del autor.

Figura 24

Resumen de examinación de longitud de curva



Nota: Elaboración propia del autor.

4.1.9. Sobre ancho en curvas

Para la evaluación del sobre ancho de calzada en curvas, se tuvo que medir el ancho de la calzada en cada PI en evaluación y para llegar al resultado se restó el ancho de calzada siendo estos 7 metros. Además, para tener la información del sobre ancho calculado se tuvo que procesar según parámetros de diseño de cada país en evaluación.

- Según la Norma DG - (2018) del Perú nos indica o nos muestra una fórmula matemática para el cálculo del sobre ancho para lo cual tenemos que tener en cuenta el número de carriles, radio de curvatura y la longitud de los ejes del vehículo más crítico tomando en cuenta el eje de la parte frontal y el ultimo eje del vehículo. La fórmula del cálculo está más detallada en el título 2.2.13 del presente.

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

- Por tanto, la Norma ABC (2008) de Bolivia, en la tabla 20 “ensanche de la calzada en caminos con $V_p \leq 60\text{km/h}$ alternativa con calzada en recta 7.0m.”, nos indica que para uno de los vehículos más críticos o más transitados es el Semitrailer de 18.6 metros de dimensión y Semitrailer de 22.4 metros de dimensión.

Nos muestra una fórmula para el cálculo del sobreancho o ensanche como se le llama en la norma ABC de Bolivia. $((L1^2 + L2^2) / R) - 0,80$ y su radio limite tiene que ser $50 \leq R \leq 155$ metros.

- De igual manera en la Norma MOP (2022) de Chile en la tabla 22 “ensanche de la calzada en caminos con $V_p \leq 60\text{km/h}$ alternativa con

calzada en recta 7.0m.”, nos indica que para un de los vehículos más críticos o más transitados es el Semitrailer de 18.6 metros de dimensión y semitrailer de 22.4 metros de dimensión.

Nos muestra una fórmula para el cálculo del sobreancho o ensanche como se le llama en la norma MOP de Chile. $((L1^2 + L2^2) / R) - 0,80$ y su radio limite tiene que ser $50 \leq R \leq 155$ metros.

- Entre tanto teniendo en cuenta los tres parámetros de diseño de sobreancho se tiene el siguiente calculo para verificar el porcentaje de cumplimiento de la carretera Ilo - Desaguadero.

Tabla 43

Evaluación de sobreancho respecto a normas internacionales

N° DE PI	Radio	Sobreancho					Verificación según normas internacionales			
		Sobreancho calculado según normas internacionales			Med. de calzada	Ancho de calzada	Sobr. existente	DG - 2018 de Perú	ABC Boliviana	MOP de Chile
		DG - 2018 Perú	ABC - Boliviana	MOP de Chile						
PI - 1	410	1.30	0.49	0.49	7.14	7	0.14	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 2	210	2.30	1.14	1.14	7.41	7	0.41	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 3	260	1.90	0.88	0.88	7.42	7	0.42	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 4	148	3.20	1.70	1.70	7.79	7	0.79	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 5	315	1.60	0.69	0.69	7.35	7	0.35	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 6	125	3.70	2.06	2.06	7.71	7	0.71	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 7	86	5.30	3.08	3.08	7.84	7	0.84	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 8	94	4.80	2.80	2.80	7.94	7	0.94	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 9	72	6.30	3.72	3.72	7.96	7	0.96	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 10	106	4.30	2.46	2.46	7.71	7	0.71	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 11	121	3.80	2.13	2.13	7.7	7	0.7	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 12	128	3.60	2.00	2.00	7.78	7	0.78	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 13	118	3.90	2.19	2.19	7.88	7	0.88	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 14	115	4.00	2.25	2.25	7.57	7	0.57	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 15	236	2.10	0.99	0.99	7.33	7	0.33	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 16	323	1.60	0.67	0.67	7.42	7	0.42	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 17	431	1.20	0.45	0.45	7.21	7	0.21	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 18	200	2.40	1.21	1.21	7.61	7	0.61	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 19	265	1.90	0.86	0.86	7.29	7	0.29	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 20	219	2.20	1.09	1.09	7.65	7	0.65	No cumple	No cumple	No cumple

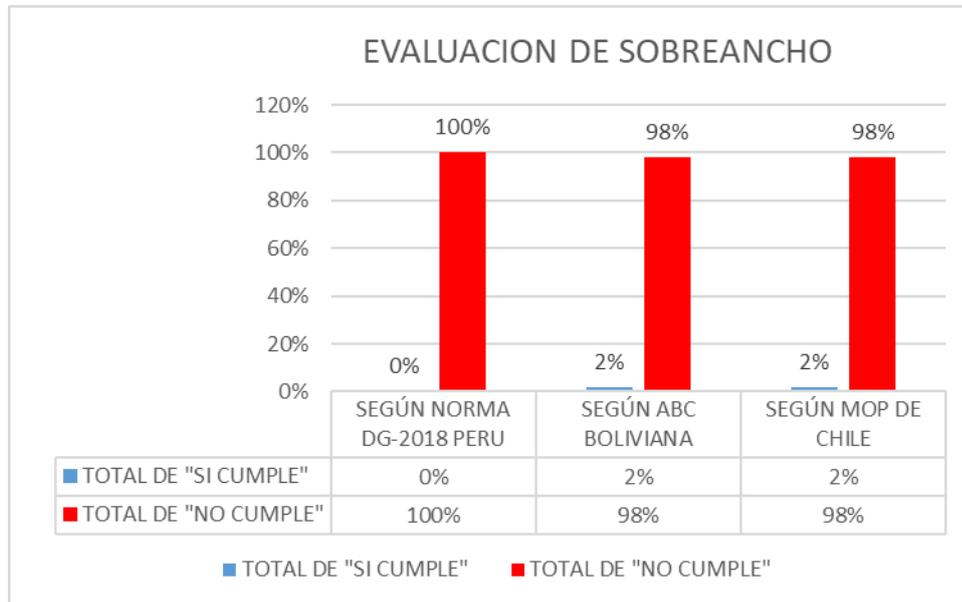


N° DE PI	Radio	DG - 2018 Perú	ABC - Boliviana	MOP de Chile	Med. de calzada	Ancho de calzada	Sobr. existente	DG - 2018 de Perú	ABC Boliviana	MOP de Chile
PI - 21	104	4.40	2.51	2.51	7.65	7	0.65	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 22	159	3.00	1.57	1.57	7.7	7	0.7	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 23	62	7.20	4.35	4.35	8.3	7	1.3	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 24	124	3.70	2.07	2.07	7.71	7	0.71	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 25	365	1.40	0.57	0.57	7.15	7	0.15	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 26	161	2.90	1.55	1.55	7.24	7	0.24	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 27	185	2.60	1.32	1.32	7.54	7	0.54	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 28	163	2.90	1.53	1.53	7.32	7	0.32	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 29	455	1.20	0.42	0.42	7.11	7	0.11	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 30	350	1.50	0.61	0.61	7.32	7	0.32	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 31	380	1.40	0.54	0.54	7.07	7	0.07	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 32	159	3.00	1.57	1.57	7.7	7	0.7	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 33	150	3.10	1.68	1.68	7.86	7	0.86	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 34	375	1.40	0.55	0.55	7.29	7	0.29	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 35	247	2.00	0.94	0.94	7.59	7	0.59	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 36	122	3.80	2.11	2.11	7.71	7	0.71	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 37	163	2.90	1.53	1.53	7.73	7	0.73	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 38	102	4.50	2.56	2.56	7.87	7	0.87	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 39	367	1.40	0.57	0.57	7.66	7	0.66	No cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 40	250	2.00	0.93	0.93	7.37	7	0.37	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 41	310	1.60	0.71	0.71	7.43	7	0.43	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 42	189	2.50	1.29	1.29	7.46	7	0.46	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 43	89	5.10	2.97	2.97	8.67	7	1.67	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 44	161	2.90	1.55	1.55	7.77	7	0.77	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 45	153	3.10	1.64	1.64	7.8	7	0.8	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 46	205	2.40	1.18	1.18	7.47	7	0.47	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 47	103	4.40	2.54	2.54	7.83	7	0.83	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 48	212	2.30	1.13	1.13	7.6	7	0.6	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 49	98	4.70	2.68	2.68	7.69	7	0.69	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 50	206	2.40	1.17	1.17	7.39	7	0.39	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 51	102	4.50	2.56	2.56	7.83	7	0.83	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 52	144	3.30	1.76	1.76	7.81	7	0.81	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 53	610	0.90	0.26	0.26	7.17	7	0.17	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 54	216	2.30	1.11	1.11	7.36	7	0.36	No cumple	No cumple	No cumple

Nota: Elaboración propia del autor.

Figura 25

Resumen de evaluación del sobreebanco de curvas



Nota: Elaboración propia del autor.

4.1.10. Peralte en curvas

En cuanto a la evaluación de peraltes de curva se tuvo que calcular las cotas de cada borde de calzada en todas las curvas, desde software civil 3D se pudo identificar cada curva y su pendiente de ellos, teniendo esa información se pasó a evaluar los resultados respecto a la norma nacional y las normas internacionales.

- En la Norma DG - (2018) del Perú se evaluó respecto a la tabla 23 “valores de peraltes máximos donde nos que, en pueblo o ciudad, zona rural de terreno plano, ondulado o accidentado el peralte absoluto es de 8% y el peralte normal es de 6%, pero en este caso se evaluó con el peralte absoluto. También es necesario mencionar que el peralte mínimo es de 2%.

- Según la Norma ABC (2008) de Bolivia, en la tabla 25 “valores máximos para peraltes y la fricción transversal” nos indica que en caminos de velocidad de proyecto 30 a 80km/h el peralte máximo es de 7%.
- De igual manera en la Norma MOP (2022) de Chile, en la tabla 26 “valores máximos para el peralte y la fricción transversal” nos indica que para caminos de velocidad de proyecto de 30 a 80km/h el pendiente máximo es de 7%.

Tabla 44

Evaluación de peralte máximo

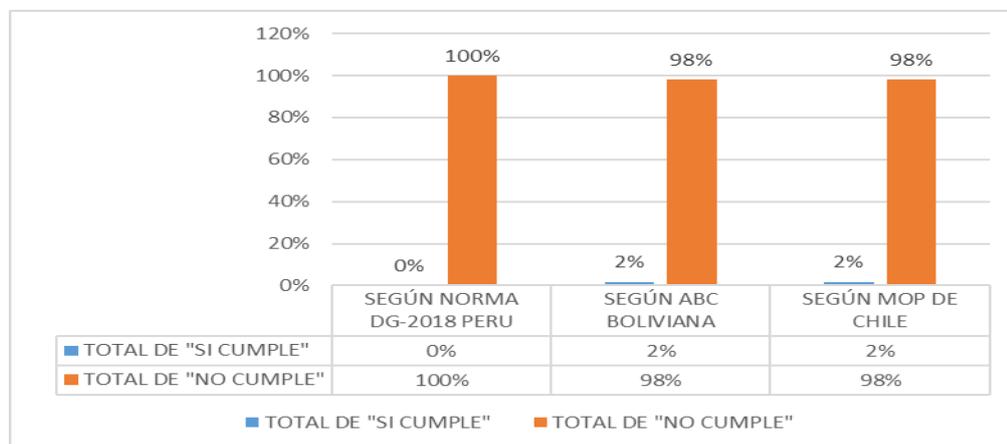
N° PI	Peralte calculado según normas			Peralte existente	Verificación de peraltes según normas		
	DG - 2018 Perú P(max)=8%	ABC Boliviana P(max)=7%	MOP de Chile P(max)=7%		DG - 2018 de Perú	ABC Boliviana	MOP de Chile
PI - 1	8%	7%	7%	4%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 2	8%	7%	7%	5%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 3	8%	7%	7%	5%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 4	8%	7%	7%	6%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 5	8%	7%	7%	4%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 6	8%	7%	7%	7%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 7	8%	7%	7%	8%	Si cumple	No cumple	No cumple
PI - 8	8%	7%	7%	7%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 9	8%	7%	7%	7%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 10	8%	7%	7%	8%	Si cumple	No cumple	No cumple
PI - 11	8%	7%	7%	7%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 12	8%	7%	7%	7%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 13	8%	7%	7%	6%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 14	8%	7%	7%	8%	Si cumple	No cumple	No cumple
PI - 15	8%	7%	7%	5%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 16	8%	7%	7%	7%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 17	8%	7%	7%	4%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 18	8%	7%	7%	5%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 19	8%	7%	7%	5%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 20	8%	7%	7%	6%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 21	8%	7%	7%	7%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 22	8%	7%	7%	5%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 23	8%	7%	7%	7%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 24	8%	7%	7%	8%	Si cumple	No cumple	No cumple
PI - 25	8%	7%	7%	4%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 26	8%	7%	7%	6%	Si cumple	Si cumple	Si cumple

Nº PI	DG - 2018 Perú P(max)=8%	ABC Boliviana P(max)=7%	MOP de Chile P(max)=7%	Peralte existente	DG - 2018 de Perú	ABC Boliviana	MOP de Chile
PI - 27	8%	7%	7%	6%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 28	8%	7%	7%	6%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 29	8%	7%	7%	3%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 30	8%	7%	7%	4%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 31	8%	7%	7%	4%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 32	8%	7%	7%	6%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 33	8%	7%	7%	6%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 34	8%	7%	7%	4%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 35	8%	7%	7%	5%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 36	8%	7%	7%	7%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 37	8%	7%	7%	6%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 38	8%	7%	7%	8%	Si cumple	No cumple	No cumple
PI - 39	8%	7%	7%	3%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 40	8%	7%	7%	5%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 41	8%	7%	7%	5%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 42	8%	7%	7%	6%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 43	8%	7%	7%	9%	No cumple	No cumple	No cumple
PI - 44	8%	7%	7%	6%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 45	8%	7%	7%	6%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 46	8%	7%	7%	4%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 47	8%	7%	7%	8%	Si cumple	No cumple	No cumple
PI - 48	8%	7%	7%	5%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 49	8%	7%	7%	4%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 50	8%	7%	7%	5%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 51	8%	7%	7%	8%	Si cumple	No cumple	No cumple
PI - 52	8%	7%	7%	6%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 53	8%	7%	7%	2%	Si cumple	Si cumple	Si cumple
PI - 54	8%	7%	7%	5%	Si cumple	Si cumple	Si cumple

Nota: Elaboración propia del autor.

Figura 26

Resumen de evaluación del peralte



Nota: Elaboración propia del autor.



4.1.11. Ancho mínimo de calzada y ancho de berma

Para la evaluación de ancho de calzada se tuvo medir con ayuda del software civil 3D las medidas de cada extremo de la calzada de la misma forma se midió cada extremo de las bermas izquierda y derecha de cada uno de los tangentes existentes en el tramo de evaluación.

- Según la Norma DG - (2018), para la evaluación de los parámetros técnicos de ancho de calzada se tuvo que recurrir a verificar la tabla 27 “ancho mínimo de calzada en tangente” para una carretera de tercera clase con IMD menor a 400 vehículos por día y una velocidad de diseño de 60km/h, se identificó que el ancho mínimo de la calzada es de 6.60 metros. De igual forma el ancho de berma se evaluó según la tabla 30 “ancho de berma” determinando que, para una carretera de tercera clase y una orografía ondulada, una demanda vehicular menor a 400 vehículos por día y una velocidad de diseño de 60km/h se identificó que el ancho de berma mínima es de 1.20 metros.
- De igual manera según la Norma ABC (2008) de Bolivia, en la tabla 28 “resumen de ancho de plataforma en terraplén y sus elementos a nivel de rasante” indica que para la carretera de categoría colector y una calzada bidireccional de dos carriles el ancho de cada carril es de 3.00 a 3.50 metros y el ancho de berma es de 0.5 a 1.5 metros.
- Por otra parte, la Norma del MOP (2022) de Chile, en la tabla 29 “cuadro de ancho de plataforma de terraplén y de sus elementos a nivel de rasante” indica que para la carretera de categoría colector y una calzada bidireccional de dos carriles el ancho de cada carril es de 3.00 a 3.50 metros y el ancho de berma es de 0.5 a 1.5 metros.

De este modo según los parámetros ya mencionados se procedió a la evaluación que se presenta a continuación:

Tabla 45

Evaluación de ancho de calzada

N° DE TANG.	Progresiva	Ancho de calzada medido	Ancho de calzada redondeado	Evaluación de calzada		
				Según DG - 2018 de Perú	Según ABC de Bolivia	Según MOP de Chile
T-1	181+300	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-2	181+680	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-3	181+900	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-4	182+200	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-5	182+500	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-6	182+900	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-7	183+240	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-8	183+500	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-9	183+700	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-10	183+840	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-11	184+400	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-12	185+100	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-13	185+680	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-14	185+800	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-15	186+160	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-16	186+400	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-17	186+600	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-18	186+760	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-19	186+900	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-20	187+100	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-21	187+300	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-22	187+460	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-23	187+700	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-24	187+880	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-25	188+100	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-26	188+400	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-27	188+760	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-28	188+900	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-29	189+200	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-30	189+600	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-31	190+040	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-32	190+200	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-33	190+420	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-34	190+600	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-35	190+800	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple



N° DE TANG.	Progresiva	Ancho de calzada medido	Ancho de calzada redondeado	Según DG - 2018 de Perú	Según ABC de Bolivia	Según MOP de Chile
T-36	191+040	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-37	191+260	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-38	191+400	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-39	191+600	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-40	191+840	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-41	192+400	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-42	192+600	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-43	192+900	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-44	193+300	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-45	193+400	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-46	193+900	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-47	194+160	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-48	194+340	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-49	194+500	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-50	194+900	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-51	195+200	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-52	195+500	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-53	196+000	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-54	196+660	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-55	196+860	6.8	7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple

Nota: Elaboración propia del autor.

Tabla 46

Evaluación de ancho de berma

N° DE TANG.	Progresiva	Ancho de berma medido		Verificación de berma izquierda y berma derecha		
		Izquierda	Derecha	Según DG - 2018 de Perú	Según ABC de Bolivia	Según MOP de Chile
T-1	181+300	1.82	1.95	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-2	181+680	1.6	1.71	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-3	181+900	1.59	1.71	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-4	182+200	1.91	1.52	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-5	182+500	1.57	1.62	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-6	182+900	2.02	1.67	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-7	183+240	1.85	1.78	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-8	183+500	1.55	1.73	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-9	183+700	1.72	1.81	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-10	183+840	1.87	1.82	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-11	184+400	1.89	1.87	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-12	185+100	1.56	1.6	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-13	185+680	1.66	1.67	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-14	185+800	1.6	1.64	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-15	186+160	1.69	1.72	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple

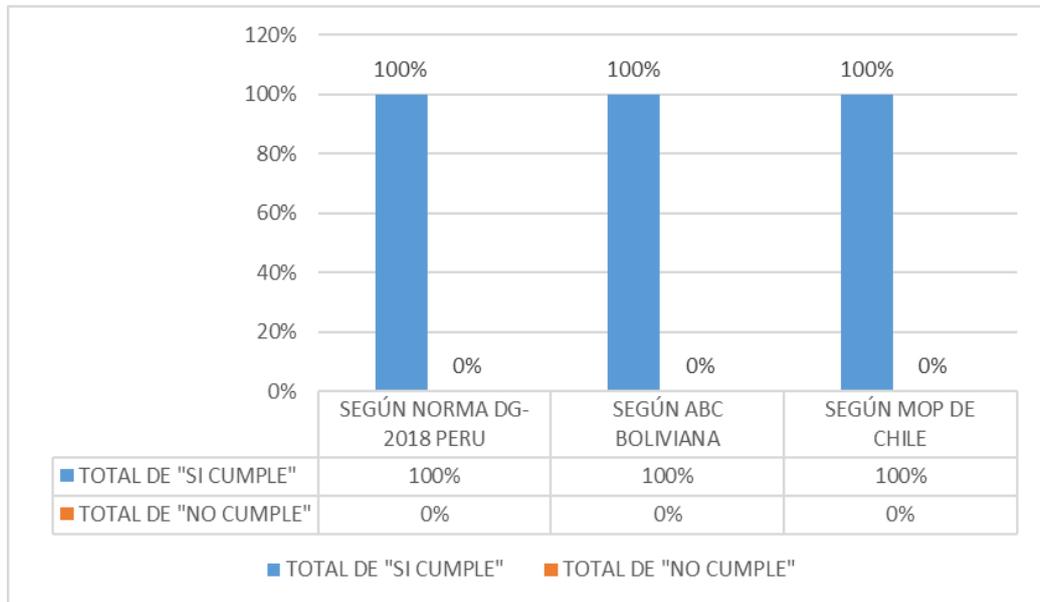


N° DE TANG.	Progresiva	Izquierda	Derecha	Según DG - 2018 de Perú	Según ABC de Bolivia	Según MOP de Chile
T-16	186+400	2.24	1.61	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-17	186+600	1.61	1.66	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-18	186+760	1.62	1.77	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-19	186+900	1.77	1.73	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-20	187+100	1.74	1.73	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-21	187+300	2.02	1.63	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-22	187+460	1.86	1.6	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-23	187+700	1.79	1.56	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-24	187+880	1.74	1.91	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-25	188+100	1.89	1.7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-26	188+400	1.85	1.71	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-27	188+760	2.11	1.78	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-28	188+900	1.8	1.69	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-29	189+200	1.78	1.73	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-30	189+600	2.12	1.76	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-31	190+040	1.42	1.64	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-32	190+200	1.38	1.61	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-33	190+420	1.77	1.66	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-34	190+600	1.9	1.7	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-35	190+800	1.43	1.72	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-36	191+040	1.81	1.6	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-37	191+260	1.4	1.75	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-38	191+400	1.59	1.59	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-39	191+600	1.49	1.61	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-40	191+840	1.39	1.72	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-41	192+400	1.79	1.73	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-42	192+600	1.79	1.83	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-43	192+900	2.03	2.16	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-44	193+300	1.58	1.32	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-45	193+400	1.5	1.88	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-46	193+900	1.71	1.55	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-47	194+160	1.4	1.54	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-48	194+340	1.66	1.51	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-49	194+500	1.62	1.46	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-50	194+900	1.58	1.58	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-51	195+200	1.52	1.56	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-52	195+500	1.4	1.57	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-53	196+000	1.63	1.83	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-54	196+660	1.44	1.61	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-55	196+860	2.49	1.54	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple

Nota: Elaboración propia del autor.

Figura 27

Resumen de la evaluación del ancho de calzada y ancho de berma



Nota: Elaboración propia del autor.

4.1.12. Bombeo en tangente

Para la evaluación del bombeo se tuvo que calcular una distancia y una elevación. Para este cálculo se tuvo que hacer una medición horizontal y después una medición vertical del eje de calzada hasta el borde de la calzada, para así poder determinar matemáticamente la pendiente de bombeo en cada tangente del tramo en evaluación.

- Según la Norma DG - (2018) del Perú, en la tabla 31 “valores de bombeo de la calzada” nos indica que para un tipo de superficie pavimento asfáltico y/o concreto portland el bombeo se calcula de acuerdo a la precipitación anual. En la zona de Santa Rosa - Mazocruz, tiene una precipitación mayor a 500mm/año por lo cual el bombeo tiene que ser mínimamente el 2.5%.
- De acuerdo a la Norma ABC (2008) de Bolivia, en la tabla 32 “bombeo de la calzada” nos indica que para un pavimento de hormigón o asfalto para

una precipitación mayor o igual 15mm/h por lo cual estando en la zona o el tramo de evaluación la pendiente mínima del bombeo debería ser el 2.5%.

- De igual forma en la Norma del MOP (2022) de Chile en la tabla 33 “bombeo de la calzada” nos indica que para un pavimento de hormigón o asfalto para una precipitación mayor o igual 15mm/h por lo cual estando en la zona o el tramo de evaluación la pendiente mínima del bombeo debería ser el 2.5%.

Tabla 47

Evaluación de bombeo en tangente

N° DE TANG.	Prog.	Calzada derecha			Calzada izquierda			Evaluación según normas		
		Altura (m)	Base (m)	Pendiente derecho	Altura (m)	Base (m)	Pendiente izquierdo	DG - 2018 de Perú	ABC de Bolivia	MOP de Chile
T-1	181+300	0.11	3.6	3%	0.08	3.2	3%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-2	181+680	0.11	4.5	2%	0.13	4.18	3%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-3	181+900	0.13	3.43	4%	0.09	3.27	3%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-4	182+200	0.12	3.5	3%	0.16	4.5	4%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-5	182+500	0.15	4.8	3%	0.1	4.78	2%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-6	182+900	0.12	3.8	3%	0.16	3.64	4%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-7	183+240	0.11	3.54	3%	0.11	3.87	3%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-8	183+500	0.1	3.6	3%	0.09	3.89	2%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-9	183+700	0.09	3.6	3%	0.12	3.56	3%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-10	183+840	0.08	3.9	2%	0.08	3.7	2%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-11	184+400	0.12	3.54	3%	0.11	3.4	3%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-12	185+100	0.11	3.84	3%	0.09	3.56	3%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-13	185+680	0.1	3.56	3%	0.08	3.56	2%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-14	185+800	0.15	3.6	4%	0.13	3.65	4%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-15	186+160	0.09	3.52	3%	0.1	3.58	3%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-16	186+400	0.16	3.64	4%	0.11	3.84	3%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-17	186+600	0.11	3.87	3%	0.1	3.56	3%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-18	186+760	0.09	3.89	2%	0.15	3.6	4%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-19	186+900	0.12	3.56	3%	0.09	3.52	3%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-20	187+100	0.08	3.7	2%	0.16	3.64	4%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-21	187+300	0.11	3.4	3%	0.11	3.87	3%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-22	187+460	0.12	3.5	3%	0.12	3.5	3%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-23	187+700	0.15	4.8	3%	0.15	4.8	3%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-24	187+880	0.12	3.8	3%	0.12	3.8	3%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple
T-25	188+100	0.11	3.87	3%	0.09	3.89	2%	Si cumple	“Si cumple”	Si cumple

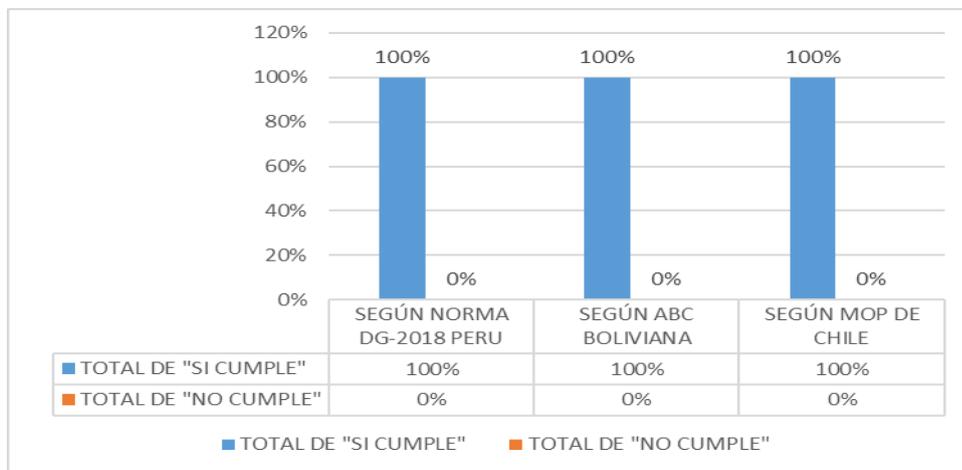


N° DE TANG.	Prog.	Altura (m)	Base (m)	Pendiente derecho	Altura (m)	Base (m)	Pendiente izquierdo	DG - 2018 de Perú	ABC de Bolivia	MOP de Chile
T-26	188+400	0.09	3.89	2%	0.12	3.56	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-27	188+760	0.11	3.84	3%	0.08	3.7	2%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-28	188+900	0.1	3.56	3%	0.15	4.8	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-29	189+200	0.15	3.6	4%	0.12	3.8	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-30	189+600	0.12	3.5	3%	0.09	3.89	2%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-31	190+040	0.15	4.8	3%	0.12	3.56	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-32	190+200	0.12	3.8	3%	0.09	3.52	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-33	190+420	0.09	3.89	2%	0.16	3.64	4%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-34	190+600	0.12	3.56	3%	0.11	3.87	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-35	190+800	0.08	3.7	2%	0.12	3.5	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-36	191+040	0.11	3.4	3%	0.15	4.8	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-37	191+260	0.12	3.5	3%	0.12	3.8	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-38	191+400	0.15	4.8	3%	0.16	3.64	4%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-39	191+600	0.12	3.8	3%	0.11	3.87	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-40	191+840	0.09	3.89	2%	0.09	3.89	2%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-41	192+400	0.12	3.56	3%	0.12	3.56	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-42	192+600	0.08	3.7	2%	0.08	3.7	2%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-43	192+900	0.11	3.87	3%	0.11	3.4	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-44	193+300	0.12	3.5	3%	0.12	3.5	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-45	193+400	0.15	4.8	3%	0.09	3.89	2%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-46	193+900	0.12	3.8	3%	0.12	3.56	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-47	194+160	0.16	3.64	4%	0.08	3.7	2%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-48	194+340	0.11	3.87	3%	0.11	3.4	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-49	194+500	0.09	3.89	2%	0.13	3.65	4%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-50	194+900	0.15	4.8	3%	0.1	3.58	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-51	195+200	0.12	3.8	3%	0.11	3.84	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-52	195+500	0.16	3.64	4%	0.1	3.56	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-53	196+000	0.11	3.87	3%	0.15	3.6	4%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-54	196+660	0.09	3.89	2%	0.09	3.52	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple
T-55	196+860	0.12	3.56	3%	0.12	3.54	3%	Si cumple	"Si cumple"	Si cumple

Nota: Elaboración propia del autor.

Figura 28

Resumen de evaluación del bombeo en tangente



Nota: Elaboración propia del autor.

4.2. DISCUSIÓN

4.3.1. Para el primer objetivo específico

“Determinar los parámetros técnicos de diseño geométrico de la carretera Binacional Ilo – Desaguadero km. 181+240 al km. 197+000. a partir de un vuelo con vehículo aéreo no tripulado”. Para determinar 10 Items en evaluación del diseño geométrico de carreteras se usó un equipo no tripulado dron.

Hay que destacar Castro et al. (2024) en su tesis de investigación donde el objetivo fue realizar un análisis comparativo entre el levantamiento topográfico tradicional y el desarrollo con fotogrametría y tecnologías Dron aplicado a un predio, donde concluyo que un levantamiento topográfico con dron es igual de preciso que realizarlo con estación total, teniendo como diferencia de 0.004m2 de diferencia de datos obtenidos.

Por otro lado, Sanchez (2017) en su tesis de investigación donde su objetivo fue determinar el porcentaje de confiabilidad de un levantamiento



topográfico con dron para determinar la precisión y la exactitud del levantamiento, donde concluyo indicando que los datos obtenidos con dron y estación total son como máximo de -4mm y de 3mm, por lo cual considera buena exactitud.

Visto los antecedentes ya mencionados donde indican en términos generales que un levantamiento de información física a partir de ortofotos para fines topográficos con vehículo aéreo no tripulado, tiene la precisión dentro de los parámetros aceptables razón por lo cual en esta investigación se acepta dichos estudios realizados por los antecedentes, porque según mediciones en el Civil 3D y en campo las medidas son similares, con la investigación presentada en los antecedentes no existiría dudas para evaluar según la precisión del vehículo aéreo no tripulado.

4.3.2. Para el segundo objetivo específico

Evaluar el porcentaje de cumplimiento de la norma DG-2018 en la carretera Binacional Ilo – Desaguadero km. 181+240 al km. 197+000.

Con respecto a los parámetros evaluados se tiene que considerar que los parámetros que se muestra o se detallan en la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras DG – 2018 de Perú, todas las carreteras deberían de tener un cumplimiento del 100%, pero en cuanto a la evaluación que se realizó en el tramo 181+240 al km. 197+000. de la carretera Binacional Ilo – Desaguadero se tiene los siguientes resultados:

Tabla 48

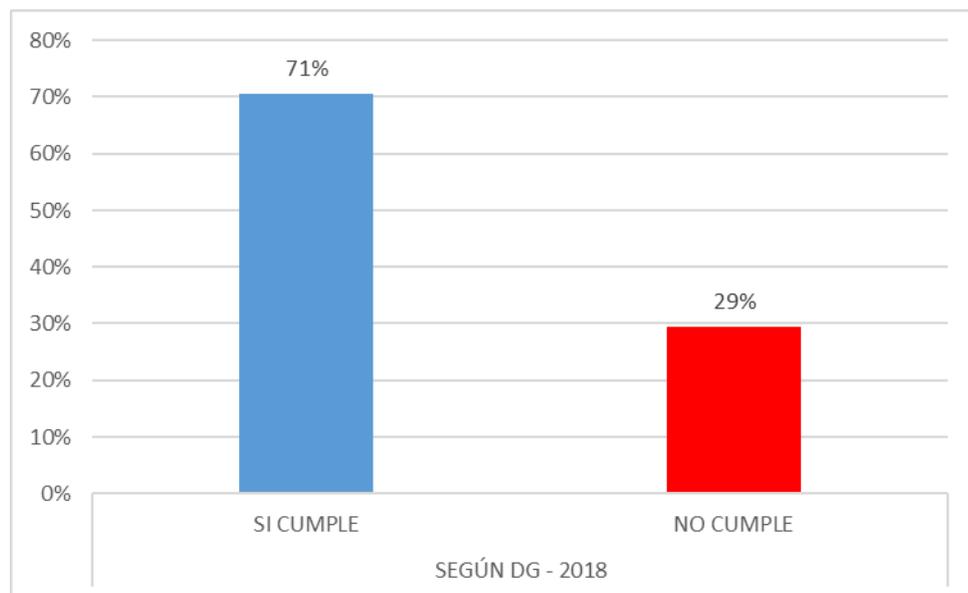
Resumen de parámetros evaluados de la carretera

Parámetros	Norma	Cumple	No cumple
Radio mínimo	DG - 2018	72%	28%
Pendiente mínima y máxima	DG - 2018	100%	0%
Elementos de curva	DG - 2018	76%	24%
Longitud de tangente	DG - 2018	67%	33%
Longitud de curva	DG - 2018	91%	9%
Sobreechancho	DG - 2018	0%	100%
Peralte	DG - 2018	0%	100%
Ancho de calzada y berma	DG - 2018	100%	0%
Bombeo	DG - 2018	100%	0%

Nota: Elaboración propia del autor.

Figura 29

Resumen del porcentaje de cumplimiento respecto a la norma DG – 2018



Nota: Elaboración propia del autor.

4.3.3. Para el tercer objetivo específico

Comparar el diseño geométrico de la carretera Binacional Ilo – Desaguadero km. 181 + 240 al km. 197 + 000. con normas internaciones de diseño geométrico.

En el caso de las Normas Internacionales de Diseño Geométrico de Carreteras como son la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC – Boliviana) y el Ministerio de Obras Publicas de Chile (MOP – de Chile), también se considera, que lo establecido en sus respectivas Normas son reglas que se debe de cumplir al 100% por lo cual el tramo km. 181 + 240 al km. 197 + 000. Se evaluó según estas condiciones teniendo como resultado lo siguiente.

Tabla 49

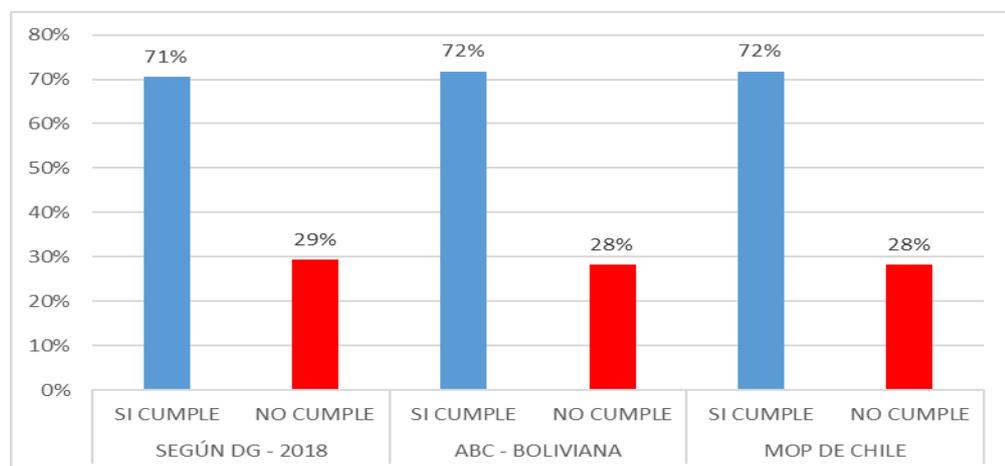
Resumen de evaluación de parámetros de diseño de carreteras según ABC - Boliviana y MOP de Chile

PARAMETROS	SEGÚN ABC DE BOLIVIA		SEGÚN MOP DE CHILE	
	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
Radio mínimo	76%	24%	76%	24%
Pendiente mínima y máxima	100%	0%	100%	0%
Elementos de curva	76%	24%	76%	24%
Longitud de tangente	94%	6%	94%	6%
Sobreancho	0%	100%	0%	100%
Peralte	0%	100%	0%	100%
Ancho de calzada y berma	100%	0%	100%	0%
Bombeo	100%	0%	100%	0%

Nota: Elaboración propia del autor.

Figura 30

Resumen de porcentaje de cumplimiento respecto a normas internacionales



Nota: Elaboración propia del autor.



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: El levantamiento de información física a partir de ortofotos fue realizado con un equipo aéreo no tripulado para la evaluación de los parámetros técnicos de diseño geométrico, se determina que se obtuvo buenos resultados en tiempo, costo y precisión tal como se indicaron en los antecedentes.

SEGUNDA: En la evaluación realizada al tramo km. 181+240 al km 197+000 de la carretera Binacional Ilo – Desaguadero, respecto a la Norma Peruana de Diseño Geométrico de Carreteras, se concluye indicando que los parámetros de cumplimiento a la Norma DG – 2018 con el SI CUMPLE se tiene un 71%, cabe resaltar que en evaluación de sobreechancho de curvas y peraltes de curvas no cumple a lo establecido en la Norma, teniendo como 0% de SI CUMPLE respecto a la Norma DG – 2018, el cual posiblemente sería la razón de accidentes de tránsito de parte de los vehículos trayler y semitrailer, siendo estos los vehículos de mayor dimensión que transitan en la vía en evaluación.

TERCERA: Por otra parte, según la evaluación del tramo km. 181+240 al km 197+000 de la carretera Binacional Ilo – Desaguadero, respecto a Normas Internacionales de Diseño Geométrico de Carreteras. La Administradora Boliviana de Carreteras “ABC de Bolivia”, tiene un porcentaje de cumplimiento de 72% de SI CUMPLE y según el Ministerio de Obras Publicas de Chile “MOP de Chile”, de igual forma que la ABC de Bolivia se tiene un 72% de SI CUMPLE. De acuerdo a la evaluación de parámetros técnicos de diseño geométrico de carreteras entre tres países



Perú, Bolivia y Chile se puede concluir que existe cierta similitud entre las Normas, siendo la Norma Peruana la más rigurosa en peralte de curva y sobreelevación de curva.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA: Con los resultados obtenidos a partir de un vehículo aéreo no tripulado es óptimo para evaluar parámetros de diseño geométrico de una vía, ya que este nos permite llegar de manera rápida a lugares inaccesibles, sobre todo con seguridad y costos económicos, se recomienda tener mayor capacitación para la utilización del vehículo aéreo no tripulado para fines de levantamiento de información en carreteras.

SEGUNDA: Por otro lado, se recomienda cumplir fielmente lo establecido en la norma DG-2018 y se deba considerar un ingeniero de calidad para el control de cumplimiento de parámetros en ejecución de obras de carreteras.

TERCERA: Por lo que se refiere a la evaluación de parámetros técnicos de diseño geométrico de carreteras respecto a normas internacionales, se pudo observar similitud entre las normas de diseño de carreteras de PERU, BOLIVIA Y CHILE, se recomienda considerar en diseño de carreteras, las normas internacionales en zonas de frontera del Perú y a nivel internacional se recomienda estandarizar las normas de diseño geométrico.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Administradora Boliviana de Carreteras. (2008). *Manual de diseño geométrico*. La Paz, Bolivia.
- Ado Engineer SAC. (2018). *Drone para topografía y mapeo*.
- Araujo Cachay, B. J. (2020). *"Evaluación de las características geométricas de la carretera celendin - el suro de acuerdo con las normas de diseño geométrico dg - 2013"*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. repositorio UNC.
- Carrasco Diaz, S. O. (2006). *Metodología de la investigación científica*. San Marcos.
- Casanova Matera, L. (2002). *Topografía Plana*. Merida, Venezuela.
- Castro Rodríguez, J. L., Gambo Hurtado, J. P., & Zambrano Núñez, V. F. (2024). *"Análisis comparativo entre el levantamiento topográfico tradicional, y desarrollo con fotogrametría y tecnologías dron aplicado a un predio del Condominio San Miguel en Piedecuesta, Santander"*. Condominio San Miguel en Piedecuesta, Santander: Repositorio USTA.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/56900/2024ZambranoVictor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chávez Castro, P. A. (2022). *"Estandarización de diseño geométrico a través del análisis de estándares de otros países de sudamérica para actualizar el manual de carreteras - diseño geométrico DG - 2018"*. Trujillo - Peru: Repositorio Universidad Privada Antenor Orrego.
- Flores Lerma, J. E. (2021). *"Estudio topográfico mediante tecnologías gnss y fotogrametría con drones para el empleo en el diseño geométrico de obras viales en la región de Puno"*. Universidad Andina Nestor Cáceres Velásquez, Puno. Puno: Repositorio UANCV.



- García Figueroa, L. O. (2014). *"Evaluación del diseño geométrico de la carretera casma - huaraz, tramo km 135+000 al km 145+600, aplicado el manual de diseño geométrico dg-2014, año 2016"*. Universidad Alas Peruanas, Ancash. Repositorio UAP.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *"Metodología de la Investigación"*.
- Huacho Torres, V., & Mallma Garzon, A. R. (2020). *"Evaluación de parámetros de diseño en la carretera Lircay - Secclla - Angaraes - Huancavelica"*. Repositorio Universidad Nacional de Huancavelica.
- Instituto Geográfico Nacional. (2024). *Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica*. <https://www.ign.es/web/gds-teoria-geodesia#:~:text=La%20Geodesia%20es%20la%20ciencia,la%20tierra%20en%20el%20espacio.>
- Lalangui Jaramillo, Y. J., & Zárate Torres, B. A. (2020). "Evaluación del modelo digital de terreno obtenido mediante técnicas de fotogrametría con vnt y con técnicas gnss aplicados a proyectos viales en zonas de mediana vegetación". *Revistas Unilibre*, 10. <https://doi.org/https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.6636>
- López, P. L. (2004). "Población Muestra y Muestreo". *SCIELO*.
- Maquera Mamani, C. C. (2018). *"Comparación de velocidades de vehículos en condiciones reales con la norma dg 2014, en la Curva del Diablo - Puno"*. Universidad Nacional del Altiplano Puno, Puno. Repositorio UNAP.
- Melendez Muñoz, M. Á. (2019). *"Análisis técnico del diseño geométrico de la carretera nacional PE-3N, con relación al manual de carreteras DG-2018, Tramo: Km. 136+000-Km.141+000"*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna.
- Mendoza Dueñas, J. (2020). *Topografía y geodesia*. Lima, Perú: Maraucanos Eirl.



- Ministerio de Obras Publicas de Chile. (2022). *Manual de carreteras instrucciones y criterio de diseño*. Chile.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de carreteras: diseño geometrico DG - 2018*.
- Nacional, I. G. (junio de 2016). Norma técnica geodésica. *especificaciones técnicas para levantamientos geodésicos verticales*.
- Pajares, G. (2015). Panorama y estado actual de las aplicaciones de teledeteccion basada en vehiculos aereos no tripulados (UAV). *81(4)*, 50.
<https://doi.org/https://doi.org/10.14358/PERS.81.4.281>
- Pérez Álvarez, J. A. (2001). *Apuntes de Topografía III*. Merida.
- Rincón Villalba , M. A., Vargas Vargas, W. E., & González Vergara, C. J. (2012). *Planimetria*. Bogota, Colombia: Ecoe Ediciones.
- Samaniego Melo, E. (2021). *"Aplicacion de drones para el mejoramiento y rehabilitacion del camino vecinal moyobamba - Santa Rosa - Chonta - Santa Cruz - km 214 a la carretera Interoceanica del distrito de Chipao Lucanas. Ayacucho 2020"*. Universidad Privada del Norte, Lima. Lima: Repositorio UPN.
- Sanches Vargas, I. J. (2017). *"Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topografico con dron en la Plaza San Luis - 2017"*. Nuevo Chimbote - Perú: Repositorio Universidad Cesar Vallejo.
- Santamaría Peña, J., & Sanz Méndez, T. (2011). *Fundamentos de la fotogrametria*. Universidad de La Rioja.
- Turpo Cayo, D. M. (2018). *"Analisis de velocidad de diseño y operacion en la consistencia del diseño geometrico segun DG - 2018 en la carretera Puno - Juliaca, Tramo Km 1349+000 - Km 1353+000"*. Universidad Nacional Del Altiplano Puno, Puno. Respositorio Unap.



Vázquez Luna, J. L. (2019). Diseño de investigación. México: Anáhuac.

Ventura - Leon, J. L. (2017). ¿Poblacion o muestra?: una diferencia necesaria.

ANEXOS

ANEXO 1. Ubicación del hito de la progresiva final de tramo

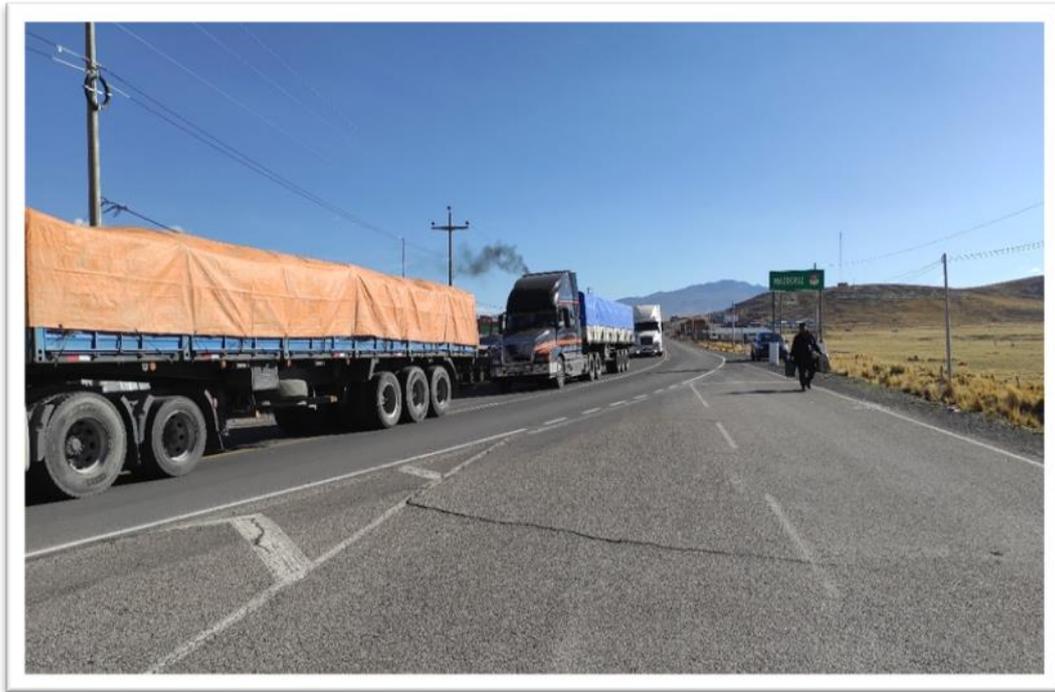


ANEXO 2. Vehículo con placa chilena transitando por la carretera en evaluación





ANEXO 3. Estudio de tráfico, vehículo de carga pesada procedente de Bolivia



ANEXO 4. Vehículo de carga pesada siniestrado en el km.183+900





ANEXO 5. Certificado de operatividad del vehículo aéreo no tripulado



CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Cliente: TURPO SUCARI BRUNO
Equipo: Drone + Mobile Station
Marca: DJI
Modelo: Phantom modelo 4 Pro RTK
Serie: 0V2DGAXRA30019 / 255DG8GR029C51

Fecha de Mant.: 30/06/2024

GEODESIA Y TOPOGRAFIA S.A.C, Certifica que el Equipo topográfico arriba descrito cumple con las especificaciones técnicas de la Fabrica y los estándares internacionales establecidas.

En las pruebas efectuadas en Tiempo Real (RTK), los equipos se encuentran dentro de las tolerancias del fabricante.

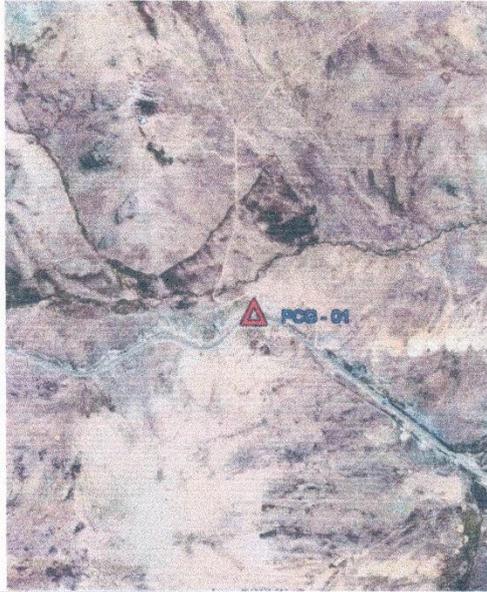
Lima, Junio 2023.

Atentamente.



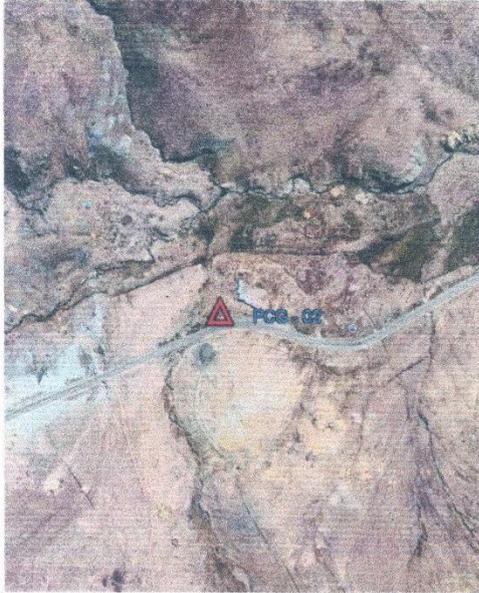
GEOTOP S.A.C.
GEODESIA Y TOPOGRAFIA S.A.C.
EDWING ARGANDOÑA DELGADO
REPRESENTANTE
Edwing Argandoña Delgado
GERENTE COMERCIAL

ANEXO 6. Ficha monográfica del primer punto geodésico

DESCRIPCION MONOGRAFICA DE PUNTOS CONTROL GEODESICO			
TESIS "VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO PARA LA EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA BINACIONAL ILO – DESAGUADERO KM 181+240 AL KM 197+00 CON NORMAS INTERNACIONALES"			
CÓDIGO PCG-01	LOCALIDAD CP SANTA ROSA	ESTABLECIDA POR: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA ROSA	
UBICACIÓN: SANTA ROSA - MAZOCRUZ		CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA: Es un hito de concreto incrustado con una placa de bronce, grabado con el código PCG-01	
LATITUD (S) WGS-84 S16° 45'59.875"	LONGITUD (W) WGS-84 A69° 57'41.744"	NORTE (N) WGS-84 8145990.5654	ESTE (E) WGS-84 397510.6053
ALTURA ELIPSOIDAL 4587.646		ELEVACIÓN (EGM08) 4543.321	ZONA UTM 19
ORDEN DEL PUNTO GEODÉSICO GEORREFERENCIADO			
CROQUIS TOPOGRÁFICO		IMAGEN DE RASTREO DE ANTENA	
			
		IMAGEN DEL DISCO	
			
DESCRIPCIÓN			
PCG-01: Se ubica en el km 183+920, de la carretera Binacional en C.P. santa Rosa, a 10.80m lado izquierdo, comunidad Rosario Sahacata, punto en concreto de 0.40m x 0.40m x 0.70m con placa de bronce en el centro.			
DESCRITA POR:	REVISADO POR:		FECHA:
	 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA ROSA MAZOCRUZ ING. NICOLÁS O. CHÁVEZ SANDOVAL SUB GERENTE DE INFRAESTRUCTURA		NOVIEMBRE 2021

NOTA: LOS PUNTOS GEODESICOS UTILIZADOS EN ESTE TESIS, SON PROPIEDAD DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA ROSA.

ANEXO 7. Ficha monográfica del segundo punto geodésico

DESCRIPCION MONOGRAFICA DE PUNTOS CONTROL GEODESICO			
TESIS "VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO PARA LA EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA BINACIONAL ILO – DESAGUADERO KM 181+240 AL KM 197+00 CON NORMAS INTERNACIONALES"			
CÓDIGO PCG-02	LOCALIDAD C.P. SANTA ROSA	ESTABLECIDA POR: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA ROSA	
UBICACIÓN: SANTA ROSA - MAZOCRUZ		CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA: Es un hito de concreto incrustado con una placa de bronce, grabado con el código PCG-02	
LATITUD (S) WGS-84 S16°45'58.077"	LONGITUD (W) WGS-84 A69° 56'53.399"	NORTE (N) WGS-84 8146052.6512	ESTE (E) WGS-84 398941.7915
ALTURA ELIPSOIDAL 4502.121		ELEVACIÓN (EGM08) 4457.799	ZONA UTM 19
ORDEN DEL PUNTO GEODÉSICO GEORREFERENCIADO			
CROQUIS TOPOGRÁFICO		IMAGEN DE RASTREO DE ANTENA	
			
		IMAGEN DEL DISCO	
			
DESCRIPCIÓN			
PCG-02: Se ubica en el km 185+720, de la carretera Binacional en C.P. santa Rosa, a 20.0m lado izquierdo, comunidad Rosario Sahacata, punto en concreto de 0.40m x 0.40m x 0.70m con placa de bronce en el centro.			
DESCRITA POR:	REVISADO POR:		FECHA:
	 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA ROSA MAZOCRUZ ING. NICOLAS O. CHAVEZ SANDOVAL SUB GERENTE DE INFRAESTRUCTURA DESARROLLO URBANO Y RURAL		NOVIEMBRE 2021

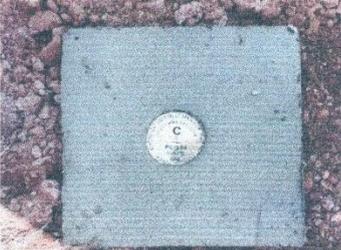
NOTA: LOS PUNTOS GEODESICOS UTILIZADOS EN ESTE TESIS, SON PROPIEDAD DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA ROSA.

ANEXO 8. Ficha monográfica del tercer punto geodésico

DESCRIPCION MONOGRAFICA DE PUNTOS CONTROL GEODESICO			
TESIS "VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO PARA LA EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA BINACIONAL ILO – DESAGUADERO KM 181+240 AL KM 197+00 CON NORMAS INTERNACIONALES"			
CÓDIGO PCG-03	LOCALIDAD C.P. SANTA ROSA	ESTABLECIDA POR: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA ROSA	
UBICACIÓN: SANTA ROSA - MAZOCRUZ		CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA: Es un hito de concreto incrustado con una placa de bronce, grabado con el código PCG-03	
LATITUD (S) WGS-84 516°45'34.451"	LONGITUD (W) WGS-84 A69°53'7.3720"	NORTE (N) WGS-84 8146809.6118	ESTE (E) WGS-84 405630.8513
ALTURA ELIPSOIDAL 4323.440		ELEVACIÓN (EGM08) 4279.120	ZONA UTM 19
ORDEN DEL PUNTO GEODÉSICO GEORREFERENCIADO			
CROQUIS TOPOGRÁFICO		IMAGEN DE RASTREO DE ANTENA	
		IMAGEN DEL DISCO	
DESCRIPCIÓN PCG-03: Se ubica en el km 193+540, de la carretera Binacional en C.P. santa Rosa, a 11.50m lado izquierdo, comunidad Rosario Sahacata, punto en concreto de 0.40m x 0.40m x 0.70m con placa de bronce en el centro.			
DESCRITA POR:		REVISADO POR:	FECHA:
		 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA ROSA MAZOCRUZ ING. NICOLÁS O. CHÁVEZ SANDOVAL SUB GERENTE DE INFRAESTRUCTURA DESARROLLO URBANO Y RURAL	NOVIEMBRE 2021

NOTA: LOS PUNTOS GEODESICOS UTILIZADOS EN ESTE TESIS, SON PROPIEDAD DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA ROSA.

ANEXO 9. Ficha monográfica del cuarto punto geodésico

DESCRIPCION MONOGRAFICA DE PUNTOS CONTROL GEODESICO			
TESIS "VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO PARA LA EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA BINACIONAL ILO – DESAGUADERO KM 181+240 AL KM 197+00 CON NORMAS INTERNACIONALES"			
CÓDIGO PCG-04	LOCALIDAD C.P. SANTA ROSA	ESTABLECIDA POR: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA ROSA	
UBICACIÓN: SANTA ROSA - MAZOCRUZ		CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA: Es un hito de concreto incrustado con una placa de bronce, grabado con el código PCG-04	
LATITUD (S) WGS-84 516°45'59.992"	LONGITUD (W) WGS-84 A69°52'23.857"	NORTE (N) WGS-84 8146030.3908	ESTE (E) WGS-84 406922.7411
ALTURA ELIPSOIDAL 4259.457		ELEVACIÓN (EGM08) 4215.067	ZONA UTM 19
ORDEN DEL PUNTO GEODÉSICO GEORREFERENCIADO			
CROQUIS TOPOGRÁFICO		IMAGEN DE RASTREO DE ANTENA	
			
		IMAGEN DEL DISCO	
			
DESCRIPCIÓN PCG-04: Se ubica en el km 195+300, de la carretera Binacional en C.P. santa Rosa, a 5.50m lado izquierdo, comunidad Rosario Sahacata, punto en concreto de 0.40m x 0.40m x 0.70m con placa de bronce en el centro.			
DESCRITA POR:		REVISADO POR:	FECHA:
		MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA ROSA MAZOCRUZ  ING. NICOLÁS O. CHAVEZ SANDOVAL SUB GERENTE DE INFRAESTRUCTURA DESARROLLO URBANO Y LOCAL	NOVIEMBRE 2021

NOTA: LOS PUNTOS GEODESICOS UTILIZADOS EN ESTE TESIS, SON PROPIEDAD DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA ROSA.

ANEXO 10. Ficha de Rastreo Permanente

	INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO	
FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS DE RASTREO PERMANENTE		
0. DATOS GENERALES:		
	Preparado por:	Departamento de Procesamiento Geodésico
	Realizado:	16 de mayo de 2018
	Versión:	3
1. INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS:		
	Nombre:	Juliaca
	Código Nacional:	PU02
	Código Internacional:	42228M001
	Inscripción:	Placa de bronce
	Orden de la estación:	0
	Fecha de monumentación:	3 de abril de 2010
2. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN:		
	Departamento:	Puno
	Provincia:	San Román
	Distrito:	Juliaca
	Ubicación de la estación:	Universidad Peruana la Unión
CROQUIS DE UBICACIÓN		
USUARIO: Ing. Rosmery Chacón Rodríguez / FECHA: 8/03/2019 09:43 / FACTURA E: N° S/N		
PU02 1 4		



	INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO		
3. COORDENADAS DE LA ESTACIÓN:			
Sistema de referencia: GRS80 / WGS84		Marco de referencia: ITRF2000	
3.1. GEODÉSICAS:			
	Latitud (S)	Longitud (O)	
	15° 30' 51.75421"	70° 10' 45.77113"	
	Altura Elipsoidal (m)	Factor de escala combinado	
	3880.5983	0.999797846676	
3.2. CARTESIANAS			
	X (m)	Y (m)	Z (m)
	2085642.7933	-5786561.0103	-1696048.2321
3.3. UTM			
	Este (m)	Norte (m)	
	373508.2191	8284432.1667	
	Zona: 19 Sur		
4. INFORMACIÓN SOBRE EL EQUIPO GNSS			
4.1. RECEPTOR:			
Modelo:	NET R9 TRIMBLE, Doble frecuencia		
N° de serie:	5742R51312		
Versión del firmware:	5.22		
Fecha de instalación:	10 de mayo de 2018		
Ubicación del receptor:	El receptor se encuentra dentro de una caja metálica de color blanco humo empotrada a la pared, ubicada en el Laboratorio del Colegio Adventista del Titicaca de la mencionada universidad.		
4.2. ANTENA:			
Modelo:	Zephyr Geodetic Model 3 (L1,L2) Trimble		
N° de serie:	1551129465		
Cubierta protectora:	con domo		
Medición de la antena:	ARP		
Altura de la antena:	0.0750 m		
Fecha de instalación:	10 de mayo de 2018		
Ubicación de la antena:	La antena se encuentra sobre un monumento de concreto de 2.00 m de alto y 40 cm x 40 cm de ancho de color azul, ubicada en el techo de la oficina de informática de la mencionada universidad.		
USUARIO: Ing. Romery Chucón Rodríguez / FECHA: 8/03/2019 09:43 / FACTURA E: N° S/N			PU02 2 4

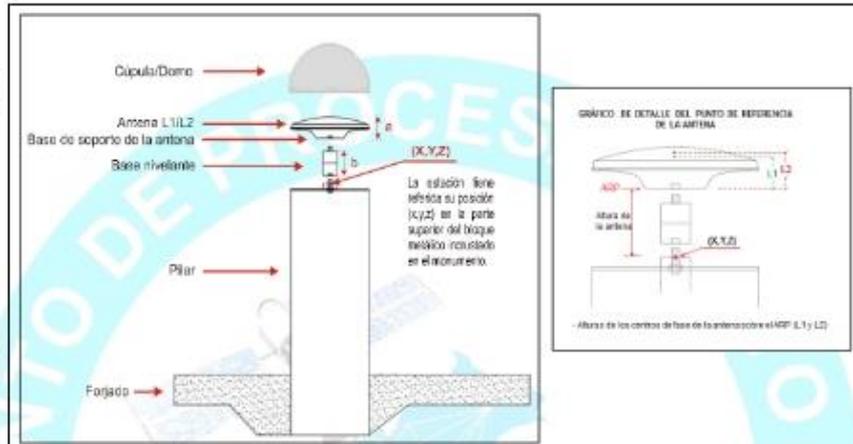


INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



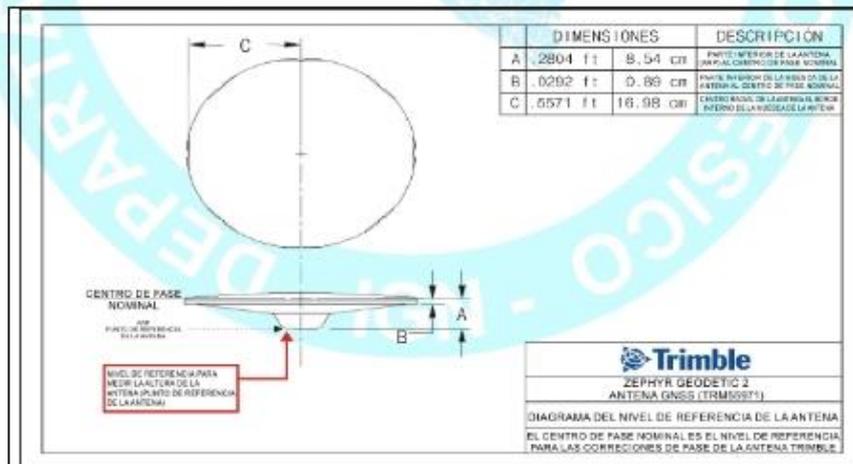
5. ESQUEMA DE LA ESTACIÓN

5.1. ESQUEMA DE ALTURA DE LA ANTENA



a = 8.54 cm	Distancia de compensación del centro de fase. (Phase Center Offset)
b = 7.50 cm	Distancia entre la base de soporte de la antena y el límite superior del bloque metálico incrustado en el monumento.

5.2. DIMENSIONES DE LA ANTENA





INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



6. INFORMACIÓN SOBRE EL PROCESAMIENTO

Área de mantenimiento: DPG
Área de control: DPG
Área de procesamiento: DPG
Observables: L1, L2, C1, P2
Intervalo de registro: 5 seg
Máscara de elevación: 5°
Archivo diario: 24 HRS
Formato de archivo nativo: *T01
Datos para el procesamiento: 22 de noviembre al 10 de diciembre de 2017
Tipo de órbita: Efemérides precisas finales
Archivo procesado: Rinex 2.11
Software de procesamiento: Gamit / Globk V 10.6
Autor: Mario César Mendoza Del Aguila
Revisado por: MY EP. Julio Saenz Acuña

7. CONTACTOS

Oficina: Departamento de Procesamiento Geodésico
Dirección: Av. Andrés Aramburú 1184, Surquillo, Lima 34, Perú
Teléfono: 4759960 / 4753030 Anexo 120
Correo: cpg@ign.gob.pe / cpg.ign@hotmail.com
Web site: http://209.45.65.186/rastreo_permanente





GEO TOP AQP

la casa del ing. topógrafo

SERVICIOS-VENTA-CALIBRACION-REPARACION

- SERVICIOS TOPOGRÁFICOS
- CARRETERAS - CANALES
- TUBERÍAS - MONTAJE
- REPRESAS - FUENTES - LINEAS
- MINERÍA SUPERFICIAL
- MINERÍA SUBTERRÁNEA
- PUNTOS GEODÉSDICOS (fast static)

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD
CERTIFICATE OF OPERATION

DATOS DEL EQUIPO

DATOS DEL CLIENTE

Equipo : RECEPTOR GNSS	Persona Natural o
Fabricante : TRIMBLE	Jurídica : CONSULTORES Y CONSTRUCTORES JR MORALES S.C.R.L.
Modelo : R8 model 3	Dirección : Psje Santos Tito C-4,telf 951554074
N° Serie : 5248869701	RUC / DNI : 20448258727

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Nro : 008-08/21
Fecha : 20/08/2021

Imagen de Receptor :



Geotop Ingeniería AQP E.I.R.L. :

Certifica que el equipo topografico arriba descrito cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos.

En las pruebas efectuadas en Tiempo real los equipos, estos se encuentran dentro de las tolerancias del fabricante.

PRECISIÓN LEVANTAMIENTO GPS Post Proceso (Estatic & Fast Estatic) Y Cinematico Tiempo Real (RTK)

HORIZONTAL	3 mm + 0.5 ppm RMS	HORIZONTAL	10 mm + 1 ppm RMS
VERTICAL	5 mm + 0.5 ppm RMS	VERTICAL	15 mm + 1 ppm RMS

FECHA DE MANTENIMIENTO

Fecha	Mantenimiento	Prueba de Operatividad	Fecha de Vencimiento	Observación
20-08-2021	x	x	20/08/2022	% 100 OPERATIVO

Responsable Técnico J. YOVANI FLORES TEVES	GERENTE GENERAL GEO TOP AQP E.I.R.L.
  Ing. TOPOGRAFICO Y AGRIMENSOR J. YOVANI FLORES TEVES ESPECIALISTA GNSS / CIP: 195571	  Jesús Pinedo Andrade GERENTE GENERAL
	

Calle Paucarpata N° 397 Cercado Arequipa Telf: 054-232410 RPC: 997956688 MOV. 95997621 RPM #264460 RPC: 959918325
geotopaqp@hotmail.com www.geotopaqp.com

ANEXO 11. Certificado de operatividad de equipos GNSS.

GEO TOP AQP

la casa del ing. topógrafo

SERVICIOS-VENTA-CALIBRACION-REPARACION

- SERVICIOS TOPOGRÁFICOS
- CARRETERAS - CANALES
- TUBERÍAS - MONTAJE
- REPRESAS - FUENTES - LINEAS
- MINERÍA SUPERFICIAL
- MINERÍA SUBTERRÁNEA
- PUNTOS GEODÉSICOS (fast static)

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD
CERTIFICATE OF OPERATION

Mant. General
Reparación
Operatividad
Garantía
Nuevo

DATOS DEL EQUIPO

Equipo	: RECEPTOR GNSS
Fabricante	: TRIMBLE
Modelo	: R8 model 3
N° Serie	: 5248009700

DATOS DEL CLIENTE

Persona Natural o Jurídica	: CONSULTORES Y CONSTRUCTORES JR MORALES S.C.R.L.
Dirección	: Psaje Santos Tito C-4, tef 951554074
RUC / DNI	: 20448258727

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Nro : 008-08/21
 Fecha : 20/08/2021

Imagen de Receptor :

Geotop Ingenieria AQP E.I.R.L. :

Certifica que el equipo topografico arriba descrito cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estandares internacionales establecidos.

En las pruebas efectuadas en Tiempo real los equipos, estos se encuentran dentro de las tolerancias del fabricante.

PRECISIÓN LEVANTAMIENTO GPS Post Proceso (Estatic & Fast Estatic) Y Cinematico Tiempo Real (RTK)

HORIZONTAL	3 mm + 0.5 ppm RMS	HORIZONTAL	10 mm + 1 ppm RMS
VERTICAL	5 mm + 0.5 ppm RMS	VERTICAL	15 mm + 1 ppm RMS

FECHA DE MANTENIMIENTO

Fecha	Mantenimiento	Prueba de Operatividad	Fecha de Vencimiento	Observación
20-08-2021	x	x	20/08/2022	% 100 OPERATIVO

Responsable Técnico J. YOVANI FLORES TEVES	GERENTE GENERAL GEO TOP AQP E.I.R.L.

Calle Paucarpata N° 397 Cercado Arequipa Telf: 054-232410 RPC: 997956688 MOV. 95997621 RPM #264460 RPC: 959918325
geotopaqp@hotmail.com www.geotopaqp.com



ANEXO 12. Declaración jurada de autenticidad de tesis.



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo LENIN SMITH ZAPANA SACARI,
identificado con DNI 45783932 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO PARA LA EVALUACIÓN DEL DISEÑO
GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA BINACIONAL ILO - DESAGUADERO
KM 181+240 AL KM 197+000 CON NORMAS INTERNACIONALES”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 05 de DICIEMBRE del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo MARIO Hwasupe Callata,
identificado con DNI 42326387 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
“VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO PARA LA EVALUACIÓN DEL DISEÑO
GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA BINACIONAL ILO-DESAGUADERO KM
181+240 AL KM 197+000 CON NORMAS INTERNACIONALES.”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 05 de DICIEMBRE del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 13. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo LENIN SMITH ZAPANA SACARI,
identificado con DNI 45783932 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA,
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO PARA LA EVALUACIÓN DEL DISEÑO
GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA BINACIONAL ILO - DESAGUADERO
KM 181+240 AL KM 197+000 CON NORMAS INTERNACIONALES"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 05 de DICIEMBRE del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo MARIO HUASCUPE CALLATA,
identificado con DNI 42326387 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y ABRIMENSURA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO PARA LA EVALUACIÓN DEL DISEÑO
GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA BINACIONAL ILO- DESAGUADERO KM
181+240 AL KM 197+000 CON NORMAS INTERNACIONALES ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 05 de NOVIEMBRE del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 14. Plano final