



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS EMPLEANDO SOFTWARE CIVIL-3D
PARA OPTIMIZACIÓN DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA RUTA PU-804
DEL DISTRITO DE SAMAN, PROVINCIA DE AZÁNGARO DEL CORREDOR VIAL
N°39 DE RED VIAL VECINAL EMPALME PE 34H-PUNO

Línea de investigación:

Seguridad vial e infraestructura de transporte

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Torres Huarcaya, Billy Joe

Asesor:

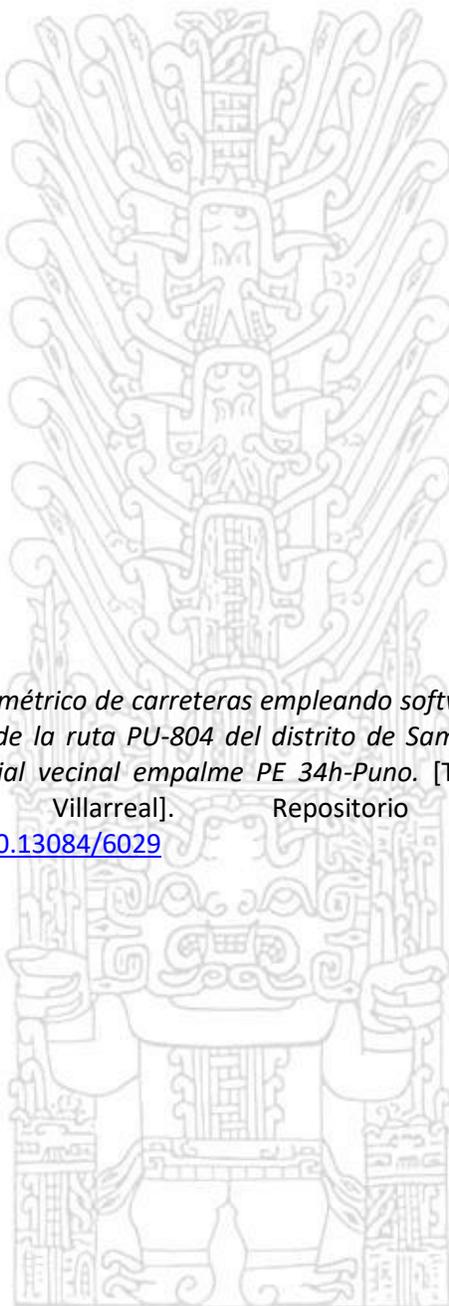
Aybar Arriola, Gustavo Adolfo
(ORCID: 0000-0001-8625-3989)

Jurado:

Ramos Flores, Miguel Ángel
Torres Matos, Amparo Paulina
Jaramillo Tarazona, Francisco

Lima - Perú

2022



Referencia:

Torres, B. (2022). *Diseño geométrico de carreteras empleando software Civil-3D para optimización de transitabilidad vehicular de la ruta PU-804 del distrito de Samán, provincia de Azángaro del corredor vial N°39 de red vial vecinal empalme PE 34h-Puno*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/6029>



Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS EMPLEANDO SOFTWARE CIVIL-3D PARA
OPTIMIZACIÓN DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA RUTA PU-804 DEL
DISTRITO DE SAMAN, PROVINCIA DE AZÁNGARO DEL CORREDOR VIAL N°39 DE
RED VIAL VECINAL EMPALME PE 34H-PUNO

Línea de Investigación:

Seguridad Vial e Infraestructura de Transporte

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Torres Huarcaya, Billy Joe

Asesor:

Aybar Arriola, Gustavo Adolfo
(ORCID: 0000-0001-8625-3989)

Jurado:

Ramos Flores, Miguel Ángel
Torres Matos, Amparo Paulina
Jaramillo Tarazona, Francisco

Lima – Perú

2022

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi padre Claudio, que falleció hace más de 1 año y quien me enseñó a luchar hasta el final y no rendirme, gracias por ser ese soporte. A mi madre Zoila por su apoyo incondicional, sus sabios consejos y por su inmenso amor. A mis hermanos que siempre creyeron en mí y nunca dudaron de mi capacidad, a mis amistades que siempre me dieron las fuerzas para seguir adelante.

Agradecimiento

A mis padres Zoila Huarcaya y Claudio Torres, por su amor incondicional y por todo el apoyo brindado, este logro se lo debo a ustedes.

A mis hermanos Zoila y Claudio por estar pendientes de mi y no dudar de mis capacidades.

A mi querida Alma Máter, la Universidad Nacional Federico Villarreal, por todo el conocimiento que me transmitió en sus aulas.

A mis amigos, por los buenos momentos compartidos y las experiencias maravillosas.

Y a mi querido Django, gracias por ser parte de mi vida y por tu especial compañía.

A la vida por existir

Índice general

Dedicatoria.....	2
Agradecimiento.....	3
Resumen.....	15
Abstract.....	16
I. Introducción.....	17
1.1 Descripción y formulación del problema.....	18
<i>1.1.1. Problemas Generales</i>	19
<i>1.1.2. Problemas Específicos</i>	19
1.2 Antecedentes.....	19
<i>1.2.1. En el ámbito internacional</i>	19
<i>1.2.2. En el ámbito nacional</i>	21
1.3. Objetivos.....	22
<i>1.3.1. Objetivo general</i>	22
<i>1.3.2. Objetivos específicos</i>	22
1.4. Justificación.....	23
1.5. Hipótesis.....	23

1.5.1. <i>Hipótesis General</i>	23
1.5.2. <i>Hipótesis Específicos</i>	24
II. Marco teórico	25
2.1 Bases teóricas.....	25
2.2 Diseño Geométrico de Carreteras	25
2.3 Clasificación de la carretera.....	25
2.3.1. <i>Clasificación de acuerdo a la demanda:</i>	26
2.3.2. <i>Clasificación por condiciones orográficas:</i>	27
2.4 Vehículo de Diseño.....	28
2.5 Velocidad de Diseño	29
2.6 Distancia de Visibilidad.....	30
2.7 Diseño Geométrico en planta o Alineamiento Horizontal.....	34
2.7.1 <i>Tangentes</i>	34
2.7.2 <i>Radios Mínimos</i>	35
2.7.3 <i>Sobreeancho</i>	36
2.8 Diseño Geométrico en Perfil o Alineamiento vertical.....	37
2.8.1 <i>Pendientes</i>	37

2.8.2	<i>Curvas Verticales</i>	38
2.9	Sección transversal.....	39
2.9.1	<i>Calzada o superficie de rodadura</i>	40
2.9.2	<i>Berma</i>	41
2.9.3	<i>Bombeo</i>	42
2.9.4	<i>Peralte</i>	43
2.9.5	<i>Taludes</i>	43
III.	Método	45
3.1	Tipo de investigación.....	45
3.2	Ámbito temporal y espacial	45
3.3	Variables	45
3.4	Población y muestra.....	46
3.5.	Instrumentos.....	47
3.6.	Procedimientos.....	48
3.6.1	<i>Procedimiento de recolección de datos</i>	48
3.6.2	<i>Procesamiento de datos.</i>	48
3.6.3	<i>Resultados de los Procesamientos.</i>	49

3.6.4	<i>Guía Del Diseño Geométrico (PU-804)</i>	51
3.7	Análisis de datos	53
3.7.1	<i>Ubicación de la zona en estudio</i>	53
3.7.2	<i>Área de influencia</i>	55
3.7.3	<i>Estado actual de la vía</i>	57
3.7.4	<i>Descripción de la ruta</i>	59
IV.	Resultados.....	61
4.1	Parámetros Obtenidos del Diseño Geométrico	61
4.2	Superficie	62
4.3	Clasificación de la Carretera.....	63
4.3.1	<i>Por su Orografía</i>	63
4.3.2	<i>Por su Demanda</i>	64
4.3.3	<i>Clasificación vial</i>	66
4.4	Vehículo de Diseño.....	66
4.5	Velocidad de Diseño	67
4.6	Diseño Geométrico en Planta o Alineamiento Horizontal.....	67
4.6.1	<i>Sobreechancho</i>	69

	8
4.6.2 <i>Peraltes</i>	70
4.7 Diseño Geométrico en Perfil o Alineamiento Vertical.....	72
4.7.1 <i>Pendientes</i>	73
4.7.2 <i>Curvas Verticales</i>	73
4.8 Creación de Obra lineal (Subensamblajes).....	74
4.8.1. <i>Calzada o superficie de rodadura</i>	75
4.8.2. <i>Bombeo</i>	75
4.8.3. <i>Taludes</i>	75
4.8.4. <i>Berma</i>	76
4.9 Creación del Corredor (Carretera)	77
4.10 Secciones Transversales.....	78
4.11 Cálculo de movimientos de tierra	79
V. Discusión de resultados.....	81
VI. Conclusiones.....	84
VII. Recomendaciones	85
VIII. Referencias.....	86
IX. Anexos	90

Índice de figuras

Figura 1 <i>Giro minimo para omnibus de dos ejes (B2) trayectoria 30°</i>	29
Figura 2 <i>Distancia de visibilidad de adelantamiento</i>	33
Figura 3 <i>Distancia de visibilidad de paso</i>	33
Figura 4 <i>Sección Transversal típica en tangente</i>	39
Figura 5 <i>Sección Transversal típica a media ladera vía de dos carriles en curva</i>	39
Figura 6 <i>Diagrama de procedimiento de diseño geométrico</i>	49
Figura 7 <i>Flujo de trabajo de Diseño Geométrico en Civil 3D y Manual de Carreteras DG-2018</i>	51
Figura 8 <i>Mapa de ubicación del Corredor Vial N°39</i>	54
Figura 9 <i>Inicio de la ruta PU-804</i>	59
Figura 10 <i>Zona intermedia de la ruta PU-804</i>	60
Figura 11 <i>Final de la ruta PU-804</i>	60
Figura 12 <i>Superficie de la carretera en Agisoft</i>	62
Figura 13 <i>Superficie de la carretera en civil 3D</i>	62
Figura 14 <i>Pendiente Transversal</i>	63

	10
Figura 15 <i>Trafico Proyectado</i>	65
Figura 16 <i>Alineamiento horizontal en la ortofoto con cuadro de radio y tangentes</i>	68
Figura 17 <i>Ortofoto y trazo de toda la ruta Pu-804</i>	68
Figura 18 <i>Creación de sobreanchos mínimo 1.0 según DG-2018</i>	69
Figura 19 <i>Cuadro de peraltes en Civil 3D</i>	70
Figura 20 <i>Diagrama de Peraltes</i>	70
Figura 21 <i>Gráfico de Peraltes en la carretera</i>	71
Figura 22 <i>Rasante con su cuadro de parámetro de diseño según DG -2018</i>	72
Figura 23 <i>Bandas del perfil longitudinal</i>	72
Figura 24 <i>Pendientes menores a 10%</i>	73
Figura 25 <i>Curvas Cóncavas y Convexas</i>	74
Figura 26 <i>Parámetros y creación de obra lineal</i>	74
Figura 27 <i>Parámetros de Diseño</i>	77
Figura 28 <i>Propiedades del corredor</i>	78
Figura 29 <i>Secciones Transversales</i>	79
Figura 30 <i>Áreas de corte y relleno</i>	80
Figura 31 <i>Tabla de movimiento de Tierras</i>	80

Figura 32 <i>Foto 01</i>	95
Figura 33 <i>Foto 02</i>	95
Figura 34 <i>Foto 03</i>	95
Figura 35 <i>Foto 04</i>	96
Figura 36 <i>Foto 05</i>	96
Figura 37 <i>Foto 06</i>	97
Figura 38 <i>Plano N°01 de planta y perfil longitudinal</i>	99
Figura 39 <i>Plano N°02 de planta y perfil longitudinal</i>	99
Figura 40 <i>Plano N°03 de planta y perfil longitudinal</i>	101
Figura 41 <i>Plano N°04 de planta y perfil longitudinal</i>	102
Figura 42 <i>Plano N°05 de planta y perfil longitudinal</i>	102
Figura 43 <i>Plano N°06 de planta y perfil longitudinal</i>	103
Figura 44 <i>Plano N°07 de planta y perfil longitudinal</i>	104
Figura 45 <i>Plano N°08 de planta y perfil longitudinal</i>	105
Figura 46 <i>Plano N°09 de planta y perfil longitudinal</i>	106
Figura 47 <i>Plano N° 01 de secciones transversales</i>	107
Figura 48 <i>Plano N° 02 de secciones transversales</i>	108

Figura 49 <i>Plano N° 03 de secciones transversales</i>	110
Figura 50 <i>Plano N° 04 de secciones transversales</i>	111
Figura 51 <i>Plano N° 05 de secciones transversales</i>	111
Figura 52 <i>Plano N° 06 de secciones transversales</i>	112
Figura 53 <i>Ficha de recoleccion de datos 01</i>	115
Figura 54 <i>Ficha de recoleccion de datos 02</i>	115
Figura 55 <i>Ficha de recoleccion de datos 03</i>	116
Figura 56 <i>Ficha de recoleccion de datos 04</i>	117
Figura 57 <i>Ficha de recolección de datos 05</i>	119

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Tipos de vehículos</i>	29
Tabla 2 <i>Cuadro de velocidad de diseño</i>	30
Tabla 3 <i>Distancia de Visibilidad de parada en metros(m), pendiente %</i>	31
Tabla 4 <i>Distancia de visibilidad de parada con pendiente (m)</i>	31
Tabla 5 <i>Longitud minima de tangentes</i>	35
Tabla 6 <i>Radios mínimos y peraltes máximos</i>	36
Tabla 7 <i>Pendientes máximas</i>	38
Tabla 8 <i>Anchos de calzada</i>	41
Tabla 9 <i>Anchos de berma</i>	42
Tabla 10 <i>Cuadro de bombeo de la vía por tramos</i>	43
Tabla 11 <i>Taludes referenciales en zonas de corte</i>	44
Tabla 12 <i>Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes)</i>	44
Tabla 13 <i>Principales rutas que forman parte del Corredor Vial N°39</i>	46
Tabla 14 <i>Localidades del área de influencia</i>	55
Tabla 15 <i>Estado situacional de la via</i>	58

Tabla 16 <i>Parámetros de Diseño</i>	61
Tabla 17 <i>Resumen de características geométricas existentes</i>	63
Tabla 18 <i>Crecimiento Poblacional</i>	64
Tabla 19 <i>IMDA actual y proyectado</i>	65
Tabla 20 <i>Clasificación Vial por Demanda</i>	66
Tabla 21 <i>Cuadro de velocidades de la vía por tramos</i>	67
Tabla 22 <i>Cuadro de sobreechanco de la vía por tramos</i>	69
Tabla 23 <i>Valores de peralte máximo</i>	70
Tabla 24 <i>Cuadro de bombeo de la vía por tramos</i>	75
Tabla 25 <i>Taludes recomendados</i>	76
Tabla 26 <i>Cuadro comparativo</i>	82
Tabla 27 <i>Resultados del Diseño Geométrico</i>	83

Resumen

La tesis planteó como objetivo un diseño geométrico de carreteras empleando software Civil-3D para la optimización de la transitabilidad vehicular de la ruta PU-804 del distrito de Samán, provincia de Azángaro del corredor vial N°39 de la red vial vecinal empalme PE 34h-Puno. Para la ejecución de la investigación, se utilizó un enfoque cuantitativo de tipo aplicada, además el diseño es no experimental de corte transversal. Para la realización del Diseño Geométrico se siguieron los parámetros del Manual de Diseño de Carreteras (DG-2018) y de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Los resultados obtenidos permitieron determinar el alineamiento horizontal, alineamiento vertical, secciones transversales y volúmenes de corte y relleno de dicha carretera. Para el diseño de las curvas horizontales y verticales se utilizó el software Civil 3D, el cual permitió plasmar los parámetros de la DG-2018. El diseño geométrico y una adecuada evaluación social y económica sirvieron para determinar la viabilidad del proyecto, en la cual se sustentó que un diseño geométrico eficiente permitió apreciar de mejor manera la distancia de visibilidad, pendientes máximas y mínimas de las carreteras altoandinas, además de mostrar las construcciones existentes, y evaluar las diferentes alternativas de solución para el control de interferencias. Todas las especificaciones mencionadas con anterioridad tuvieron por finalidad llevar un mejoramiento de la transitabilidad vehicular en el distrito de Samán provincia de Azángaro en el departamento de Puno.

Palabras clave: diseño geométrico de carretera, transitabilidad vehicular, volúmenes de corte y relleno, alineamiento horizontal y vertical, pendientes máximas y mínimas, distancia de visibilidad.

Abstract

The objective of the thesis was a geometric design of roads using Civil-3D-2022 software for the optimization of the vehicular trafficability of the PU-804 route in the district of Samán, province of Azángaro of the road corridor N°39 of the neighborhood road network PE 34h-Puno junction. For the execution of the research, a quantitative approach of applied type was used, also the design is non-experimental of transversal cut. For the Geometric Design, the parameters of the Highway Design Manual (DG-2018) and the American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) were followed. The results obtained allowed us to determine the Horizontal alignment, Vertical alignment, cross sections and cut and fill volumes of said road. For the design of the horizontal and vertical curves we used Civil 3D software that allowed us to capture the parameters of the DG-2018. The geometric design and an adequate social and economic evaluation served to determine the feasibility of the project, in which it is sustained that an efficient geometric design allowed to better appreciate the visibility distance, maximum and minimum slopes of the high Andean roads, in addition to showing the existing constructions, and to evaluate the different alternatives of solution for the control of interferences. All the specifications mentioned above were aimed at improving vehicular trafficability in the district of Samán, province of Azángaro in the department of Puno.

Keywords: geometric design of roads, vehicular trafficability, cut and fill volumes, horizontal and vertical alignments, maximum and minimum slopes, visibility distance, high Andean roads.

I. Introducción

La presente tesis surgió con el propósito de optimizar la transitabilidad vehicular de la ruta PU-804 del corredor vial N°39 de la red vial vecinal empalme PE-34H del departamento de Puno.

Según el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), la brecha en infraestructura en sectores estratégicos como Transportes, Vivienda, Educación, Salud y Agricultura alcanza, al menos US\$ 69 mil millones de dólares americanos. Esto equivale al 35% del PBI. La brecha de infraestructura en ese sector (ferrocarriles, carreteras, aeropuertos y puertos) asciende a US\$ 57,499 millones para el período 2016-2025.

En esta investigación se determinó, mediante un diseño Geométrico de carretera, una propuesta de dinamismo económico disminuyendo los costos de transporte, costos de construcción y generación de empleos. Es así que ajustándola a nuestra normativa se consideraron parámetros de diseño a fin de viabilizar una nueva propuesta de carretera para la región Puno.

Para ello se realizó un eficiente estudio geométrico de la carretera en mención determinando el alineamiento horizontal, el alineamiento vertical, los elementos de la sección transversal, el bombeo, etc. Todo ello con la finalidad de integrar de la mejor manera posible la carretera en el terreno en estudio.

Dentro de las políticas del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, bajo cargo de una de sus unidades ejecutoras, siendo una de ellas Provias Descentralizado, tuvo a su cargo la realización de los expedientes técnicos que correspondían al corredor vial N° 39, bajo este contexto el tema elegido para la presente tesis surgió de la necesidad de realizar el mejoramiento de la carretera de la ruta PU-804 del distrito de Samán, provincia de Azángaro departamento de Puno,

para optimizar la comunicación de los diversos pueblos que existen en esta región del Perú incrementando el desarrollo económico y social. Todo este diseño se llevó a cabo cumpliendo la normativa y las indicaciones expuestas en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

Dentro de los logros más importantes alcanzados en la presente tesis podemos mencionar que, realizando un correcto estudio geométrico de la ruta PU-804, se pudo optimizar la transitabilidad vehicular de la carretera, permitiendo así un intercambio social, económico, y ambiental, que ayudará generando empleo a la población de Samán. También se pudo verificar a detalle si los parámetros propuestos por la DG-2018 fue óptimo para zonas altoandinas.

1.1 Descripción y formulación del problema

Durante años en el Perú, se realizaron muchos proyectos de diseño geométrico sin seguir parámetros estipulados en las normas del Manual de Carreteras emitidas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, cuyas consecuencias fueron los incumplimientos de los lineamientos de diseño y carreteras mal diseñadas, originando problemas para los conductores, pobladores y usuarios de la ruta PU-804 del corredor Vial N°39, afectando principalmente la seguridad vial de los proyectos, esto genera también accidentes de tránsito, retrasos en los tiempos de viaje, pendientes longitudinales desproporcionadas, y trazos que generen interferencias con las poblaciones aledañas de la ruta PU-804.

Esta tesis buscó la solución a las preguntas que se generan con esta problemática, las cuales son:

1.1.1. Problemas Generales

- ¿Cómo se realizará el diseño geométrico empleando el software Civil 3D para la optimización de la transitabilidad vehicular de la ruta PU-804 en el corredor N°39 de la red vial vecinal empalme PE 34H del departamento de Puno?

1.1.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo incide el civil 3D para la generación de secciones transversales y el control de volúmenes de corte y relleno?
- ¿Cómo se podrá reducir la cantidad de curvas de los alineamientos horizontales y verticales para tener mejor distancia de visibilidad?
- ¿Cómo influye un Diseño Geométrico para la optimización de las pendientes longitudinales que muestra el perfil longitudinal de la carretera?

1.2 Antecedentes

1.2.1. En el ámbito internacional

Como bien sostiene López (2013), el diseño geométrico de una carretera a partir del Software AutoCAD Civil 3D 2012 se obtiene a partir de varios elementos que lo combinan, para levantar un modelo que cumpla exactamente con el diseño de la carretera, partiendo desde el levantamiento topográfico, pasando luego por la creación de curvas horizontales y verticales, definiendo las pendientes máximas y mínimas para obtener las secciones transversales donde se pueda realizar el cálculo de volúmenes de corte y relleno. La tesis de Cruz (2014), tiene por conclusión que los programas desarrollados fuera de Colombia se basan en la normatividad del país de origen, para ello se establecieron parámetros de diseño a la norma colombiana (INVIAS)

que permitieron adecuar el Civil 3D a la elaboración de los alineamientos horizontales y verticales, así como la creación y visualización de la Obra lineal (Assembly) y el control del cálculo de movimiento de tierra (Volumen de Corte y Relleno), con el fin de elaborar un manual de los módulos del Civil 3D que permita extraer reportes de diseño y un manual de utilización del civil 3D para el diseño geométrico. De igual manera, con el fin de optimizar transitabilidad vehicular, Freire (2020) en su investigación señala que para poder plantear una propuesta geométrica existen ciertas metodologías y normas a tomar en cuenta, con las diferentes variaciones y consideraciones para un estudio de prefactibilidad y que una vez verificado que los valores de diseño satisfacen a la norma podemos cuantificar los volúmenes de corte y relleno para obtener un presupuesto referencial que es importante para aprobar o desaprobar la prefactibilidad, Espinoza (2015), señala que es necesario que el proyecto geométrico cumpla con todas las normas establecidas del país y cuente con las normativas de la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes), donde se propuso la clasificación del camino, velocidad, trazo de diseño, perfiles, secciones transversales y movimiento de tierras. Por otro lado, Aleman et al. (2015), concluyó que se deben generar alineamientos horizontales y verticales tomando en consideración aspectos de diseño internacionales de confort, visibilidad, seguridad y sostenibilidad, con esto, obtener una tabla resumen de movimiento terraceros de corte y relleno a realizar con el diseño geométrico propuesto para generar un conjunto de especificaciones técnicas resumidas en plano. Por último, se deduce que se tiene que analizar y elaborar cálculos automatizados en los diseños geométricos que se van a apoyar en el Civil 3D como lo mencionaron López y Castellano (2018) en su revista de investigación de aplicación del software Civil 3D.

1.2.2. En el ámbito nacional

Como bien sostiene Delzo (2018), el trazo proyectado para la vía Nuevas Flores – Tingo Chico es la mejor alternativa entre otras dos que se evaluaron previamente. La elección se sujeta a la idea de justificar su necesidad de realizar el diseño de la vía, además se planteó elaborar el alineamiento horizontal y vertical con las normas vigentes DG-2014 y de organismos internacionales, reduciendo los costos de movimiento de tierra a partir de la contabilización de los volúmenes de corte y relleno, asimismo, según Román y Saldaña (2018), indican que gracias a los criterios y parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables identificados en normas tanto nacionales como internacionales, se pudo obtener parámetros tanto para sección transversal y el material adecuado para la superficie de rodadura, de acuerdo al análisis realizado se ve reflejado la optimización de costos para construcción y mantenimiento. De esta manera llevamos adelante el razonamiento similar en la tesis de Meléndez (2019), donde concluye que, del levantamiento topográfico, se obtiene que la orografía de la zona estudiada es accidentada, por lo que el diseño conlleva a tener curvas horizontales y verticales muy pronunciadas, estos serán procesados y graficados en el Civil 3D. Es así como Reyes (2018), establece que para la realización de un diseño de carreteras de caminos vecinales se utilizó el software Civil 3D, porque ofrece soluciones de diseño, control de volúmenes, planos de producción y maquetación, es decir, toda la ingeniería que requiere la carretera a diseñar, soportando un flujo de trabajo que se encuentra bajo el enfoque BIM ayudando a todos los profesionales que intervienen en estos proyectos. De manera similar, Cayco (2020) realizó la evaluación de un diseño de carretera de tercera clase con 2 de los softwares más utilizados como el AutoCAD Civil 3D y el Infram BIM, en donde llegó a la conclusión de que el software Infram BIM es más efectivo en la realización del diseño por su efectividad en la realización de curvas horizontales y verticales, diseño de obras viales, perfiles longitudinales y

creación de secciones transversales, pero el Civil 3D tiene mayor interoperabilidad con otros softwares y obtiene los mismos resultados que el Infram BIM, pero demanda un mayor tiempo de realización, de la misma forma, sostienen Gálvez y Gálvez (2020) en su investigación, que el software Civil 3D facilita la realización de un diseño dinámico por lo que cualquier modificación en el alineamiento, perfil y/o secciones transversales permiten una actualización inmediata y automática de los datos de modificación en el diseño, ajustándose a los requerimientos que pueda tener el proyecto, asimismo, el Civil 3D nos permite presentar los planos más ordenados, lo cual facilita la identificación de cada elemento del proyecto.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Proponer un diseño geométrico empleando el software Civil 3D para la mejora de las condiciones de transitabilidad vehicular de la ruta PU-804 del distrito de Samán, provincia de Azángaro del corredor vial N°39 de la red vial vecinal empalme PE 34H-Puno.

1.3.2. Objetivos específicos

- Aplicar el Civil 3D para la generación de secciones transversales y el control de volúmenes de corte y relleno de la ruta PU-804 del distrito de Samán, provincia de Azángaro del corredor vial N°39 de la red vial vecinal empalme PE 34H-Puno.
- Aminorar la cantidad de curvas de los alineamientos horizontales y verticales para poder obtener una mejor distancia de visibilidad de la ruta PU-804 del distrito de Samán,

provincia de Azángaro del corredor Vial N°39 de la red vial vecinal empalme PE 34H-Puno.

- Mejorar el diseño geométrico del alineamiento vertical para optimizar las pendientes longitudinales que se muestra en el perfil longitudinal de la ruta PU-804 del distrito de Samán, provincia de Azángaro del corredor Vial N°39 de la red vial vecinal empalme PE 34H-Puno.

1.4. Justificación

Aportar conocimiento a los profesionales de la rama de infraestructura vial sobre el Diseño Geométrico de Carreteras utilizando todos los parámetros de diseño propuestos por el Manual de Carreteras DG-2018, para la optimización y mejoramiento de la transitabilidad vehicular de la ruta PU-804, donde se dio a conocer algunas utilidades del civil 3D con respecto al control de volumen de corte y relleno, reducción de curvas horizontales y verticales para la mejora de la distancia de visibilidad y la reducción de las pendientes longitudinales, que permitirá un mejor y correcto uso de parámetros para las carreteras altoandinas, también se podrá observar los beneficios que traerá a la población, tales como: reducción de tiempo de viaje, seguridad vial, reducción de costos.

1.5.Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

- El Diseño Geométrico empleando el software Civil 3D sirve para determinar los componentes de una carretera y las condiciones de transitabilidad vehicular de la ruta PU-804 del distrito de Samán, provincia de Azángaro del corredor vial N°39 de red vial vecinal empalme PE 34h-Puno.

1.5.2. Hipótesis Específicos

- La aplicación del Civil 3D influye para la generación de Secciones transversales y el control de movimiento de tierra (volumen de corte y relleno) de la ruta PU-804 del distrito de Samán, provincia de Azángaro del corredor vial N°39 de red vial vecinal empalme PE 34H-Puno.
- La aplicación del civil 3D permite aminorar la cantidad de curvas horizontales y verticales para obtener una mejor distancia de visibilidad de la de la ruta PU-804 del distrito de Samán, provincia de Azángaro del corredor vial N°39 de red vial vecinal empalme PE 34H-Puno.
- La mejora del Diseño Geométrico en los alineamientos Verticales permite optimizar las pendientes longitudinales que se muestra en el perfil longitudinal de la ruta PU-804 del distrito de Samán, provincia de Azángaro del corredor vial N°39 de red vial vecinal empalme PE 34H-Puno.

II. Marco teórico

2.1 Bases teóricas

Elementos básicos del diseño geométrico a tomar en cuenta para la carretera.

2.2 Diseño Geométrico de Carreteras

El diseño geométrico de carreteras es una técnica de la ingeniería civil, que consiste en situar el trazado de una carretera sobre la proyección del terreno. Las condicionantes para situar una carretera sobre el terreno son: el levantamiento topográfico, la geología, factores ambientales y/o factores sociales y urbanísticos. Es el proceso de relacionar todos los elementos físicos de la vía con el terreno natural y las condiciones de operación de los vehículos (Reyes, 2018)

Como es de conocimiento en la ingeniería de caminos, el diseño geométrico se puede definir como la proyección horizontal del eje del camino sobre un plano. Consta de diversos elementos entre los cuales se encuentran las tangentes horizontales, las curvas circulares o simples y las curvas de transición o espiral, también se tiene en cuenta los peraltes en cada parte del tramo que le corresponda.

2.3 Clasificación de la carretera

Uno de los factores determinantes en el diseño de carreteras es, sin duda, la clasificación que obtienen de acuerdo al máximo volumen vehicular que puedan contener en un periodo de tiempo en una sección de la carretera, es decir, la cantidad máxima de vehículos que pasan por una sección de la carretera, en un periodo de tiempo, determinan indicadores que permiten clasificarla. (Delzo, 2018, p.12)

2.3.1. Clasificación de acuerdo a la demanda:

A. Autopistas de primera clase. Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6 000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (Ministerio de Transporte y comunicaciones, [MTC], 2018, p.12).

B. Autopistas de segunda clase. Son carreteras con un IMDA entre 6 000 y 4 001 veh/día. Para este tipo de autopistas, las calzadas están divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionen flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (MTC, 2018, p.12).

C. Carreteras de primera clase. Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales, o en su defecto, con dispositivos de seguridad vial que permitan velocidades de operación con mayor seguridad. (MTC, 2018, p.12).

D. Carreteras de segunda clase. Son carreteras con IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en

su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. (MTC, 2018, p.12).

E. Carreteras de tercera clase. Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas, deberán cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase. (MTC, 2018, p.12).

F. Trochas carrozables. Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar. (MTC, 2018, p.13).

2.3.2. Clasificación por condiciones orográficas:

A. Terreno plano (Tipo 1). Tiene pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazo. (MTC, 2018, p.14).

B. Terreno ondulado (Tipo 2). Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6%, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos rectos, alternados con curvas de radios amplios, sin mayores dificultades en el trazo. (MTC, 2018, p.14).

C. Terreno accidentado (Tipo 3). Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazo. (MTC, 2018, p.14).

D. Terreno escarpado (Tipo 4). Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazo. (MTC, 2018, p.14).

2.4 Vehículo de Diseño

Las características físicas de los vehículos que transitan o que transitarán por la carretera a diseñar, así como sus dimensiones, serán parámetros influyentes en la construcción geométrica de los diversos elementos de la carretera. Las características de los vehículos inciden de cierta forma en el diseño de curvas, sobreanchos, curvas de transición, pendientes longitudinales de la rasante, etc. (Delzo, 2018, p.14).

Vehículos de pasajeros

- Jeep (VL) Auto (VL)
- Bus (B2, B3, B4 y BA)
- Camión (C2)
- Vehículos de carga
- Pick – up (Equivalente a Remolque Simple T2S1)
- Camión C2
- Camión C3 y C2CR

- T3S2

Tabla 1

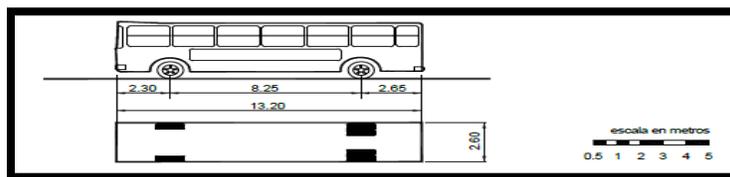
Tipos de vehículos

Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras Según Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente)									
Tipo de vehículo	Alto total	Ancho Total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.75	4.05	13.70
Ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.30	2.60	6.70 / 1.90 / 4.00	3.10	12.80
Semirremolque simple (T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	6.00 / 12.50	0.80	13.70
Remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	10.30 / 0.80 / 2.15 / 7.75	0.80	12.80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.40 / 6.80 / 1.40 / 6.80	1.40	13.70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.45 / 5.70 / 1.40 / 2.15 / 5.70	1.40	13.70
Semirremolque simple (T3S3)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	5.40 / 11.90	2.00	1

Nota. Tomado del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (p.27), por MTC, 2018, Datos básicos de los vehículos, utilizados para el dimensionamiento de carreteras Según Reglamento Nacional de Vehículos.

Figura 1

Giro mínimo para ómnibus de dos ejes (B2) trayectoria 30°



Nota. Tomado del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (p.36), por MTC, 2018, radio y giro mínimo para ómnibus de 2 ejes.

2.5 Velocidad de Diseño

De acuerdo con Meléndez (2019), la velocidad de diseño es la máxima velocidad que se podrá mantener segura y con comodidad, en una sección de la carretera y en que las circunstancias sean favorables para el diseño.

En la asignación de la Velocidad de Diseño, se otorga la máxima prioridad a todo lo que compete a la seguridad vial. En conclusión, la velocidad de diseño a lo largo del tramo, debe ser tal, que no se noten los grandes y frecuentes cambios de velocidad a lo largo del recorrido.

Tabla 2

Cuadro de velocidad de diseño

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

Nota. Tomado del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (p.97), por MTC, 2018, Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

2.6 Distancia de Visibilidad

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

- Visibilidad de parada.
- Visibilidad de paso o adelantamiento.

- Visibilidad de cruce con otra vía.

Las dos primeras influyen el diseño de la carretera en campo abierto y serán tratadas en esta sección considerando alineamiento recto y rasante de pendiente uniforme. Los casos con condicionamiento asociados a singularidades de planta o perfil se tratarán en las secciones correspondientes. (MTC, 2018, p.103).

2.6.1. Distancia de visibilidad de parada:

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

Se considera obstáculo a aquel que tenga una altura igual o mayor a 0.15 m, estando situados los ojos del conductor a 1.15 m, sobre la rasante del eje de su pista de circulación. (BWC&C, 2010, p.10)

Tabla 3

Distancia de Visibilidad de parada en metros(m), pendiente %

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

Nota. Tomado del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (p.104), por MTC, 2018, Distancia de visibilidad de parada con pendientes en (%).

Tabla 4

Distancia de visibilidad de parada con pendiente (m).

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

Nota. Tomado del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (p.105), por MTC, 2018, Distancia de visibilidad de parada con pendiente en (m).

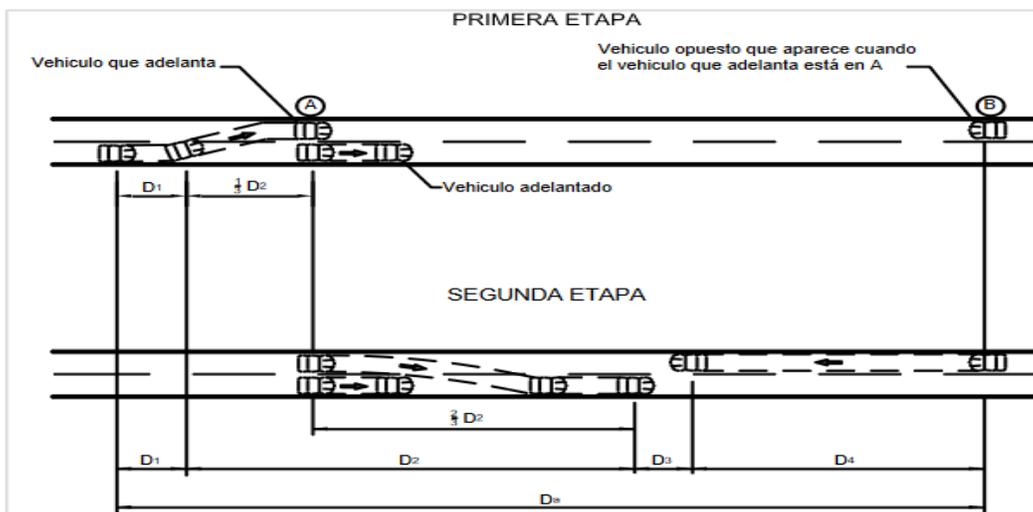
2.6.2. Distancia de Visibilidad de adelantamiento

Es la mínima distancia que debe estar disponible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que viaja a una velocidad menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso. Dichas condiciones de comodidad y seguridad, se dan cuando la diferencia de velocidad entre los vehículos que se desplazan en el mismo sentido es de 15 km/h y el vehículo que viaja en sentido contrario transita a la velocidad de diseño.

La distancia de visibilidad de adelantamiento debe considerarse únicamente para las carreteras de dos carriles con tránsito en las dos direcciones, dónde el adelantamiento se realiza en el carril del sentido opuesto. (MTC, 2018, pp.106-107).

Figura 2

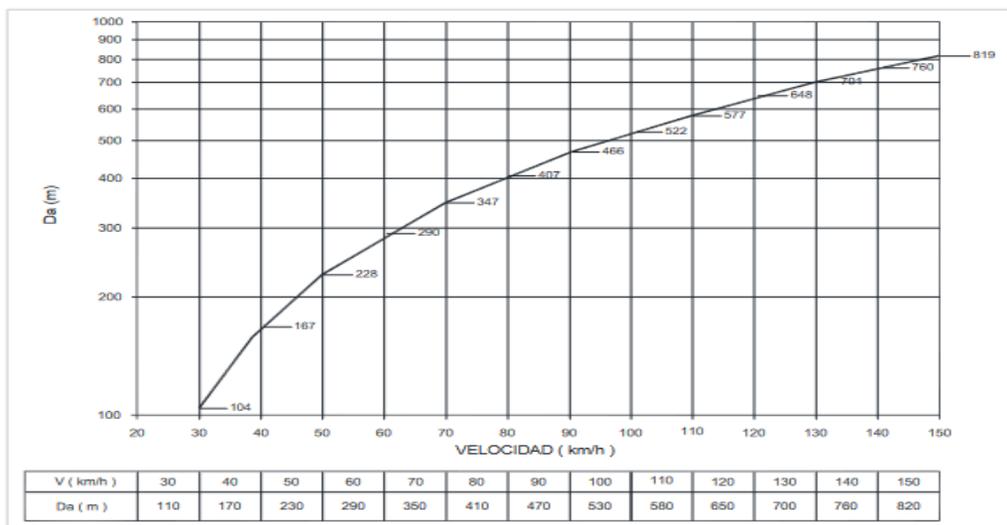
Distancia de visibilidad de adelantamiento.



Nota. Tomado del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (p.107), por MTC, 2018, adelantamiento de vehículos.

Figura 3

Distancia de visibilidad de paso



Nota. Tomado del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (p.111), por MTC, 2018, paso de vehículos.

2.6.3. Distancia de visibilidad de cruce

La presencia de intersecciones a nivel, hace que potencialmente se puedan presentar una diversidad de conflictos entre los vehículos que circulan por una y otra vía. La posibilidad de que estos conflictos ocurran, puede ser reducida mediante la provisión apropiada de distancias de visibilidad de cruce y de dispositivos de control acordes. El conductor de un vehículo que se aproxima por la vía principal a una intersección a nivel, debe tener visibilidad, libre de obstrucciones, de la intersección y de un tramo de la vía secundaria de suficiente longitud que le permita reaccionar y efectuar las maniobras necesarias para evitar una colisión. (MTC, 2018, p.111)

2.7 Diseño Geométrico en planta o Alineamiento Horizontal

En lo referente al diseño geométrico en planta y la importancia de su aplicación en la carretera:

El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal, está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente. El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible. (MTC, 2018, p.125)

2.7.1 Tangentes

Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, en función a la velocidad de diseño, serán las indicadas en la **Tabla 5**.

Tabla 5

Longitud mínima de tangentes.

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

Nota. Tomado del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (p.127), por MTC, 2018, Longitudes de tramos en tangente.

2.7.2 Radios Mínimos

Según el MTC (2018), cuando se requiera que el enlace de los alineamientos rectos se haga por medio de curvas, se utilizarán curvas circulares simples o compuestas (en su mayoría serán simples, a excepción en curvas S).

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

Dónde:

- Rmin : Radio mínimo absoluto (m).
- V : Velocidad directriz en Km/h.
- Pmax : Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).
- fmax : Coeficiente de fricción lateral asociado a V.

El resultado de la aplicación de la indicada formula se aprecia en la **Tabla 6**.

Tabla 6

Radios mínimos y peraltes máximos.

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

Nota. Tomado del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (p.127), por MTC, 2018, Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras.

2.7.3 *Sobreechancho*

Según el MTC (2018), el sobreechancho es el ancho adicional en los tramos de curva, el cual permite adicionar un mayor espacio requerido para los vehículos, debido a que existe una dificultad de mantener los vehículos dentro del carril al momento del giro en los tramos curvos.

2.8 Diseño Geométrico en Perfil o Alineamiento vertical

Para Cruz (2019), el alineamiento vertical es la proyección vertical sobre un plano donde se desarrolla el eje de la subcorona y de la corona. El eje de la subcorona vendría a ser llamado como subrasante, mientras que el eje de la corona vendría a ser llamado rasante. Este alineamiento se ubica en el perfil longitudinal de la carretera y se pueden apreciar las subidas y bajadas de las pendientes, además hace visibles los detalles como los cortes, rellenos y curvas convexas y cóncavas.

2.8.1 Pendientes

A. Pendientes Mínimas. Es conveniente proveer una pendiente mínima del orden de 0.5%, a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales. Se pueden presentar los siguientes casos particulares:

- ✓ Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0.2%.
- ✓ Si el bombeo es de 2.5% excepcionalmente podrá adoptarse pendientes iguales acero.
- ✓ Si existen bermas, la pendiente mínima deseable será de 0.5% y la mínima excepcional de 0.35%.
- ✓ En zonas de transición de peralte, en que la pendiente transversal se anula, la pendiente mínima deberá ser de 0.5% (MTC, 2018, p. 170).

B. Pendientes Máximas. Es conveniente considerar las pendientes máximas que están indicadas en la Tabla 303.01, no obstante, se pueden presentar los siguientes casos particulares:

- ✓ En zonas de altitud superior a los 3.000 msnm, los valores máximos de la Tabla 303.01, se reducirán en 1% para terrenos accidentados o escarpados.

- ✓ En autopistas, las pendientes de bajada podrán superar hasta en un 2% los máximos establecidos en la Tabla 303.01. (MTC, 2018, p. 170).

Tabla 7*Pendientes maximas(%)*

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

Nota. Tomado del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (p.171), por MTC, 2018, Consideraciones de diseño para pendientes máximas.

2.8.2 Curvas Verticales

Para Reyes (2018), las curvas verticales son efectuadas para cambios graduales entre pendientes rectas y se dividen en 2 tipos de curvas verticales: cóncavas y convexas. Las curvas verticales son simples en su aplicación, permitiendo al conductor ver el camino por delante, mejorar el control del vehículo y adecuar los drenajes longitudinales.

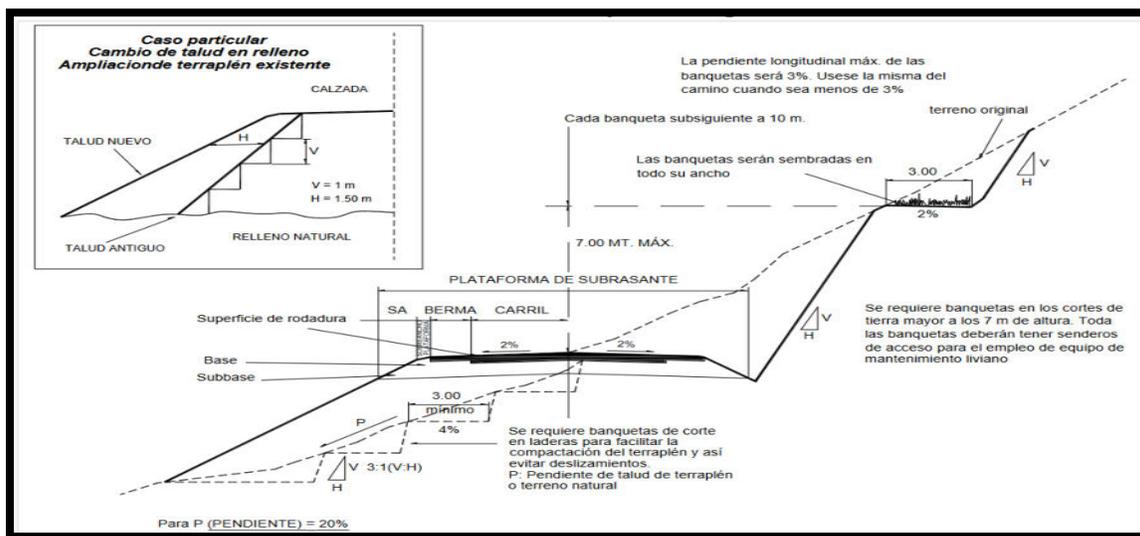
2.9 Sección transversal

Un diseño de la sección transversal, consiste en la descripción y visualización de todos los elementos que conforman la carretera, en un plano de corte vertical que se adecua al alineamiento horizontal, lo cual permite definir las dimensiones por cada punto de la carretera e interactúa con el terreno natural.

Los elementos que conforman la sección transversal de la carretera son: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios, que se encuentran dentro del derecho de vía del proyecto. Cuando el tránsito de bicicletas sea importante, deberá evaluarse la inclusión de carriles especiales para ciclistas (ciclovías), separados tanto del tránsito vehicular como de los peatones. (MTC, 2018, p. 183).

Figura 4

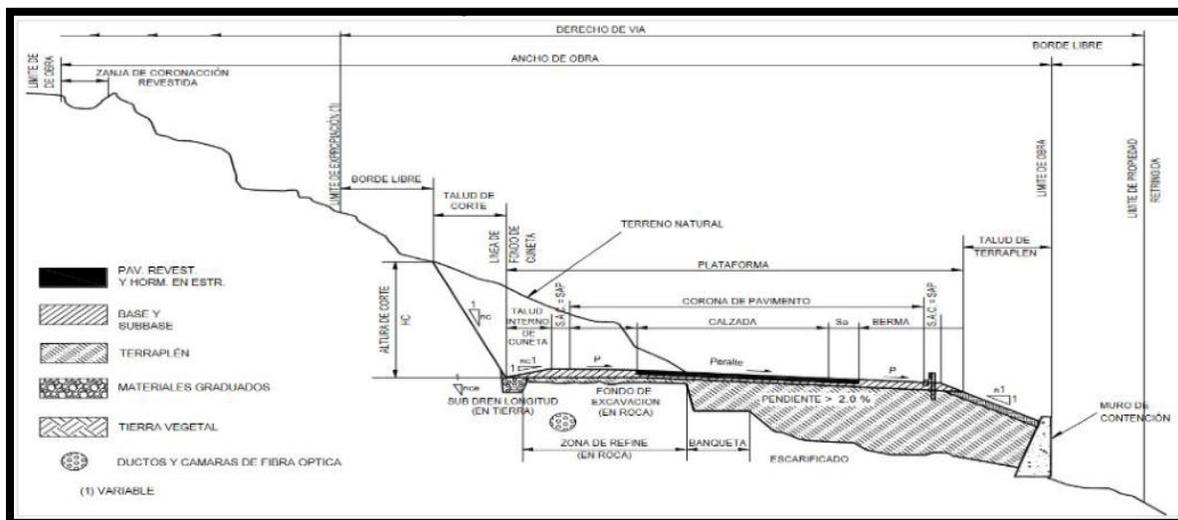
Sección Transversal típica en tangente.



Nota. Tomado del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (p.203), por MTC, 2018, Sección típica en tangente a media ladera.

Figura 5

Sección Transversal típica a media ladera vía de dos carriles en curva.



Nota. Tomado del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (p.203), por MTC, 2018, Sección típica en curva a media ladera.

2.9.1 Calzada o superficie de rodadura

De acuerdo con el MTC (2018), las carreteras están destinadas a la circulación de vehículos, y pueden estar compuestas por uno o más carriles, sin incluir la berma. La calzada se divide en carriles, cuya finalidad es la circulación de los vehículos en un mismo sentido. El número de carriles de cada calzada se fijará de acuerdo con las consideraciones y composiciones del tráfico a estudiar, acorde al IMDA de diseño, así como del nivel de servicio deseado.

Tabla 8*Anchos de calzada*

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera				
	> 6,000				6,000 – 4,001				4,000-2.001				2,000-400				< 400				
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase				
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Velocidad de diseño: 30km/h																				5.00	6.00
40 km/h																6.60	6.60	6.60	6.60		
50 km/h											7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	5.00		
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60			
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60			
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			6.60	6.60			
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60			
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20								
110 km/h	7.20	7.20			7.20																
120 km/h	7.20	7.20			7.20																
130 km/h	7.20																				

Nota. Tomado del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (p.191), por MTC, 2018, Ancho de calzada en tangente.

2.9.2 Berma

En referencia a los parámetros que se disponen para un correcto diseño, el MTC (2018) señala:

Es una franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias. Cualquiera sea la superficie de acabado de la berma, en general debe mantener el mismo nivel e inclinación (bombeo o peralte) de la superficie de rodadura o calzada, y acorde a la evaluación técnica y económica del proyecto, está constituida por materiales similares a la capa de rodadura de la calzada. (p.192)

Tabla 9*Anchos de bermas*

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			0.50	0.50
40 km/h																1.20	1.20	0.90	0.50	
50 km/h											2.60	2.60			1.20	1.20	1.20	0.90	0.90	
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20		
70 km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20		1.20	1.20		
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		2.00	2.00			1.20	1.20		
90 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20		
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00				2.00							
110 km/h	3.00	3.00			3.00															
120 km/h	3.00	3.00			3.00															
130 km/h	3.00																			

Nota. Tomado del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (p.193), por MTC, 2018, Ancho de bermas para diseño de carreteras.

2.9.3 Bombeo

En referencia a los parámetros que se disponen para un correcto diseño, el MTC (2018) señala:

En tramos en tangente o en curvas en contraperalte, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona. La Tabla 304.03 especifica los valores de bombeo de la calzada. En los casos dónde indica rangos, el proyectista definirá el bombeo, teniendo en cuenta el tipo de superficies. (p.195).

Tabla 10*Cuadro de bombeo de la vía por tramos*

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

Nota. Tomado del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (p.195), por MTC, 2018, Valores de Bombeo de calzada.

2.9.4 Peralte

Los peraltes se definen como: “Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestarla fuerza centrífuga del vehículo” (MTC, 2018, p.196).

2.9.5 Taludes

Los taludes se definen como: “La inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes. Dicha inclinación es la tangente del ángulo formado por el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal”. (MTC, 2018, p.202).

Tabla 11

Taludes referenciales en zonas de corte.

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

Nota. Tomado del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (p.204), por MTC, 2018, Valores referenciales de taludes en corte (H: V)

Tabla 12

Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes).

Materiales	Talud (V:H)		
	Altura (m)		
	<5	5-10	>10
Gravas, limo arenoso y arcilla	1:1.5	1:1.75	1:2
Arena	1:2	1:2.25	1:2.5
Enrocado	1:1	1:1.25	1:1.5

Nota. Tomado del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (p.208), por MTC, 2018, Valores referenciales en zonas de relleno (Terraplenes)

III. Método

3.1 Tipo de investigación

Tiene un enfoque cuantitativo porque hay una medición numérica de las variables, además es una investigación aplicada, ya que se resolvieron problemas de diseño siguiendo procedimientos del Manual de carreteras DG – 2018 para optimizar la transitabilidad vehicular. Asimismo, es del tipo explicativa porque identifica y resuelve la causa del problema, tiene diseño no experimental porque no se manipularon las variables. Es de tipo transversal porque las muestras son estudiadas en un momento determinado y es no probabilística ya que dependerá de las características que presenten los distintos estudios para el diseño.

3.2 Ámbito temporal y espacial

El Diseño Geométrico de la presente investigación pertenece al Corredor Vial N°39 de la red vecinal Empalme PE-34H, que se ubica exactamente en el distrito de Samán, perteneciente a la provincia de Azángaro, en el departamento de Puno. La ruta PU-804 tiene una longitud de 17,845.29 m, además, la zona donde se encuentra esta ruta presenta diversos procesos geomorfológicos, y se encuentra una mayoritaria apreciación de material suelto sobre roca fija.

3.3 Variables

- **Variable independiente**

Diseño Geométrico empleando el software Civil 3D

- **Variable dependiente**

Mejoramiento y Transitabilidad vehicular.

3.4 Población y muestra

3.4.1. Población

Para la presente investigación, el universo poblacional estaría conformado por el corredor vial N°39 del departamento de Puno que busca la optimización de la transitabilidad vehicular de todas las rutas que lo conforman, como se observa en la **Tabla 13**. También se puede tomar como población el estudio de tráfico IMDA que se realizó en todas las rutas del corredor vial N°39. Además, este estudio servirá para los futuros planes de diseño geométrico de preinversión en la zona y en el país, para poder caracterizar las secciones de vías vecinales, ya que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), mediante Provias Descentralizado, manifiesta que el 80% de la red vecinal se presenta como trocha y necesita mejoramientos.

Tabla 13

Principales rutas que forman parte del Corredor Vial N°39.

ITEM	RUTA	TRAYECTORIA	PROGRESIVAS	
			INICIO	FIN
1	PU-804	Emp. PE-34H – Saman – Emp. PE-34R	00+000	17+845,29
2	PU-123	Emp. PE-3S (Dv. Quello Quello) – Quello Quello – Lampa – Pichincha – Cabanilla – Emp. PE-34 ^a (Cabanillas/Deustua)	00+000	54+808,38
3	PU-949	Emp. PU-950 (Huata) – L.Prov. San Roman – Emp. PE-3S (Caracoto)	00+000	12+899,00
4	PU-910	Emp. PE-34H (Pte. Ayabacas) – Canchi Grande – Emp. PU-915	00+000	19+609,70
5	PU-120	Emp. PE-3S (Juliaca) – Umpapata – Suchis – Carata – Emp. PE-SO (Coata)	00+000	19+311,45
6	PU-915	Emp. PU-120 – Emp. PU-910	00+000	3+404,87

Nota. Elaboración Propia

3.4.2. Muestra

Fue una muestra no probabilística, porque dependió de las características que presentaron los distintos estudios que se realizaron para el diseño. Se tomó como muestra el trazo de la carretera (alineamiento horizontal) porque es ahí donde se evaluó la ruta que tuvo la carretera a diseñar, también se tomaron los alineamientos verticales que nos permitieron observar los diferentes cambios de pendientes longitudinales que ocurren en la ruta PU-804, adicionalmente, se tomaron como muestras las ortofotos, que son producto del procesamiento con Drone, porque ahí se comprobó la ubicación y exactitud del trazo del diseño geométrico.

3.5. Instrumentos

- Revisión de documentos en línea: A través de una nube de información en línea (Internet) se revisan las normas, manuales, libros, tesis, etc., respecto al tema de diseño geométrico de carreteras.
- Observación fotográfica: Esta técnica ha permitido recolectar información vista en campo y tener como pruebas cada fotografía de estas.
- Ensayos de laboratorio de suelos: Análisis granulométrico por tamizado; límites de Atterberg, ensayos de plataforma y perfiles estratigráficos.
- Una PC o laptop con la suficiente capacidad para desarrollar el software Civil 3D sin problemas.
- Manual DG-2018: Los parámetros de Diseño Geométrico se realizarán y regirán bajo el Manual.
- GPS Diferencial: Se necesitan estos GPS para obtener las coordenadas Este y Norte de los Puntos de control colocados a lo largo de la vía.

- Drone Phantom Pro 4: Se necesitará este equipo para poder realizar el levantamiento topográfico y la obtención de las Ortofotos.
- Software Civil 3D-2022: Se necesitará contar con el software Civil 3D - 2022 habilitado para realizar el Diseño Geométrico en él.

3.6. Procedimientos

3.6.1 Procedimiento de recolección de datos

A. Reconocimiento de campo. Se realizó una visita a campo, donde se visualizó la zona donde se realizaron los trabajos de recolección de datos, previo al diseño geométrico.

B. Estudio de campo. Se realizó la evaluación geotécnica de la zona en estudio, para saber el estado del terreno. Posteriormente se procedió con el levantamiento topográfico con el Drone Phantom Pro4.

3.6.2 Procesamiento de datos.

A. Estudio de gabinete. Se realizó el estudio de la orografía para determinar el tipo de terreno, y se realizó el estudio de tráfico vehicular para determinar el IMDA, la unión de estos dos estudios permite determinar la velocidad de diseño, con esto se procesó la información para obtener las condiciones de diseño geométrico de carreteras para el posterior procesamiento en el Civil 3D.

B. Ejecución del Diseño. Una vez obtenida la velocidad de diseño, se procede a realizar los alineamientos horizontales y verticales, ya que con esta se obtienen valores que se indican en la DG-2018 y se utilizan en los respectivos alineamientos.

C. Elaboración del Corredor Vial. Una vez que se tuvieron los alineamientos y perfiles, se procedió a la creación del corredor vial que fue la representación gráfica de los parámetros que se establecieron en la carretera a diseñar.

D. Verificación de los parámetros. Al término de los procedimientos mencionados con anterioridad, se procedió a crear las secciones transversales, y es aquí donde se observó todo el diseño, las secciones mostraron si los parámetros de diseño geométrico utilizados fueron correctos, caso contrario, nos hubiera mostrado alguna incompatibilidad.

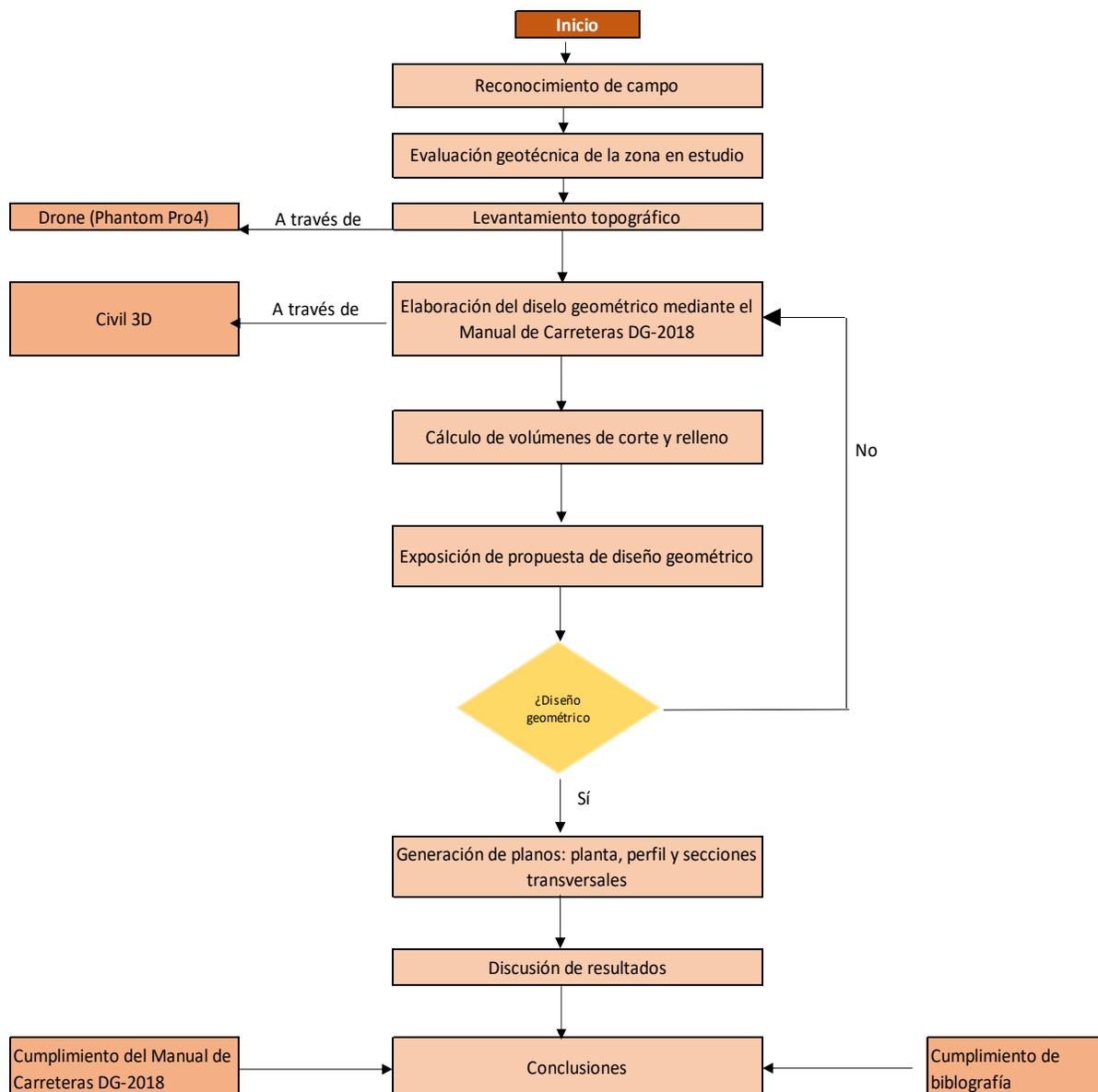
3.6.3 Resultados de los Procesamientos.

Luego del procesamiento de datos se obtuvieron como resultados:

- Trazo de la carretera (Alineamiento Horizontal)
- Alineamiento Vertical
- Creación de Obra lineal
- Creación del Corredor de la carretera
- Secciones Transversales
- Cálculo de volúmenes de corte y relleno
- Planos

Figura 6

Diagrama de procedimiento de Diseño Geométrico.



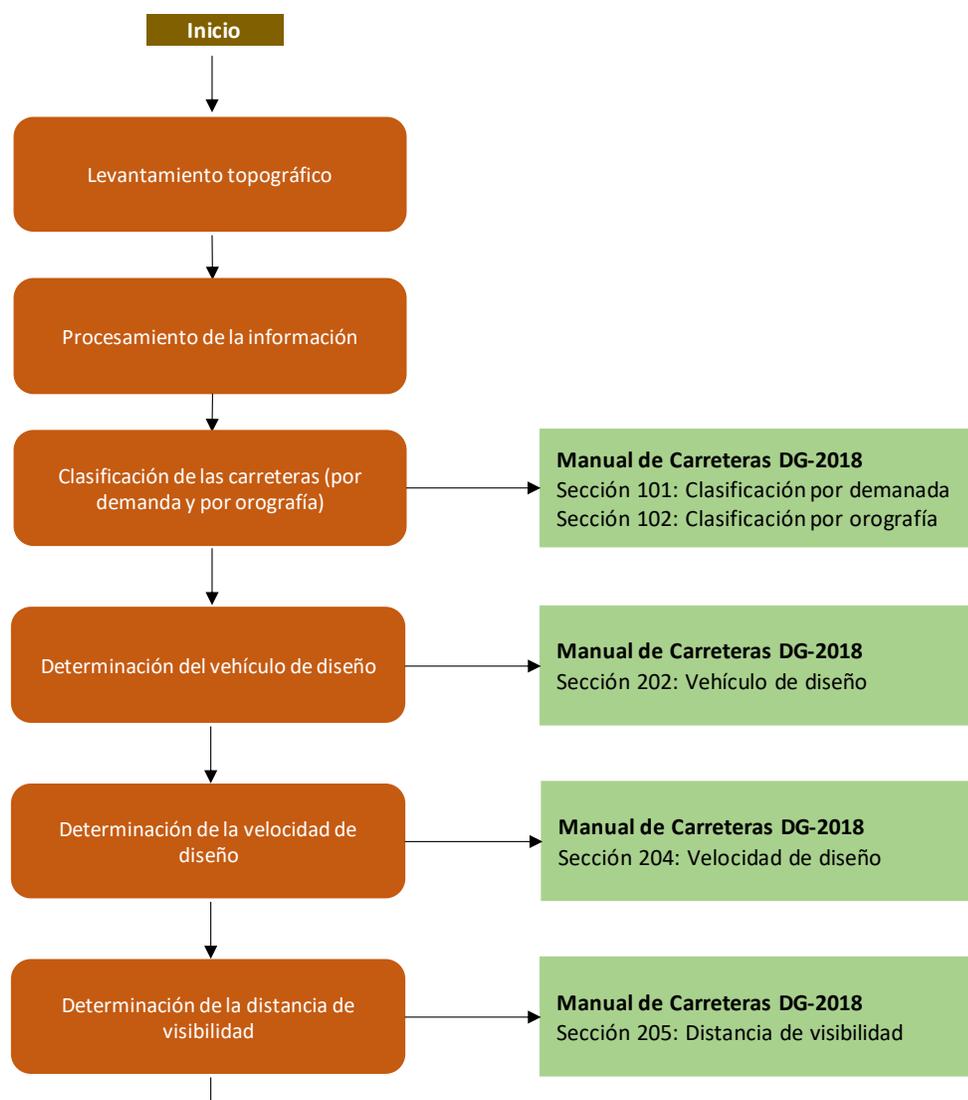
Nota. Elaboración Propia

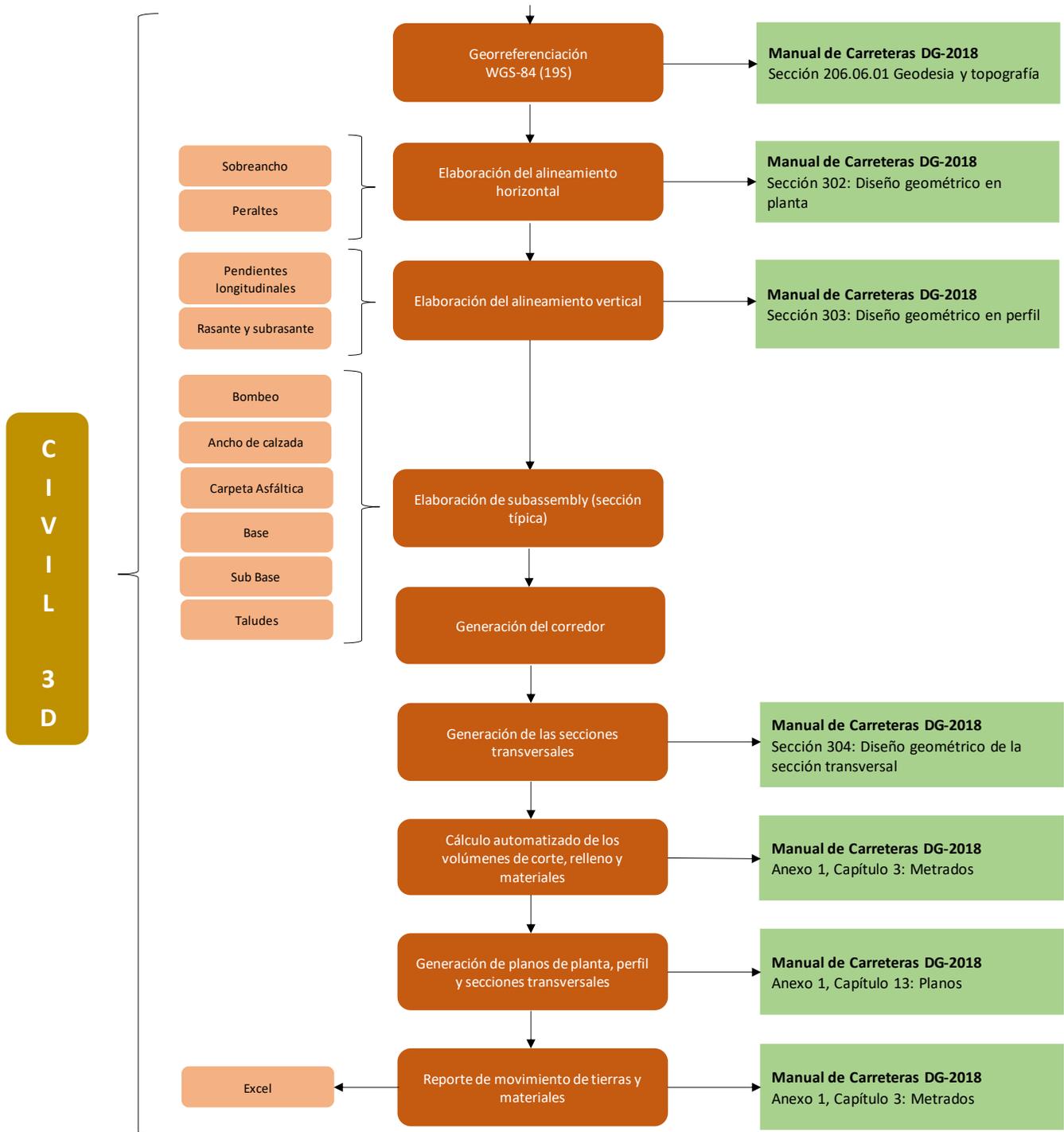
3.6.4 Guía Del Diseño Geométrico (PU-804)

El resumen de las características técnicas de la carretera en estudio se muestra en el siguiente cuadro.

Figura 7

Flujo de trabajo de Diseño Geométrico en Civil 3D y Manual de Carreteras DG-2018





Nota. Elaboración Propia

3.7 Análisis de datos

3.7.1 Ubicación de la zona en estudio

A. Ubicación Política:

- Departamento: Puno
- Provincia: Azángaro.
- Región Geográfica: Sierra
- Zona UTM: 19S

B. Ubicación en Mapa Vial

Según la clasificación de rutas del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC); la carretera comprende de Redes Viales Departamentales y Vecinales.

Figura 8

Mapa de ubicación del Corredor Vial N°39



Nota. Elaboración Propia.

La vía en estudio se encuentra ubicada en la sierra sur del Perú, Zona 19 Sur, en el departamento de Puno. Como se mencionó, la región a la que pertenece la vía es la Región Puno, cruzando la provincia de Azángaro, Lampa, Puno y San Román; y abarcando los siguientes distritos: Lampa, Nicasio, Cabanilla, Arapa, Samán, Caminaca, San Miguel, Caracoto, Juliaca y Huata.

3.7.2 Área de influencia

Las localidades del área de influencia directa de la carretera están de acuerdo a los siguientes ejes propuestos:

Tabla 14

Localidades del área de influencia

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	ruta	POBLACION	PROGRESIVA
PUNO	SAN ROMAN	PU-910	Natividad CCACCACHI	1+580
			ISLAOCO(ISLAPLATA)	2+690
			JURINTIA ACCOPATA	3+580
			KEO CHUPA	4+320
			LIMACUCHO	4+620
			PICHACANE CUCHO	5+760
			LORI PUNCO	6+700
			YANQUIHUASA I	8+820
			LAMPA CACHI	9+210
			CANCHI HUAÑINGORA	10+810
			YANQUIHUASA - CARAGACHE	12+960
			LORIPUNCO - CARAGACHE	15+040
			CURICANCHI - CARAGACHE	15+760
			CARAGACHI	16+280
			TUTUHUACAS II	18+420
CRUZCHUPA	18+480			
PUNO	SAN ROMAN	PU-915	JIRGACHI	1+200
			AMANTANI	2+340
			TUTUHUACAS I	2+930
PUNO	AZANGARO	PU-804	DESVIO SAMAN (ACCARAPISCO)	0+000

			SAMAN	1+160	
			CANCOLLAMACHA	3+340	
			ACCARAPISCO	7+560	
			CHEJACHI LETERO	11+610	
			PESQUERIA	16+810	
PUNO	SAN ROMAN	PU-123	CHOQUENCHACA	3+220	
			QUELLO QUELLO	7+470	
			CARITANI	18+860	
			MURUHUANCA	19+600	
			LAGUNA COLORADA	22+000	
			LAMPA	22+560	
			LIPICACHI	26+310	
			JUAN VELASCO ALVARADO	26+360	
			ORCCO HUAYTA	32+360	
			VILLAFLORIDA	36+400	
			TOTORANI	37+030	
			JATUN OCCO	38+220	
			CORISUYO	42+560	
			JASANA POCSELLIN	43+400	
			SACASCO MIRAFLORES	44+010	
			COTONI	46+400	
			RUMICANCHA	47+040	
			PUTISLANE	47+320	
			PUTISLAKA	47+460	
			SANTO TOMAS	47+920	
			YLLAKULLANI	49+440	
			CABANILLA	52+000	
			ILLPAMAYO	53+440	
			LAMPA	CABANILLAS	54+800
			PUNO	SAN ROMAN	PU-949
	CHUJÑACOTO	2+280			
QUIVILLACA	3+600				
TINQUE MOCCO	5+320				
COLLANA II	10+080				
ACCOPATA COLLANA II	11+160				
CARACOTO	15+606				
PUNO	SAN ROMAN	PU-120	PAMPA CHULLUNA	3+260	
			CHULUNE	3+620	
			OCKOMPATA	7+820	
			PAMPA DE SUCHIS	10+570	
			SUCHIS	12+160	

Nota. Elaboración Propia

3.7.3 Estado actual de la vía

La carretera actual, luego de ser evaluada considerando el diseño geométrico y los anchos de superficie de calzada; tiene tramos en buen estado y en regular a mal estado a nivel de Grava o Terreno Natural; presenta pendientes poco pronunciadas en algunos sectores, por ello la finalidad del estudio es realizar el diseño que se adecue más a la superficie del terreno y que sea más óptima respetando la geometría actual de la carretera.

Hay muy poco recorrido vehicular, sin embargo, se tiene considerado el tránsito de buses B2, además de que posee una orografía Tipo 2 (ondulada), no se detectó la presencia de gran cantidad de personas circulando por la vía por lo que se le considera una zona tranquila.

Tabla 15*Estado situacional de la vía*

Tramo	Ruta	Inicio	Fin	Anchos Existentes (m)	Tipo de Topografía	Superficie de Rodadura Existente	Tipo de Intervención
1	PU-804	0+000	17+845.29	6,1	TERRENO ONDULADO	AFIRMADO	NUEVO ESTUDIO
2	PU-123	0+000	21+650	7,73	TERRENO LLANO	Asfalto	Conservación
		0+000	22+160	9,74		Afirmado	Mejoramiento
		21+650	23+360	13,69		Pavimento Rígido	Conservación
		22+160	23+600	6,63		Afirmado	Mejoramiento
		23+360	50+400	8,2		Asfalto	Conservación
		23+600	52+480	6,21		Afirmado	Mejoramiento
		50+400	52+940	8,86		Asfalto	Conservación
		52+480	54+410	7,97		Afirmado	Mejoramiento
		52+940	54+808.381	13,48	Asfalto	Conservación	
3	PU-949	00+000	0+210	5,5	TERRENO LLANO	Afirmado	Mejoramiento
		0+210	2+920	5,54		Asfalto	Conservación
		2+920	12+899	4,18		Afirmado	Mejoramiento
4	PU-910	00+000	19+609.705	5,16	TERRENO LLANO	Afirmado	Mejoramiento
5	PU-120	0+000	0+770	7,41	TERRENO LLANO	Afirmado	Mejoramiento
		0+770	19+311.453	5,72	Asfalto	Conservación	
6	PU-915	00+000	3+404.878	5,49	TERRENO LLANO	Afirmado	Mejoramiento

Nota. Elaboración Propia.

3.7.4 Descripción de la ruta

Emp. PE-34H –Samán – Emp. PE-34R: La ruta PU-804.

La ruta PU-804 comprende desde el Emp. PE-34H pasando por Samán, hasta el Emp. PE-3S R; la vía existente se encuentra, en su mayoría, afirmada desde el inicio al km 24.00 aproximadamente.

En general la vía se encuentra regular a buenas condiciones; y en cuanto a drenaje longitudinal y transversal, en su mayoría está en buenas condiciones. Este tramo tiene la influencia directa de la localidad de Samán, por lo cual presenta sectores con presencia de terrenos de cultivo y atraviesa zonas urbanas con carpetas asfálticas. En esta ruta predomina la orografía, tipo 2.

Figura 9

Inicio de la ruta PU-804



Nota. Elaboración Propia

Figura 10

Zona intermedia de la ruta PU-804



Nota. Elaboración Propia

Figura 11

Final de la ruta PU-804



Nota. Elaboración Propia

IV. Resultados

4.1 Parámetros Obtenidos del Diseño Geométrico

Para comenzar, es importante mencionar que, si bien es cierto, en la presente tesis se ha hecho un análisis de la ruta PU-804, el diseño geométrico de la carretera ha sido desarrollado considerando lo establecido en el Manual de Diseño de Carreteras DG-2018.

El tramo de la ruta PU-804 presenta las siguientes condiciones de diseño:

Tabla 16

Parámetros de Diseño

Características de Diseño	
Velocidad de Diseño	30 km/h
Vehículo de Diseño	B2
Orografía	ondulada(Tipo 2)
IMDA	38 veh/día
Curva Horizontal	30 m (min)
Tangente	42m (s) y 84m(o)
Curva Vertical	50 m (min)
Pendiente Max	10%
Sobreechancho	1.00 m
Peralte max	8%
Ancho de Calzada	6.00m
Berma	0.50m
Taludes	Variados
Volumen Neto	38785.15 m ³

Nota. Elaboración Propia

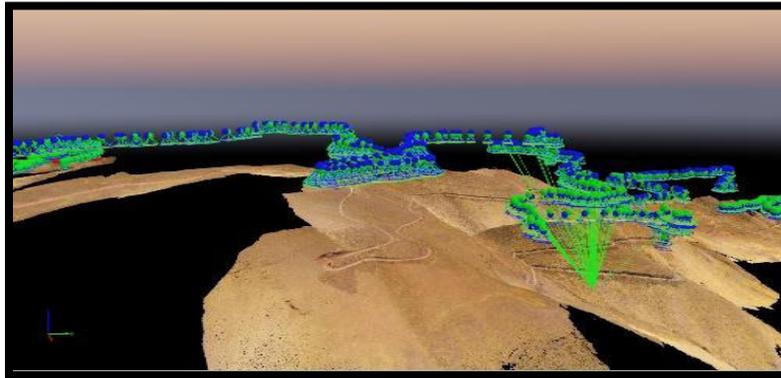
Para diseño en general, se consideró optimizar el movimiento de tierra, minimizando los cortes en lo posible, se siguió el trazo de la carretera actual con mejoramientos puntuales como reducción de curvas horizontales y verticales.

4.2 Superficie

Se obtuvo el levantamiento topográfico, realizado mediante el uso de un Drone (Phantom Pro 4RTK). La finalidad del levantamiento topográfico es poder obtener la superficie en donde se va a realizar el diseño geométrico de la ruta PU-804. Para obtener la superficie, se usó un software de procesamiento de información llamado AGISOFT y posteriormente la información fue llevada al Civil 3D para su visualización.

Figura 12

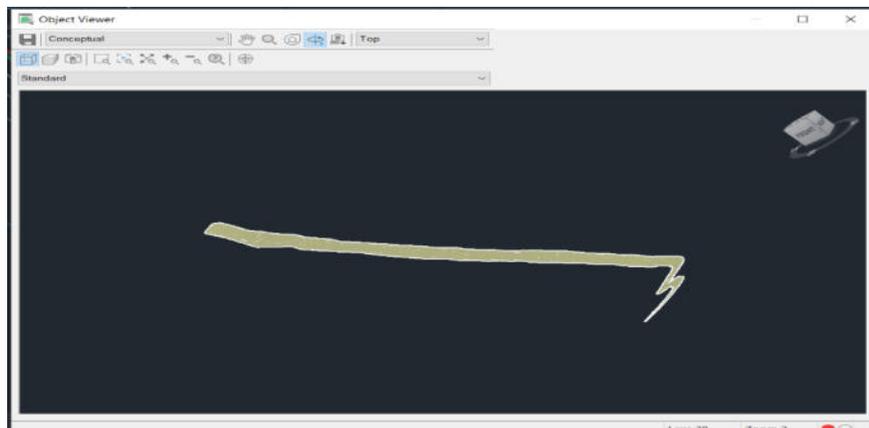
Superficie de la carretera en Agisoft



Nota. Elaboración Propia

Figura 13

Superficie de la carretera en civil 3D



Nota. Elaboración Propia

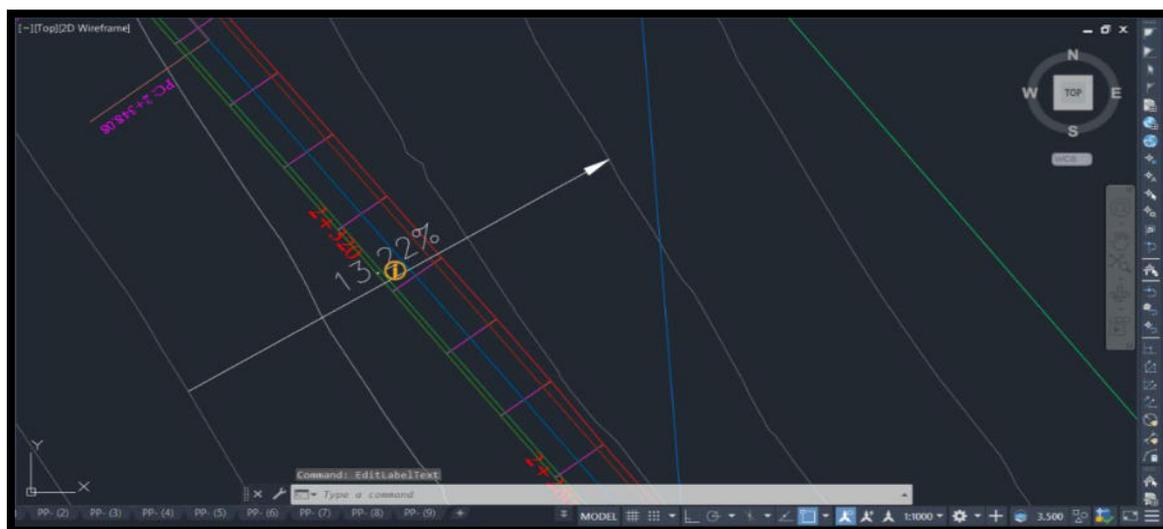
4.3 Clasificación de la Carretera

4.3.1 Por su Orografía

Se determinó que la ruta PU-804 era una carretera **ondulada (Tipo2)**, ya que las medidas de las pendientes transversales que se realizaron en el civil 3D, nos arrojó que tiene un promedio de **13.22%** en las pendientes transversales de toda la carretera y la cual nos permitió clasificarla de la manera indicada. En la **Tabla 17** se indica las pendientes transversales de los tramos.

Figura 14

Pendiente Transversal



Nota. Elaboración Propia

Tabla 17

Resumen de características geométricas existentes

Tramos	Rutas	Inicio	Fin	Tipo de Topografía	Pendientes Transversales
1	PU-804	0+000	17+845.29	ONDULADO	13.22
2	PU-123	10+000	24+000	ONDULADO	35.6
3	PU-949	24+000	44+838	ONDULADO	24.8
4	PU-910	11+188	28+679	LLANO	Menor a 10
5	PU-120	0+000	5+000	ONDULADO	13.74
6	PU-915	5+000	15+000		

Nota. Elaboración Propia

4.3.2 *Por su Demanda*

Se ha realizado el estudio de tráfico correspondiente para tener la muestra de la cantidad de vehículos que transitaban por día en la vía, luego, la especialidad del estudio de tránsito nos proporciona la información del IMDA de **38 veh/día**, Se realizó el IMDA del año 2019 para determinar la clasificación por demanda de la carretera, este estudio de tráfico nos permite obtener los datos de los vehículos que circulan por la vía, haciendo un seguimiento y control diario.

Sin embargo, se desea realizar una optimización de transitabilidad vehicular que sea funcional mínimo por los próximos años, por lo cual se hizo una proyección a partir de la tasa de crecimiento poblacional.

Tabla 18

Crecimiento Poblacional

Año	Población Total	Incremento Poblacional	Tasa de Crecimiento
1940	548371		
1961	686260	137889	1.1
1972	776173	89913	1.1
1981	890258	114085	1.5
1993	1079849	189591	1.6
2007	1268441	188592	1.1
2012	1377122	108681	1.5
2017	1429098	51976	1.3
2021	1499533	70435	1.0
2025	1556885	57352	0.9

Nota. Adaptado del “Resultado definitivo de los censos nacionales Puno – 2017 (Tomo I – p.23), (2017), INEI.

A partir del IMDA actual medido, y empleando la tasa de crecimiento, se calcula el IMDA proyectado a futuro mediante la siguiente fórmula:

Figura 15*Trafico Proyectado*

$$T_n = T_o (1+r)^n$$

Donde:

T_n = Tráfico en el año n

T_o = Tráfico actual o en el año base

r = Tasa de crecimiento

n = Año para el cual se calcula el volumen de tráfico

Nota. Elaboración Propia

A continuación, obtenemos la tabla donde tenemos el IMDA correspondiente al año 2019 y el proyectado que vendría ser del año 2029.

Tabla 19*IMDA actual y proyectado*

AÑO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICK UP	PANEL	RURAL Conbi	2 E		>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
2017	5	3	4	0	5	6	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	
2018	5	4	5	0	5	6	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	
2019	6	4	6	0	5	8	2	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	
2020	6	5	6	0	5	8	2	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	
2021	7	5	6	0	5	9	3	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	
2022	7	6	8	0	6	9	3	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	
2023	8	6	10	0	6	9	4	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	
2024	8	6	10	0	8	9	5	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	
2025	10	7	11	0	8	9	8	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	
2026	11	7	11	0	10	10	8	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	
2027	11	8	12	0	11	10	9	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	
2028	12	8	12	0	11	10	9	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	
2029	12	10	12	0	11	10	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	
2030	13	11	15	0	12	12	11	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	

Nota. Elaboración Propia

4.3.3 Clasificación vial

De acuerdo con los datos obtenidos por su demanda, se determinó que la clasificación vial de la ruta PU-804 es **trocha carrozable** debido a que tiene una circulación vehicular < 200veh/día, debido a esta clasificación se le consideró un ancho mínimo de calzada de 4.00m.

Se observa que el IMDA del año de 2019 es de 38 veh/día y el IMDA proyectado al año 2029, de 75 veh/día.

Tabla 20

Clasificación Vial por Demanda

Tramos	Rutas	Inicio	Fin	IMDa Año 2019	IMDa Año 2029	Ancho Carril	Clasificación por demanda
1	PU-804	0+000	17+845.29	38	75	4.00	Trocha Carrozable
2	PU-123	10+000	24+000	102	140	4.00	Trocha Carrozable
3	PU-949	24+000	44+838	493	590	3.30	Carretera de 2da clase
4	PU-910	0+000	11+188	42	78	4.00	Trocha Carrozable
	PU-120	11+188	28+679	42	78	4.00	Trocha Carrozable

Nota. Elaboración Propia

4.4 Vehículo de Diseño

El vehículo seleccionado para este tramo es **B2**; debido a que es el vehículo de mayor longitud que transita por la vía en que se realizó el estudio, al no observar un vehículo de mayor dimensión transitar la ruta PU-804, se determinó usar el vehículo **Tipo B2**.

4.5 Velocidad de Diseño

En base a la orografía y la clasificación por demanda, se determinó la velocidad de diseño, siendo esta de **30 km/h**, porque al no encontrarse en la **Tabla 2**, la velocidad para trochas carrozables, se consideró la mínima posible con la finalidad de salvaguardar la seguridad vial del conductor.

Tabla 21

Cuadro de velocidades de la vía por tramos

Tramos	Rutas	Inicio	Fin	Clasificación por demanda	Tipo de Topografía	Velocidad de diseño (Km/h)
1	PU-804	0+000	17+845.29	TROCHA CARROZABLE	ONDULADO	30
2	PU-123	10+000	24+000	TROCHA CARROZABLE	ONDULADO	30
3	PU-949	24+000	24+600	CARRETERA DE 2DA CLASE	ONDULADO	60
4	PU-910	0+000	11+188	TROCHA CARROZABLE	LLANO	30
5	PU-120	0+000	0+580	TROCHA CARROZABLE	ONDULADO	30
6	PU-915	5+000	15+000	TROCHA CARROZABLE		30

Nota. Elaboración Propia

4.6 Diseño Geométrico en Planta o Alineamiento Horizontal

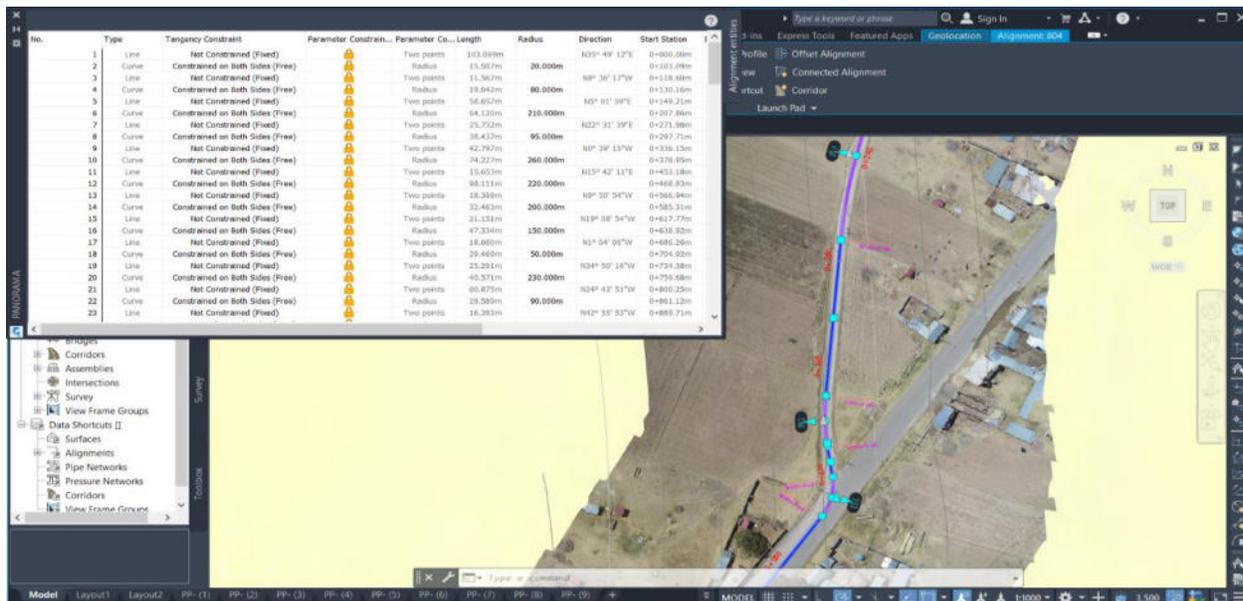
En este caso se procedió a realizar un trazo en vista de planta, el trazo se realizó dibujando una polilínea por el camino de la ruta PU-804, para asegurar la trazabilidad del eje, el trazo fue realizado sobre ortomosaicos. La obtención de los parámetros horizontales fue hallada en función de la **velocidad de diseño**, lo que nos permitió tener en cuenta los datos que se obtienen en el Manual de carreteras: DG-2018.

- **Velocidad (v) km/h:** 30km/h
- **Radio mínimo (Rmin):** 30m
- **Longitud mínima de tangente(S):** 42m
- **Longitud mínima de tangente (O):** 84m

- Longitud máxima de tangente: 500m

Figura 16

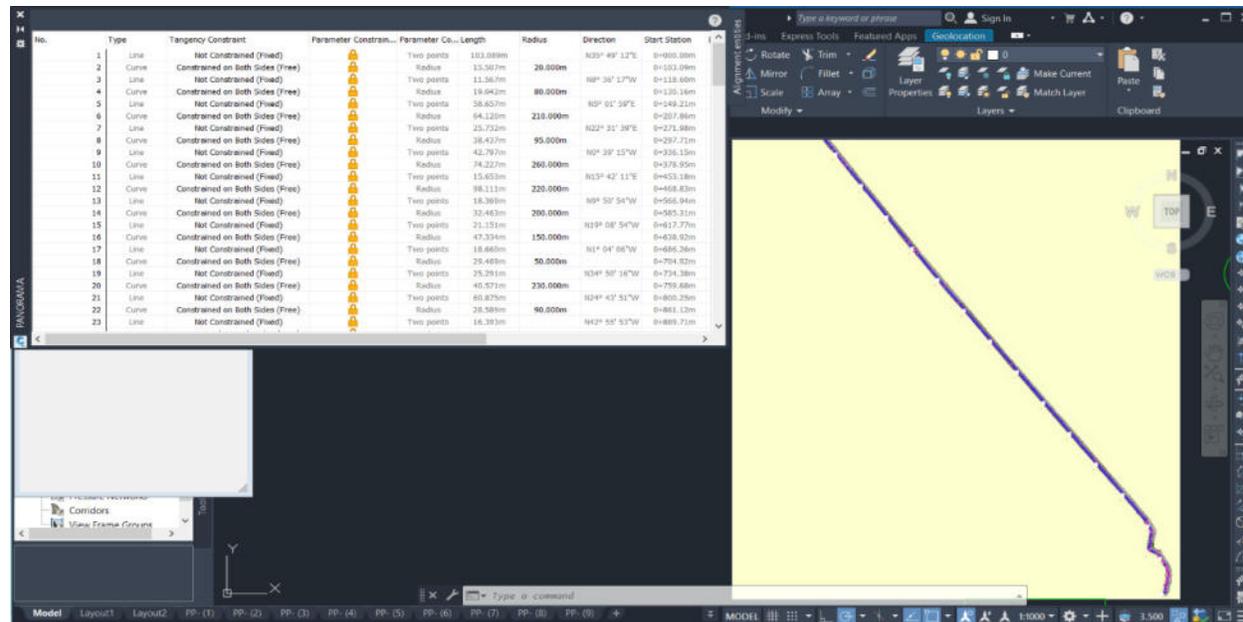
Alineamiento horizontal en la ortofoto con cuadro de radio y tangentes



Nota. Elaboración Propia

Figura 17

Ortofoto y trazo de toda la ruta Pu-804



Nota. Elaboración Propia

4.6.1 Sobreancho

Para el diseño de sobreancho se tomó el tipo de vehículo de diseño y los radios mínimos con la finalidad de poder calcular el ancho adicional por cada curva horizontal, con la finalidad de poder sostener a los vehículos **Tipo B2** en su carril sin invadir otro. A continuación, en la **Tabla 22** se observarán los resultados obtenidos.

Tabla 22

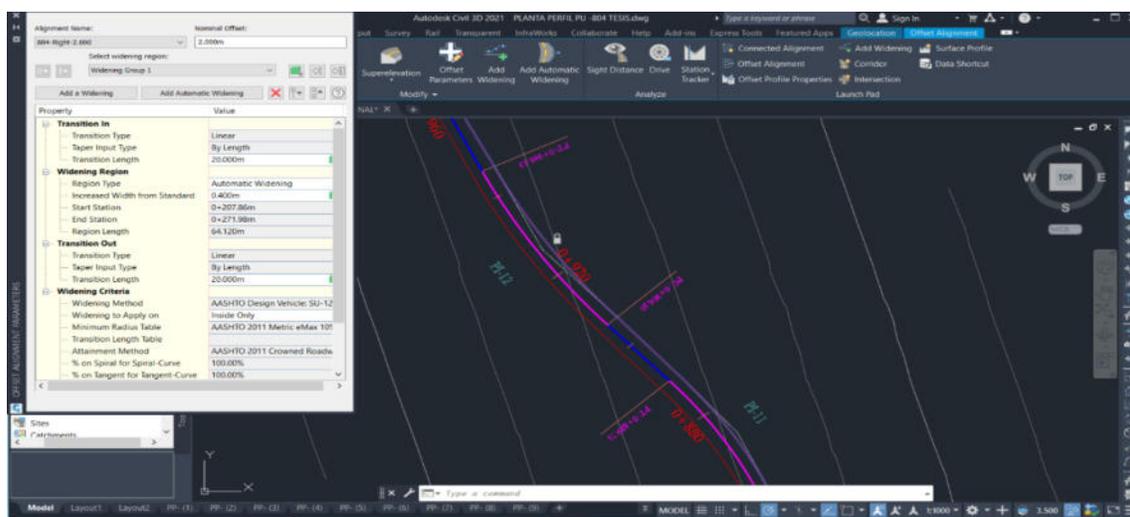
Cuadro de sobreancho de la vía por tramos

Rutas	Inicio	Fin	Velocidad (km/h)	Tipo de topografía	Sobreancho (m)
PU-804	0+000	17+845.29	30	ONDULADO	1.00
PU-123	10+000	24+000	30	ONDULADO	0.40
PU-949	24+000	44+838	60	ONDULADO	1.20
PU-910	0+000	11+188	30	LLANO	0.80
PU-120	11+188	28+679	30		0.70

Nota. Elaboración Propia

Figura 18

Creación de sobreanchos mínimo 1.0 según DG-2018



Nota. Elaboración Propia

4.6.2 Peraltes

De acuerdo a la velocidad **30km/h** y a la **orografía** del terreno la DG-2018 nos determina que el diseño de la carretera puede obtener un valor de peralte máximo de **8%** y como valor mínimo tendrá el porcentaje de inclinación del **bombeo**, precisar que los peraltes se aplican a todas las curvas y que el Civil 3D nos da la facilidad de colocarlo de una manera automatizada y exportarlo a Excel.

Tabla 23

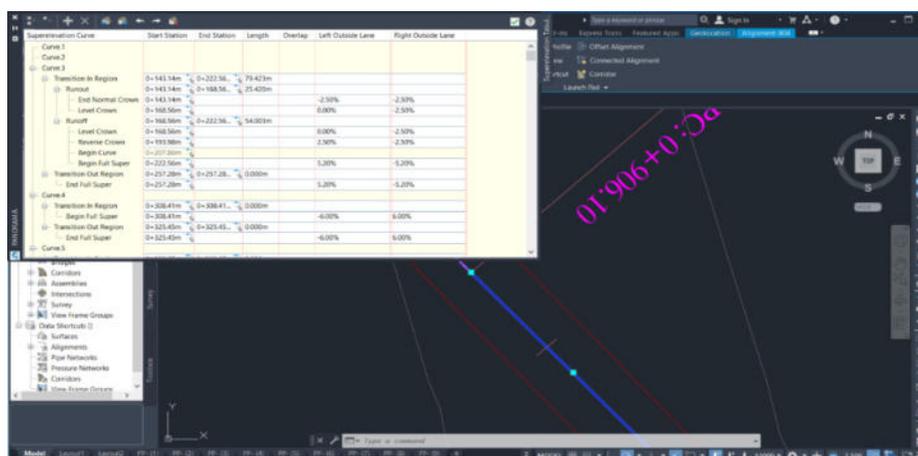
Valores de peralte máximo

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

Nota. Tomado del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (p.196), por MTC, 2018, Peralte máximo para carreteras.

Figura 19

Cuadro de peraltes en Civil 3D



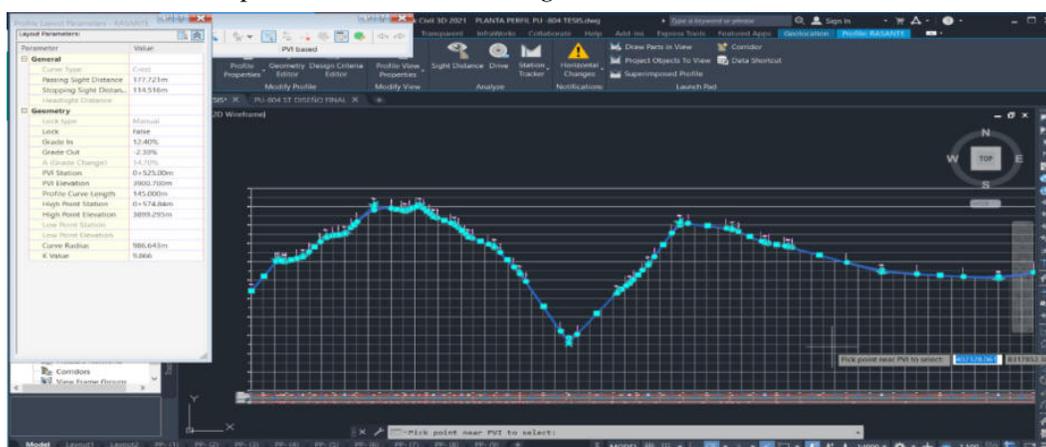
Nota. Elaboración Propia

4.7 Diseño Geométrico en Perfil o Alineamiento Vertical

Se procedió a dibujar en el Civil 3D la línea rasante, considerando la velocidad y distancia de visibilidad de diseño, se precisó que estas líneas son creadas en un **perfil longitudinal**, creado de manera automatizada por el Civil 3D, y que en la parte inferior se colocan las **bandas**, que vienen a ser los parámetros del alineamiento horizontal.

Figura 22

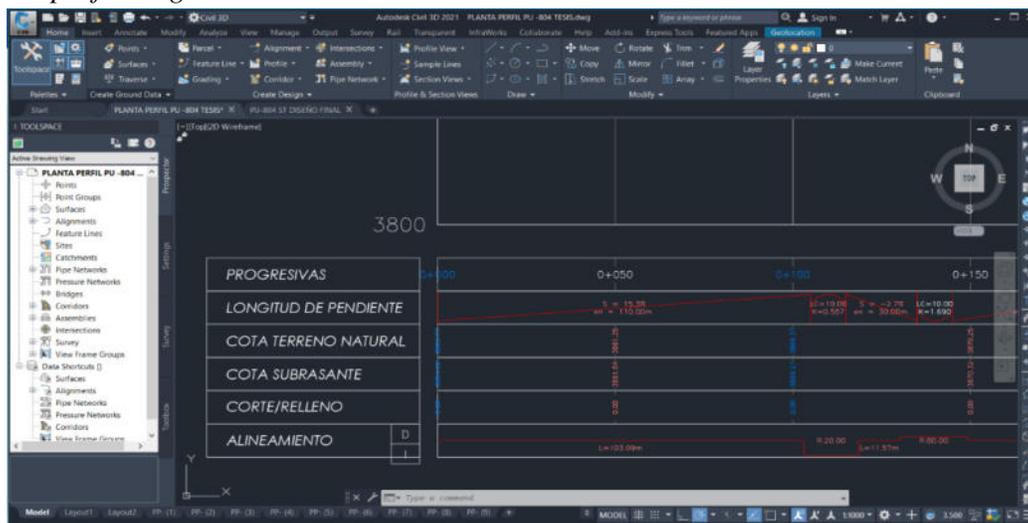
Rasante con su cuadro de parámetro de diseño según DG -2018



Nota. Elaboración Propia

Figura 23

Bandas del perfil longitudinal



Nota. Elaboración Propia

4.7.1 Pendientes

Una vez se tiene la rasante dibujada, se verificó el cumplimiento de la pendiente máxima, como tenemos **trocha carrozable**, con una orografía **ondulada** y velocidad de diseño de **30km/h**, según la **Tabla 7** la máxima pendiente que se puede colocar en la rasante es de **10%**, con lo cual el Civil 3D nos permitió ajustar los valores de acuerdo al parámetro de la DG-2018.

Figura 24

Pendientes menores a 10%



Nota. Elaboración Propia

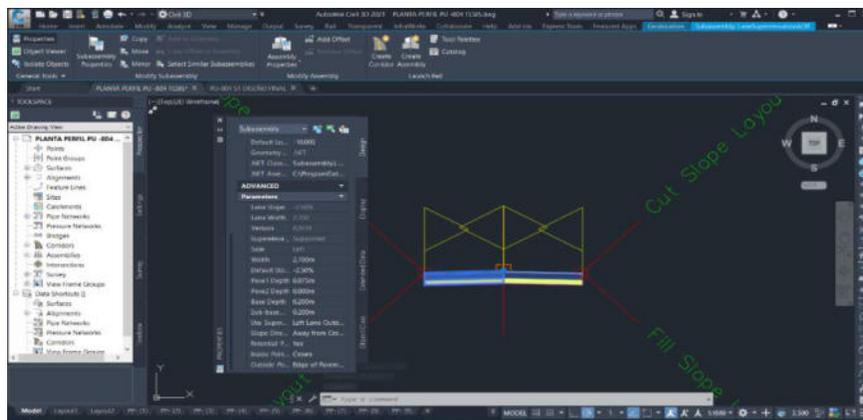
4.7.2 Curvas Verticales

Para las curvas verticales se consideró una longitud mínima de **50 m** tomando en cuenta que la **diferencia** de pendiente de entrada y salida es mayor que el **1%**, esto nos permitió sacar un valor definido para el parámetro de **curva K**.

Figura 25*Curvas Cóncavas y Convexas**Nota. Elaboración Propia*

4.8 Creación de Obra lineal (Subensamblajes)

Luego de tener los alineamientos horizontales y verticales definidos y los parámetros de las secciones transversales, se procedió a crear la obra lineal (subensamblajes) que tiene por finalidad colocar los parámetros de la vía como: estructura del pavimento, taludes, bombeo, bermas, en un solo dibujo que fue la representación gráfica de nuestra vía, acomodado al DG-2018.

Figura 26*Parámetros y creación de obra lineal**Nota. Elaboración Propia*

4.8.1. Calzada o superficie de rodadura

De acuerdo a los parámetros de diseño como velocidad, orografía y clasificación vial por demanda, se obtuvo que el ancho de calzada para el presente trabajo de investigación es de 6.00m según la **Tabla 8**. También recordar que la superficie de rodadura fue **pavimento asfáltico**.

4.8.2. Bombeo

De acuerdo a las precipitaciones anuales (mm/año), se indicó que es de **696 mm/año** por lo cual, según la **Tabla 10**, y que se proyectó usar pavimento asfáltico, el valor de bombeo fue de **2.5%**.

Tabla 24

Cuadro de bombeo de la vía por tramos

Tramos	Rutas	Inicio	Fin	Precipitación (mm/años)	Bombeo Final (%)
1	PU-804	0+000	17+845.29	696	2.5
2	PU-123	10+000	24+000	650	3
3	PU-949	24+000	44+838	450	2.5
4	PU-910	0+000	11+188	750	3
5	PU-120	0+000	5+000	550	2.5
6	PU-915	5+000	15+000	680	3

Nota. Elaboración Propia

4.8.3. Taludes

De acuerdo a los resultados de los estudios geológicos se definieron ciertos taludes para colocarlos en el ensamblaje, y así poder visualizar la inclinación al terreno lateral de la carretera

Tabla 25*Taludes recomendados*

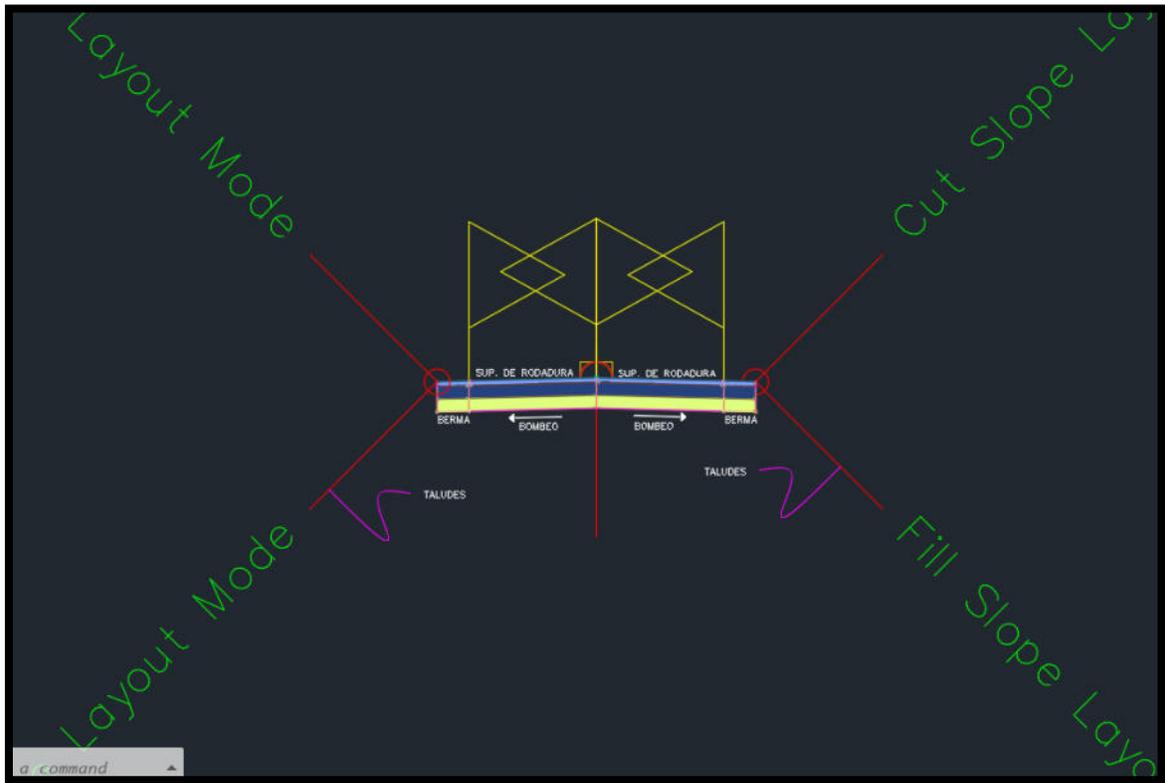
Progresiva		Talud Recomendado H: V
0+000	3+450.	1 :1
3+450	6+270	3 :1
6+270	7+500	2 :1
7+500	8+460	1 :1
8+460	9+850	3 :1
9+850	10+380	1 :1
10+380	10+600	2 :1
10+600	10+950	3 :1
10+950	11+000	1 :1
11+000	11+780	3 :1
11+780	13+150	3 :1
13+150	13+500	3 :1
13+500	13+850	2 :1
13+850	13+920	3 :1
13+920	15+550	3 :1
15+550	15+620	2 :1
15+620	16+250	3 :1
16+250	16+300	2 :1
16+300	16+500	3 :1
16+50	17+250	2 :1
17+250	17+845.29	3 :1

Nota. Elaboración Propia

4.8.4. Berma

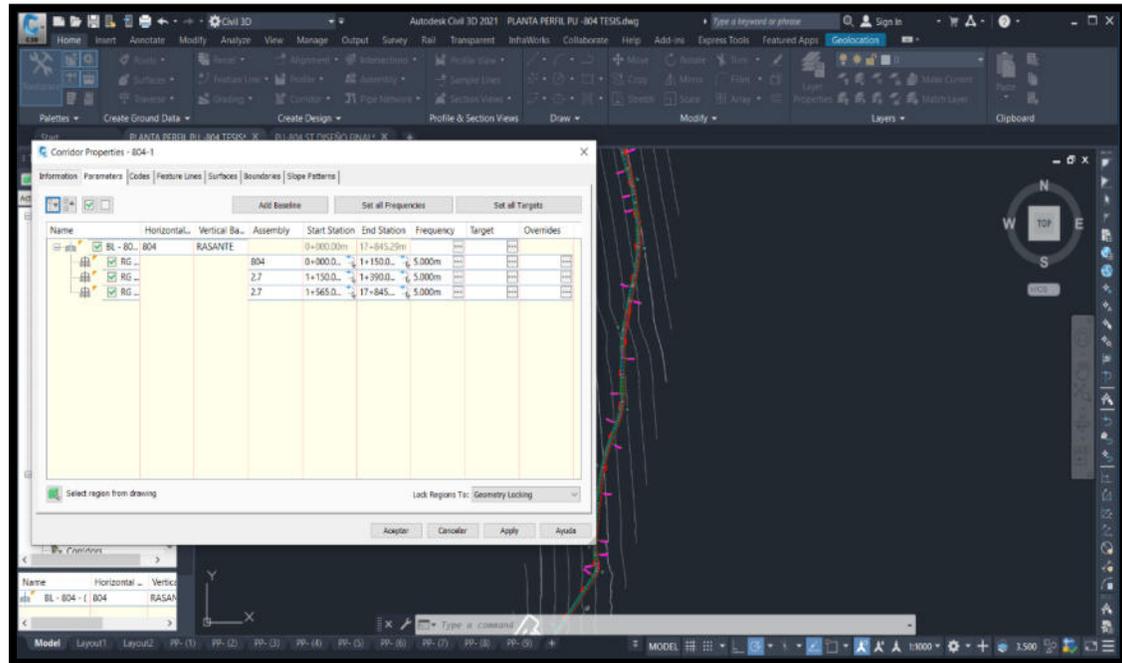
De acuerdo a la **Tabla 9**, el ancho de la berma será de **0.50m** y mantendrá el mismo bombeo de **2.5%**, los cuales perteneces a los carriles principales.

A continuación, se mostrará una imagen de todos los parámetros mencionados y cuál es su ubicación dentro del Civil 3D.

Figura 27*Parámetros de Diseño**Nota.* Elaboración Propia

4.9 Creación del Corredor (Carretera)

Una vez se obtiene el alineamiento horizontal, vertical y la obra lineal hecha en el Civil 3D, se procedió a crear el corredor de la carretera que viene a ser la representación y compatibilización sólida de los parámetros antes proporcionados para la creación de la carretera. El Civil 3D da una opción de visualización en 3D de la carretera dependiendo de la longitud y permite adecuar ciertos cambios y modificaciones que se realicen en el diseño geométrico.

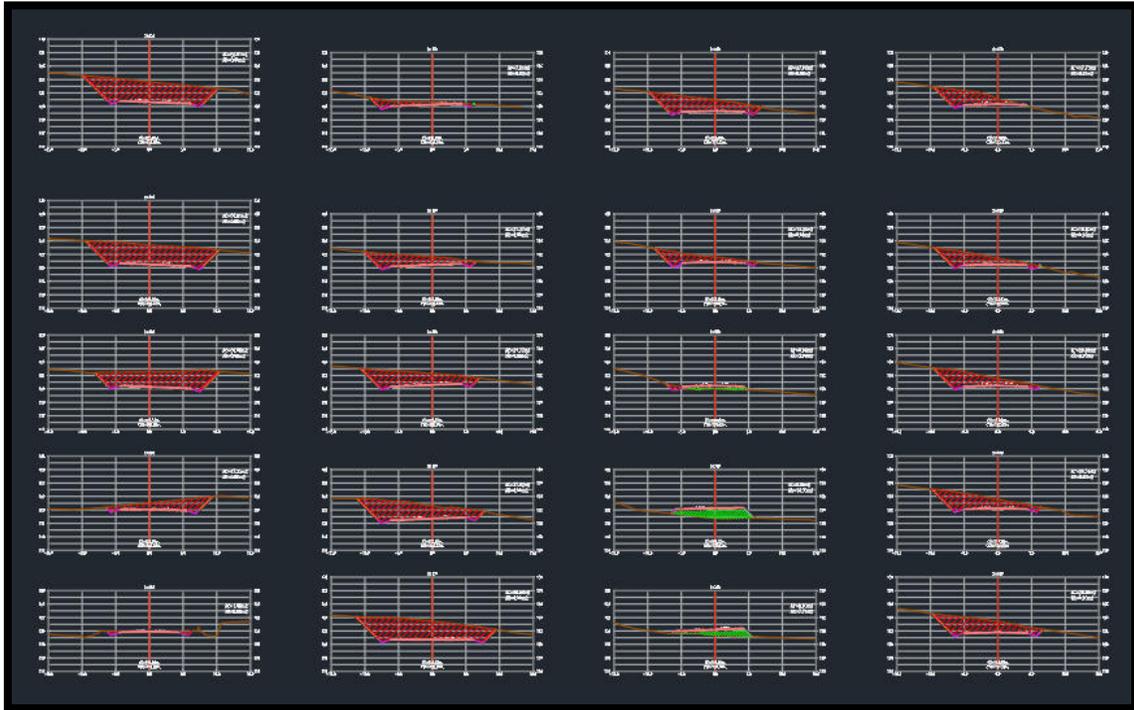
Figura 28*Propiedades del corredor*

Nota. Elaboración Propia

4.10 Secciones Transversales

Las secciones transversales fueron productos de la compatibilización de todos los parámetros de diseño mencionados, es aquí donde se observó, mediante los planos, la viabilidad del diseño geométrico y la correcta aplicación de los parámetros de diseño DG-2018.

Una vez finalizado todos los pasos anteriores se procedió a crear las secciones trasversales, se observaron la obra lineal y carretera realizadas, también se pudo observar los peraltes y los sobreechamientos en cada curva. Las secciones transversales se encuentran visualizándose a cada 20m, lo cual facilitó el cálculo de movimiento de tierra de manera automatizada en el Civil 3D.

Figura 29*Secciones Transversales*

Nota. Elaboración Propia

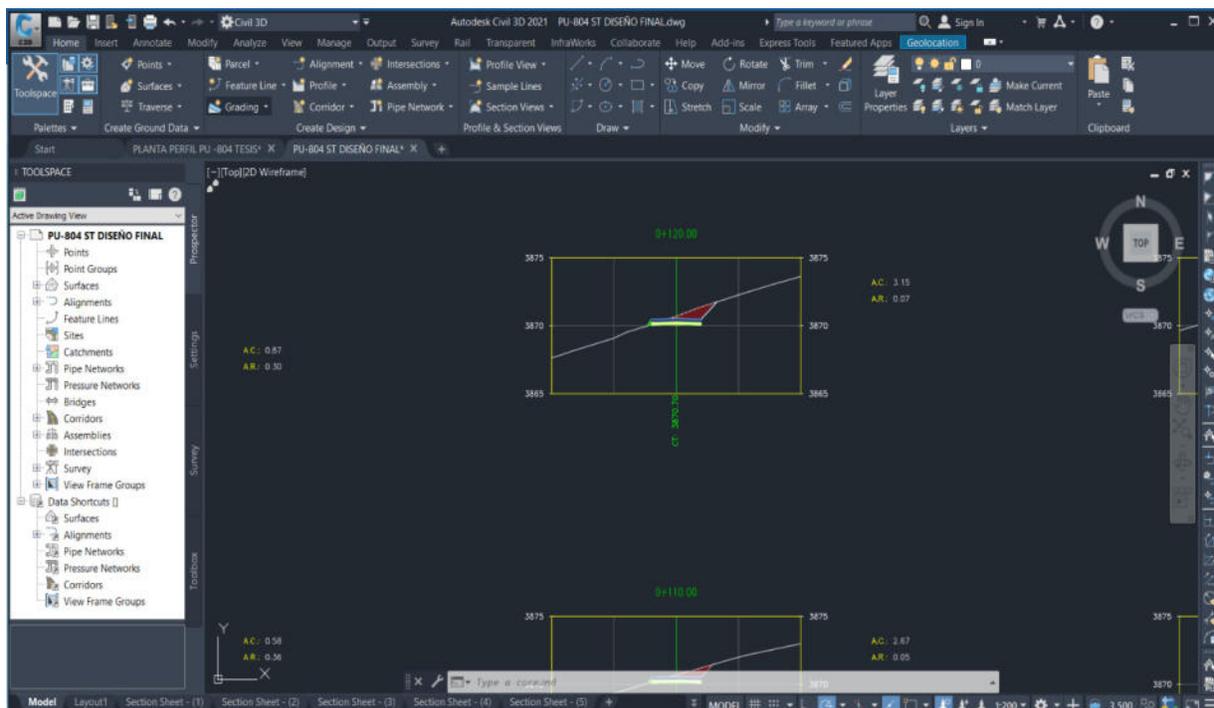
4.11 Cálculo de movimientos de tierra

Una vez finalizado el diseño geométrico y con la continua creación de las secciones transversales, se procedió a crear el cálculo de Volumen de Corte y Volumen de Relleno (movimiento de tierras), obteniendo como resultados lo siguiente:

- **Volumen de Corte:** 51305.55 m³
- **Volumen de relleno:** 12520.39 m³
- **Volumen Neto:** 38785.15 m³

Figura 30

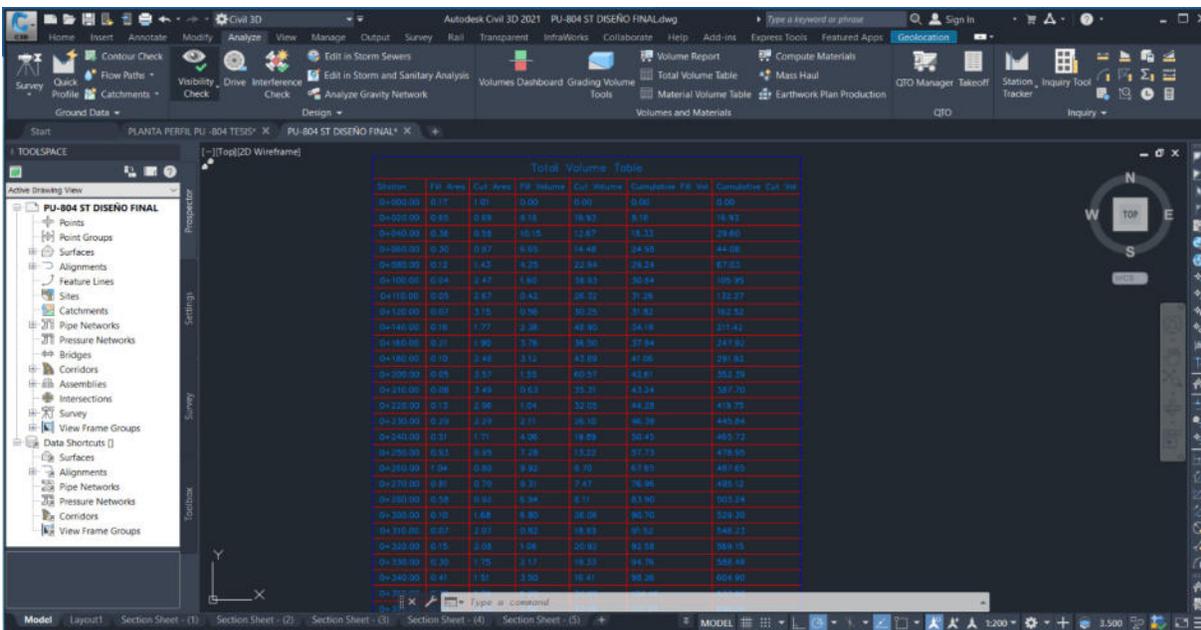
Áreas de corte y relleno



Nota. Elaboración Propia

Figura 31

Tabla de movimiento de Tierras



Nota. Elaboración Propia

V. Discusión de resultados

Se obtuvo un Diseño Geométrico bien elaborado, respetando los parámetros de diseño que se encontraba en el DG-2018, donde el civil 3D se utilizó para mejorar el diseño reduciendo las curvas de los alineamiento horizontales y verticales, además permitió la mejora de las pendientes longitudinales que se visualizan en el perfil longitudinal, una vez logrado los alineamientos horizontales y verticales se prosiguió a diseñar y dibujar la obra lineal (Assembly) para luego crear el corredor de la carretera, esto nos permite crear las secciones transversales cada 20m, una vez creada las secciones transversales, se puede generar el cálculo de volúmenes de corte y relleno, permitiendo llevar un control de volúmenes y así evitar grandes movimientos de tierra.

Se evito crear excesivo movimiento de tierra y esto se logró al momento de adecuar en el software Civil 3D la rasante diseñada de la vía con el perfil del terreno evitando un excesivo movimiento de tierra tanto en corte y relleno.

Esta investigación se ha comparado con investigaciones anteriores para validar la eficiencia de un diseño geométrico, Es así como en Delzo (2018), se concluye que la utilización del software Civil 3D es eficiente para la realización de un diseño geométrico. De igual manera en Román y Saldaña (2018) se observa que la reducción de curva ayuda a reducir grandes cantidades de movimiento de tierra. Del mismo modo Dávila (2021) concluye que la optimización de la transitabilidad vehicular es dependiente del diseño geométrico y traerá una gran mejora en lo que se refiere al tráfico y enfatiza la seguridad vial del proyecto. Asimismo, López (2013) sostiene que una mejora del diseño geométrico en el alineamiento vertical optimiza de manera total las pendientes longitudinales que se visualizan en el perfil longitudinal.

Tabla 26

Cuadro comparativo con Proyecto y sin Proyecto

	Con Proyecto	Sin Proyecto
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> Se definirá el trazo tentativo de la carretera, lo que conlleva a tener mejor propuesta de eje al expediente. Se hará un correcto estudio para garantizar la viabilidad de la vía. La zona tendrá una mayor atracción turística con una vía asfaltada. 	<ul style="list-style-type: none"> Se mantendrán acceso a vías informales. Predominara la informalidad. Se mantendrán las viviendas, que no afecten al proyecto. Interferencias alrededor de la vía.
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> Cierres definitivos de vías alternas que no tengan alto flujo de tránsito Se tendrá que reubicar las viviendas que afecten al proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> No mejorará el aspecto turístico de la zona. No se generará una modernización en la zona.
ECONOMIA	<ul style="list-style-type: none"> Se impulsará a un mayor intercambio comercial del distrito de Samán. Dara una mayor oportunidad laborar, tanto en la etapa de ejecución y mantenimiento de la vía. Llegará con mayor facilidad camiones que trasladan alimentos y productos de básica necesidad, minimizando los tiempos de espera de estos, lo que lleva a generar más ventas y oportunidades económicas. 	<ul style="list-style-type: none"> No Habrá un adecuado intercambio comercial, lo que provocará un aumento en la pobreza Los pobladores del distrito de Samán tendrán menos oportunidades de trabajo, llevando a un déficit de prosperidad en la zona. Dificultad para la llegada de camiones que trasladan productos alimenticios y de básica necesidad para la población.
INFLUENCIA SOCIAL	<ul style="list-style-type: none"> Generará un mayor intercambio social, gracias a la fácil accesibilidad a la zona. Se mejorarán normas y decretos de tránsito, asegurándoles mayor seguridad vial La ruta será reconocida como posible destino a conocer. 	<ul style="list-style-type: none"> No se generará un gran intercambio social por la difícil accesibilidad a la zona. No habrá mejorar en normas y decretos. No será tomado en cuenta como un posible destino a conocer.
Transitabilidad vehicular	<ul style="list-style-type: none"> Generará un accesible tránsito vehicular tanto, para vehículos pesados y livianos. Aliviara los peligros, que suceden por las vías accidentadas. Evitará el deterioro de los vehículos que pasan por la zona 	<ul style="list-style-type: none"> Inaccesible tránsito vehicular tanto para vehículos livianos y pesados Seguirán latentes los peligros de la vía accidentada Se seguirá deteriorando los vehículos por lo accidentado del tramo.

Nota. Elaboración Propia

Tabla 27*Resultados del Diseño Geometrico*

VIA EXISTENTE	NUEVO DISEÑO GEOMÉTRICO
Existen 105 Curvas Horizontales	Se proyectan 79 Curvas Horizontales
90 Curvas Verticales	69 Curvas Verticales
Tiempo de Viaje : 1hora y media	Se estima de 45 a 50 min.
Accidentes Viales Recurrentes	Aumento de la Seguridad Vial
Mayor cantidad de movimiento de tierra: 62.673.26 m ³	Menor cantidad de movimiento de tierra: 38785.15m ³
Pendientes longitudinales > 10%	Pendientes longitudinales < 10%
No presenta sobreanchos	Presenta sobreancho para Vehiculo de Diseño
Curvas sin peralte	Curvas con peralte

Nota. Se realizo un cuadro de las mejoras que nos refleja el diseño geometrico que se propuso obteniendo beneficios en todos los ámbitos de la via, asimismo se muestran los resultados de todo el diseño con la norma del manual de carreteras DG-2018 y con el software facilitado Civil 3D. Elaboración propia.

VI. Conclusiones

- El diseño geométrico de la ruta PU-804 empleando software Civil 3D, logrará optimizar la transitabilidad vehicular con una carretera pavimentada y segura para el distrito de Samán en el departamento de Puno.
- Se concluye que, al generar las secciones transversales se puede realizar el control sobre los volúmenes de corte y relleno, evitando generar grandes sobrecostos en los movimientos de tierra.
- Al reducir la cantidad de curvas horizontales y verticales, permitirá obtener una mejor distancia de visibilidad y reducir los tiempos de viaje en el nuevo diseño geométrico de la vía.
- Se concluye que mejorar el diseño geométrico en el alineamiento vertical, permitió optimizar las pendientes longitudinales, haciendo que estén por debajo del 10% como manda el manual de carreteras DG-2018.

VII. Recomendaciones

- Se recomienda realizar un diseño geométrico siguiendo los parámetros del Manual de carreteras DG-2018 y utilizando el software Civil 3D como apoyo para realizar una buena carretera bajo los estándares del MTC.
- Se debe generar las secciones transversales para poder observar el diseño propuesto y también para poder llevar el control de los movimientos de tierra.
- Se recomienda buscar la optimización de las carreteras reduciendo sus curvas tanto horizontales como verticales, para mejorar el diseño en aspectos económicos y de tiempo de recorrido.
- El uso del diseño geométrico ayuda a mejorar las pendientes longitudinales de las carreteras siguiendo los parámetros establecidos en el manual de carreteras DG-2018 y obligándolos a cumplir con su pendiente máxima diseñada.

VIII. Referencias

Aleman, H., Juarez, F. y Nerio, J. (2015). “*Propuesta de diseño geométrico de 5.0 km de vía de acceso vecinal montañosa, final col. quezaltepeque-cantón victoria, santa tecla, la libertad, utilizando software especializado para diseño de carreteras*” [Tesis de Pregrado, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional de la Universidad de El Salvador.

<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/7856>

Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación*. (6ta ed.). Episteme.

https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION

Cayco, K. (2020). *Análisis comparativo del software AutoCAD civil 3d e Istram ispol para el diseño geométrico de carreteras de tercera clase aplicado al proyecto mejoramiento de la carretera vecinal puente chico – sancaragra –cuchicancha – mal paso – choquicocha – santa rosa –tablahuasi – milpo – quiulacocha, distrito deconchamarca – ambo – Huánuco*. [Tesis de Pregrado, Universidad Hermilio Valdizan]. Repositorio Institucional UNHEVAL

<https://hdl.handle.net/20.500.13080/6057>

Cruz, G. (2019). *Anteproyecto geométrico de la carretera Santa María Puxmetacán-Tierra Negra* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Digital de la Facultad de Ingeniería, UNAM.

<http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/16501>

Cruz, H. (2014). *Creación de aplicativos con la plataforma civil 3d, para diseño geométrico de vías de cuarta generación* [Tesis de Postgrado, Universidad Santo Tomas]. Repositorio Institucional de la Universidad Santo Tomas.

<https://hdl.handle.net/11634/676>

CONSORCIO GEODATA - ANTAMINA (2015) *Informe de Tráfico del Proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la carretera Empalme Ruta AN-111 – Huamanín – Progreso – Poque – Llata – Cochapata (Túnel Anlay) – Nuevas Flores (68.88 Km) y Construcción del Túnel Anlay (1.67 Km)*. Lima.

Dávila E. (2020). *Diseño del Pavimento Rígido para Optimizar la Transitabilidad Vehicular y Peatonal en el Distrito de Sexi, Santa Cruz – Cajamarca, 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV.

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/64992>

Delzo, F. (2018). *Propuesta de diseño geométrico y señalización del tramo 5 de la red vial vecinal empalme ruta AN-111 – Tingo Chico, provincias de Huamalés y Dos de mayo, departamento de Huánuco*. [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de Investigación PUCP.

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/12616>

Espinoza L. (2015). *Diseño del Proyecto Geométrico de la carretera “El Sabino-Taretan, KM 0+000 al KM 1+800 en el municipio de Uruapan, MICH.* [Tesis de pregrado, Universidad Don Vasco]. Repositorio de Tesis DGBSDI.

https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000740541

Fóruns Autodesk Civil 3d. ¿Qué es el suavizado de curva para peralte? (s.f.)

<https://forums.autodesk.com/t5/civil-3d-espanol/que-es-el-suavizado-de-curva-para-peralte/td-p/5762023>

Freire C. (2020). *“Diseño Geométrico de la alternativa vial shuyopinllopatá en el tramo km 20+000- 24+000 perteneciente a los cantones pujili y pangua de la provincia de Cotopaxi.* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Universidad Técnica de Ambato.

<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30683>

Gálvez, J y Gálvez, A (2018). *Análisis del diseño geométrico de carreteras con el software civil 3d y software VIAS, aplicando la norma DG 2018.* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV.

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/58379>

Hernández H. (2007). *Diseño del tramo carretero comprendido de la comunidad volcancito, hacia la comunidad sam greene, del municipio de tucurú, departamento de alta Verapaz.* [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala].

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2756_C.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2017). Resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017: Puno.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1563/

López M. (2013). *Cálculo de movimiento de tierras, producción de planos y consideraciones especiales para el diseño de carreteras utilizando AutoCAD civil 3d 2012.* [Tesis de Pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala].

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3587_C

López, O & Castellano, A. (2018). Metodología para el cálculo automatizado de las avenidas de diseño en proyectos viales utilizando el software AutoCAD Civil 3D. *Universidad & ciencia*, 7(3), 205-220.

<https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/724/1260>

Meléndez M. (2019). *Análisis técnico del diseño geométrico de la carretera nacional PE-3N con relación al manual de carretera DG-2018, tramo KM. 136+000 – KM.141+000*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional UNDAC.

<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1654>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG – 2018*.

Reyes N. (2018). *Propuesta de diseño geométrico en carreteras de camino vecinal utilizando software AutoCAD civil 3D*. [Tesis de Pregrado, Universidad Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional UNHEVAL.

<https://hdl.handle.net/20.500.13080/4004>

Román, W. & Saldaña, A. (2018). “*Propuesta de parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables en la Norma DG – 2018 a fin de optimizar costos*”. [Tesis de Pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional – URP.

<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2298>

ix. Anexos

Anexo A

Matriz de Consistencia y Matriz de
Operacionalización

a) Matriz de consistencia

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS EMPLEANDO SOFTWARE CIVIL-3D PARA OPTIMIZACIÓN DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA RUTA PU-804 DEL DISTRITO DE SAMAN, PROVINICA DE AZANGARO DEL CORREDOR VIAL N°39 DE RED VIAL VECINAL EMPALME PE 34H-PUNO.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
General			Variable Independiente	1. TIPO DE ESTUDIO
¿Cómo se realizará el diseño geométrico empleando el software Civil 3D para la optimización de la transitabilidad vehicular de la ruta PU-804 en el corredor N°39 de la red vial vecinal empalme PE 34H del departamento de Puno?	Proponer un diseño geométrico empleando el software Civil 3D para la mejora de las condiciones de transitabilidad vehicular de la ruta PU-804 del distrito de Samán, provincia de Azángaro del corredor vial N°39 de la red vial vecinal empalme PE 34h-Puno.	El Diseño Geométrico empleando el software Civil 3D sirve para determinar los componentes de una carretera y las condiciones de transitabilidad vehicular de la ruta PU-804 del distrito de Samán, provincia de Azángaro del corredor vial N°39 de red vial vecinal empalme PE 34h-Puno.	Diseño Geométrico empleando el software Civil 3D	El tipo de investigació tiene un enfoque cuantitativo, de tipo explicativo porque hay una medición numérica de variables
Específicos				2. DISEÑO DE ESTUDIO
¿Cómo incide el civil 3D para la generación de secciones transversales y el control de volúmenes de corte y relleno?	Aplicar el Civil 3d para la generación de secciones transversales y el control de volúmenes de corte y relleno de la ruta PU-804 del distrito de Samán, provincia de Azángaro del corredor vial N°39 de la red vial vecinal empalme PE 34h-Puno.	La aplicación del Civil 3D influye para la generación de Secciones transversales y el control de movimiento de tierra (volumen de corte y relleno) de la ruta PU-804 del distrito de Samán, provincia de Azángaro del corredor vial N°39 de red vial vecinal empalme PE 34h-Puno.	Variable dependiente	El tipo de diseño a realizar es de tipo no experimental, porque no se manipularán las variables
¿Cómo se podrá reducir la cantidad de curvas de los alineamientos horizontales y verticales para tener mejor distancia de visibilidad?	Aminorar la cantidad de curvas de los alineamientos horizontales y verticales para poder obtener una mejor distancia de visibilidad de la ruta PU-804 del distrito de Samán, provincia de Azángaro del corredor Vial N°39 de la red vial vecinal empalme PE 34h-Puno.	La aplicación del civil 3D permite aminorar la cantidad de curvas horizontales y verticales para obtener una mejor distancia de visibilidad de la de la ruta PU-804 del distrito de Samán, provincia de Azángaro del corredor vial N°39 de red vial vecinal empalme PE 34h-Puno.		3. TIPO DE MUESTRA
¿Cómo influye un Diseño Geometrico para la optimización de las pendientes longitudinales que muestra el perfil longitudinal de la carretera?	Mejorar el diseño geométrico del alineamiento vertical para optimizar las pendientes longitudinales que se muestra en el perfil longitudinal de la ruta PU-804 del distrito de Samán, provincia de Azángaro del corredor Vial N°39 de la red vial vecinal empalme PE 34h-Puno.	La mejora del Diseño Geométrico en los alineamientos Verticales permite optimizar las pendientes longitudinales que se muestra en el perfil longitudinal de la ruta PU-804 del distrito de Samán, provincia de Azángaro del corredor vial N°39 de red vial vecinal empalme PE 34h-Puno.	Mejoramiento y Transitabilidad vehicular	El tipo de muestra es no probabilística, ya que va a depender de las características que presenten los diferentes estudios que se realicen para el diseño.
				4. TAMAÑO DE MUESTRA}
				Para el tamaño de la muestra, se tomó la cantidad de curvas horizontales y verticales, la diferencia entre las pendientes transversales y longitudinales.
				5. INSTRUMENTOS
				Variable independiente: Diseño Geométrico empleando el software Civil 3D. -Instrumento: Uso del software Civil 3D Variable dependiente: Mejoramiento y Transitabilidad vehicular -Instrumento: Cálculo del IMDA

Nota. Elaboración Propia

b) Matriz de operacionalización

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS EMPLEANDO SOFTWARE CIVIL-3D PARA OPTIMIZACIÓN DE TRANSITABILIDAD

VEHICULAR DE LA RUTA PU-804 DEL DISTRITO DE SAMAN, PROVINCIA DE AZANGARO DEL CORREDOR VIAL N°39 DE RED VIAL

VECINAL EMPALME PE 34H-PUNO.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES
Variable Independiente	Según Reyes (2018), el software Civil 3D ofrece una solución de diseño, explanación, planos de producción y maquetación en el área de ingeniería a fines de tener un mejor entendimiento de la performance de los proyectos	Esta variable se medirá mediante los avances lineales del proyecto (m) hasta llegar a obtener todo el diseño de la carretera	Alinamiento horizontal y vertical	Diseño de curvas horizontales y verticales	metros (m)
Diseño Geométrico empleando el software Civil 3D				Tangentes horizontales y verticales	metros (m)
			Secciones Transversales	Carpeta asfáltica	pulgadas (pulg)
				Ancho de calzada	metros (m)
				Base granular	centímetros (cm)
				Sub base granular	centímetros (cm)
				Taludes	metros (m)
				Bombeo	%
			Pendientes máximas y mínimas	Rasante	metros (m)
Subrasante				metros (m)	
Perfil Longitudinal	Progresivas				
Movimiento de tierras	Volúmenes de corte	metros cúbicos (m ³)			
	Volúmenes de relleno	metros cúbicos (m ³)			
Variable dependiente	Según Rojas (2017), se desarrolla con el objetivo de resolver las inadecuadas condiciones de transitabilidad existentes en la vía en estudio	Esta variable se medirá a través de estudios de tráfico y optimización de los costos para hacer seguimiento a los beneficios del diseño geométrico propuesto	Medición del tráfico vehicular	IMDA	veh/día
Mejoramiento y Transitabilidad vehicular			Tipo de vehículo de diseño	Estudio de tráfico	Unidades
			Costos	Cálculo de Movimiento de tierra	Soles (S/.)

Nota. Elaboración Propia

Anexo B

Panel fotográfico

Figura 32*Foto 01**Nota.* Elaboración Propia**Figura 33***Foto 02**Nota.* Elaboración Propia

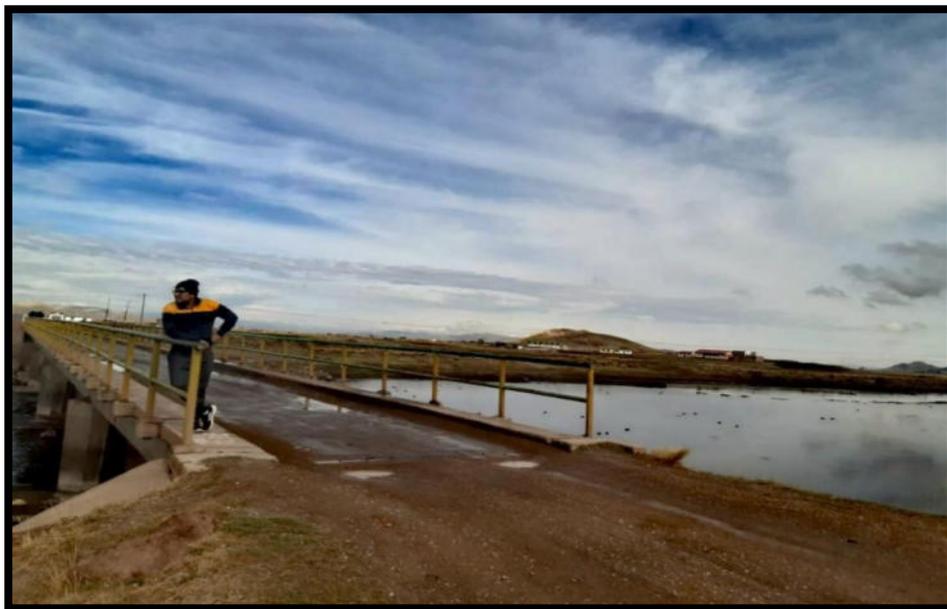
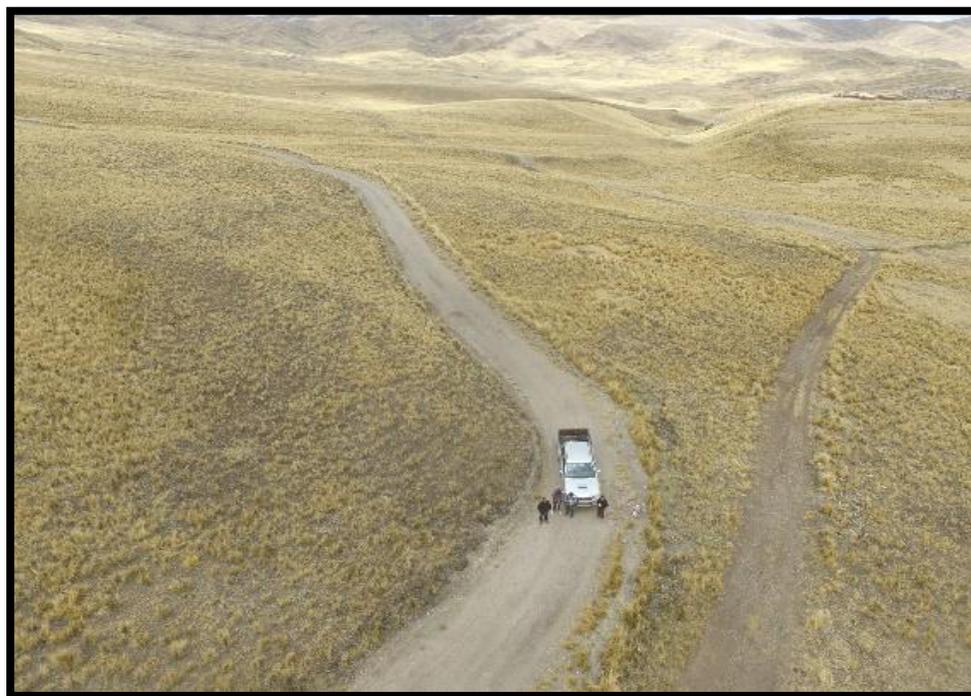
Figura 34*Foto 03**Nota. Elaboración Propia***Figura 35***Foto 04**Nota. Elaboración Propia*

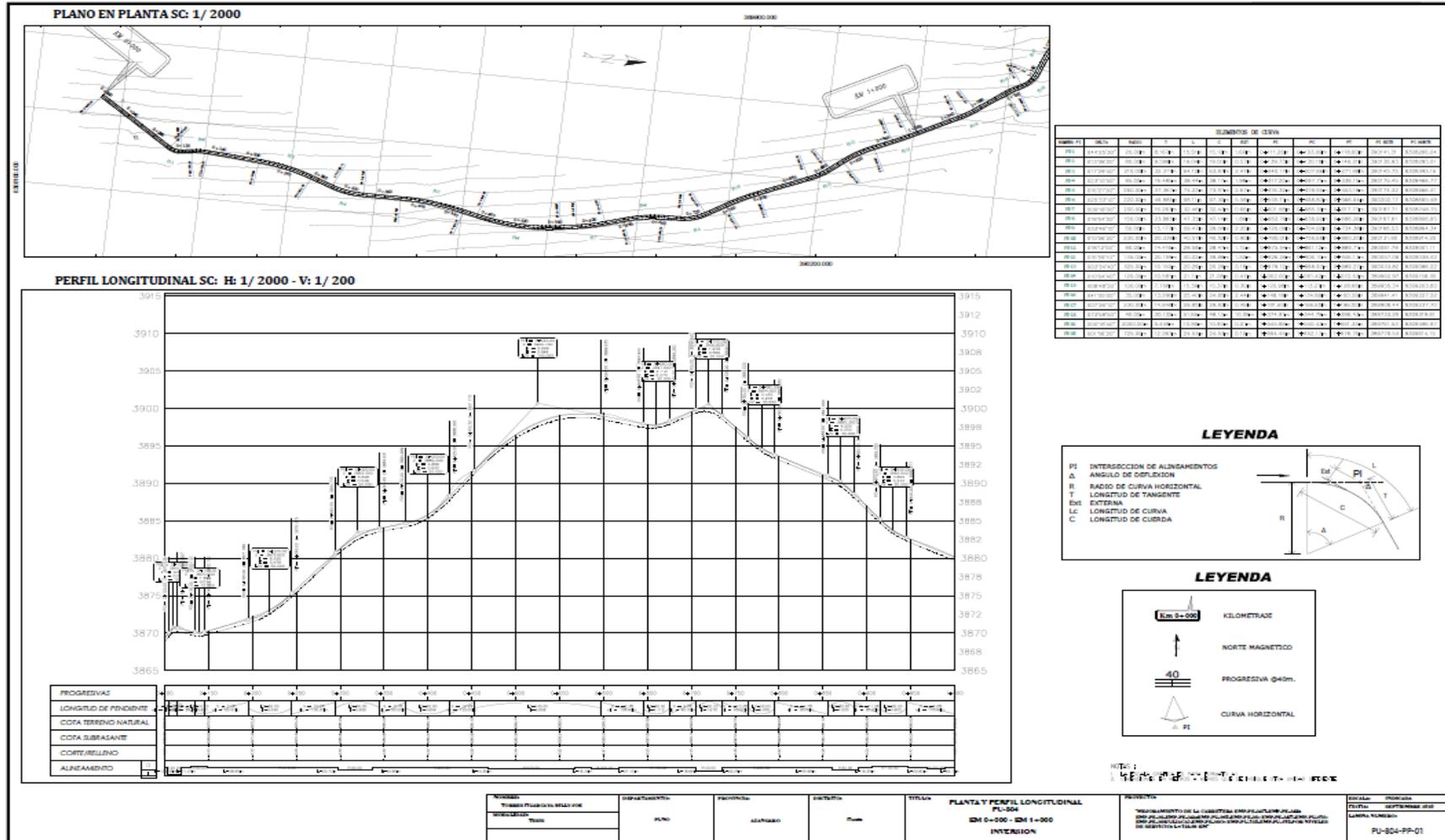
Figura 36*Foto 05**Nota.* Elaboración Propia**Figura 37***Foto 06**Nota.* Elaboración Propia

Anexo C

Planos

Figura 38

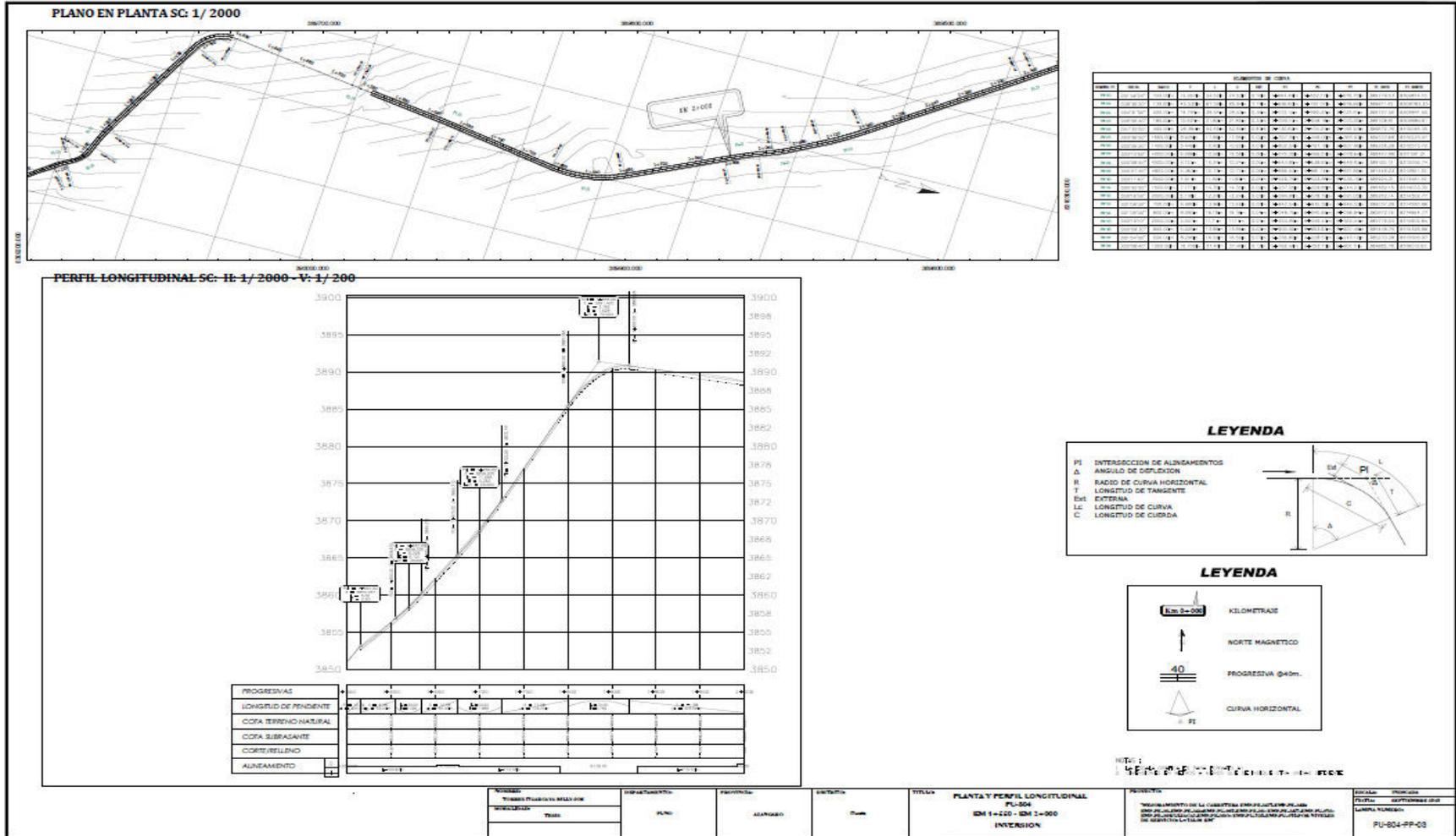
Plano N°01 de planta y perfil longitudinal



Nota. Elaboración Propia

Figura 40

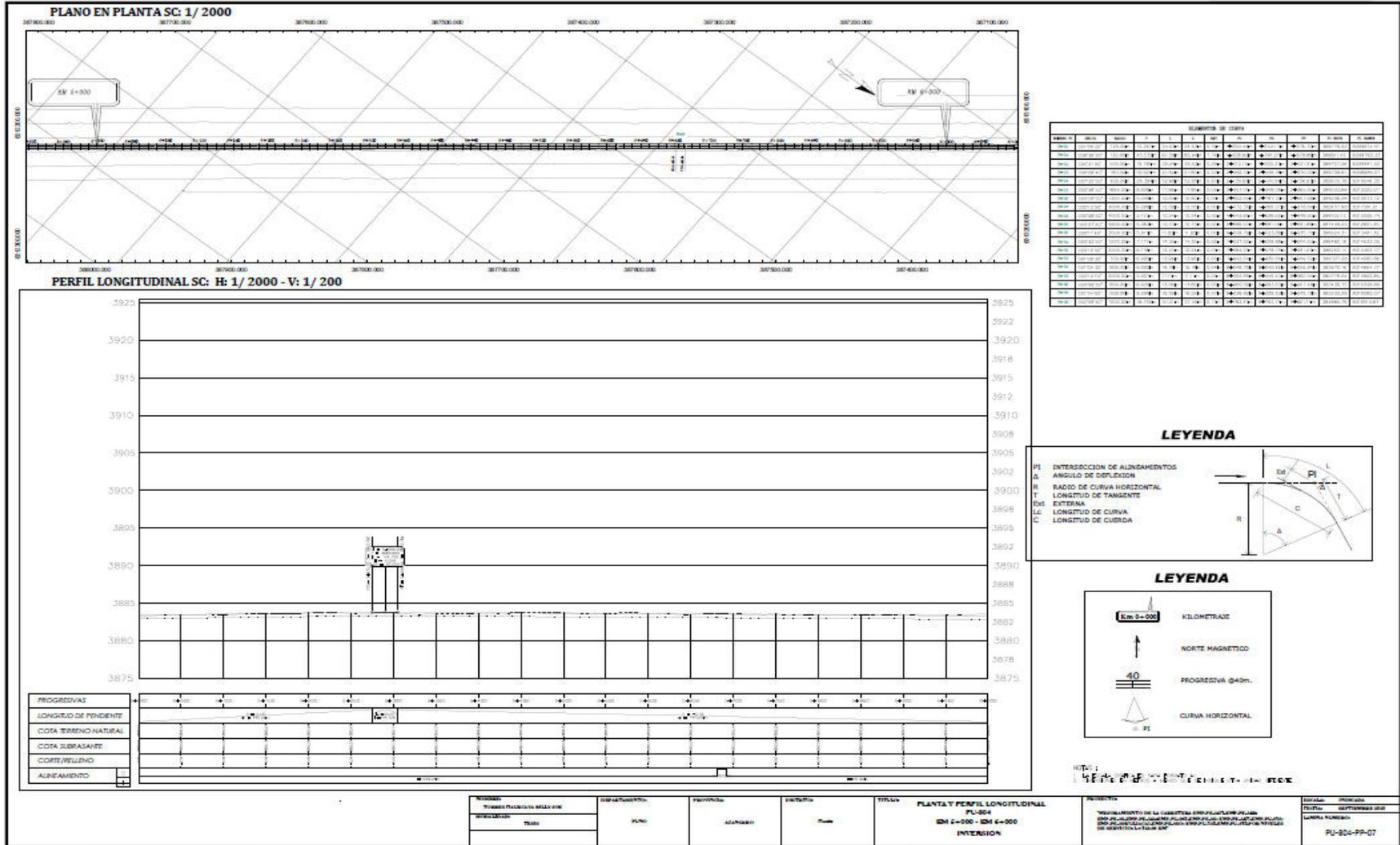
Plano N°03 de planta y perfil longitudinal



Nota. Elaboración Propia

Figura 44

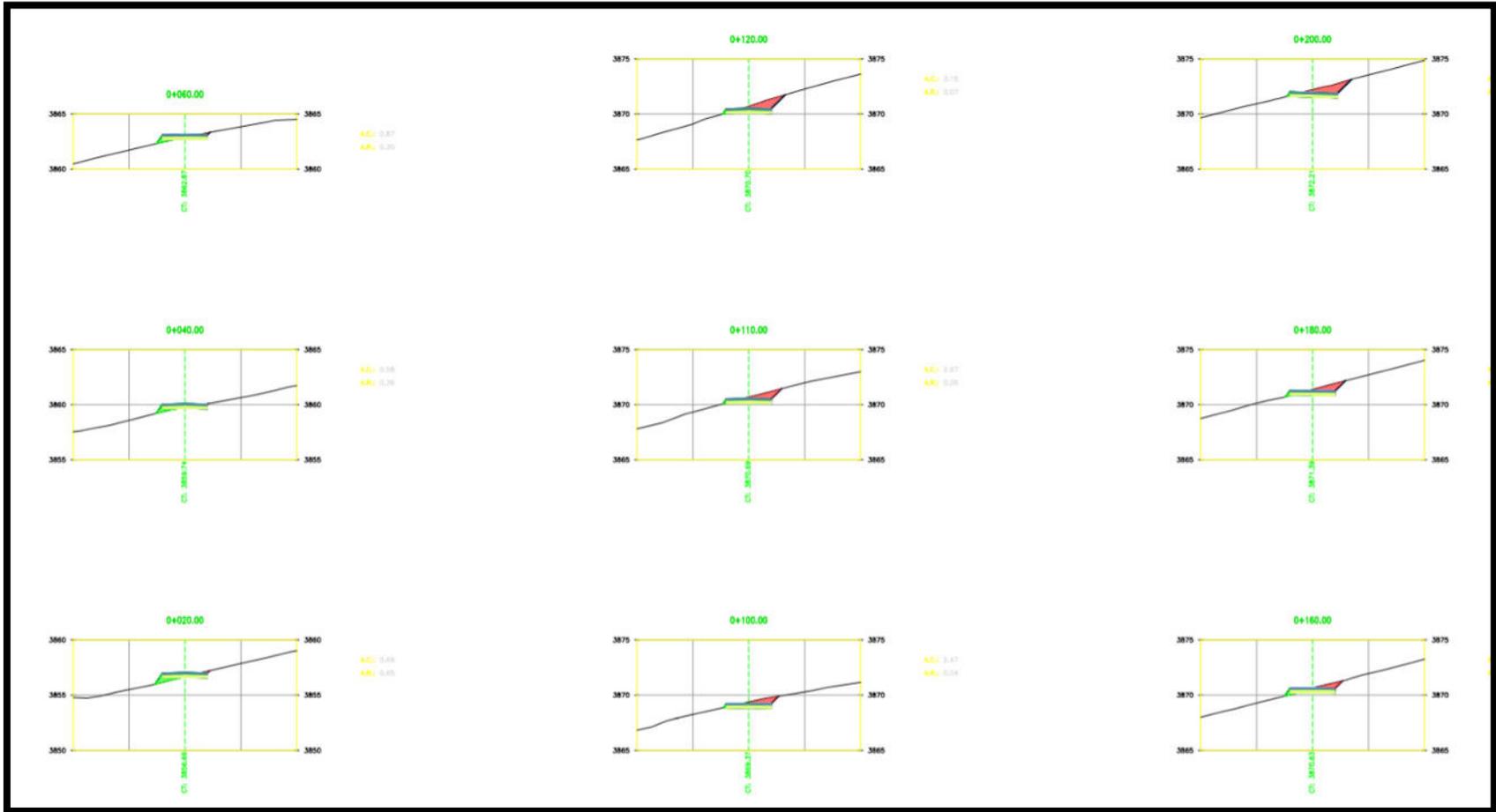
Plano N°07 de planta y perfil longitudinal



Nota. Elaboración Propia

Figura 47

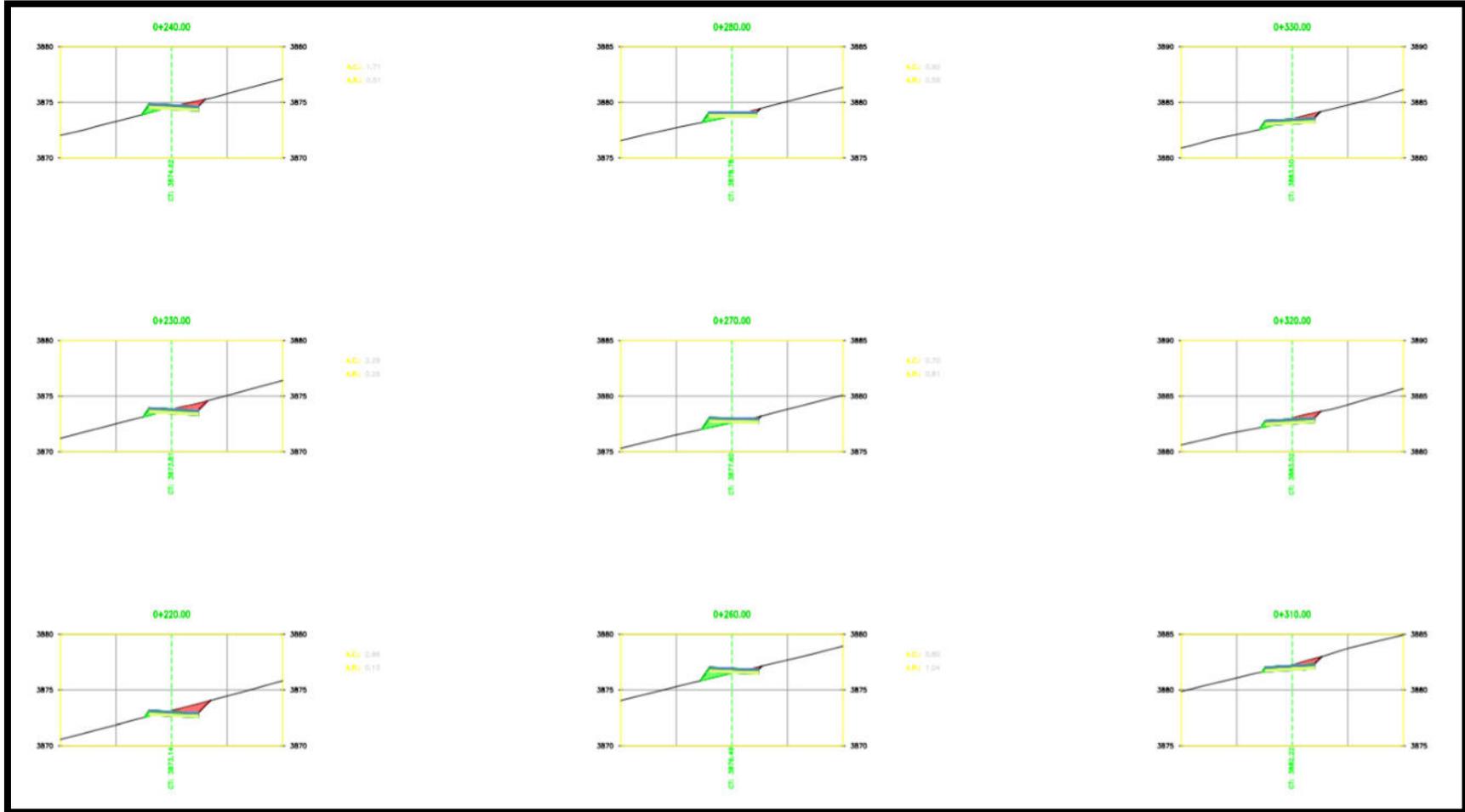
Plano N° 01 de secciones transversales



Nota. Elaboración Propia

Figura 48

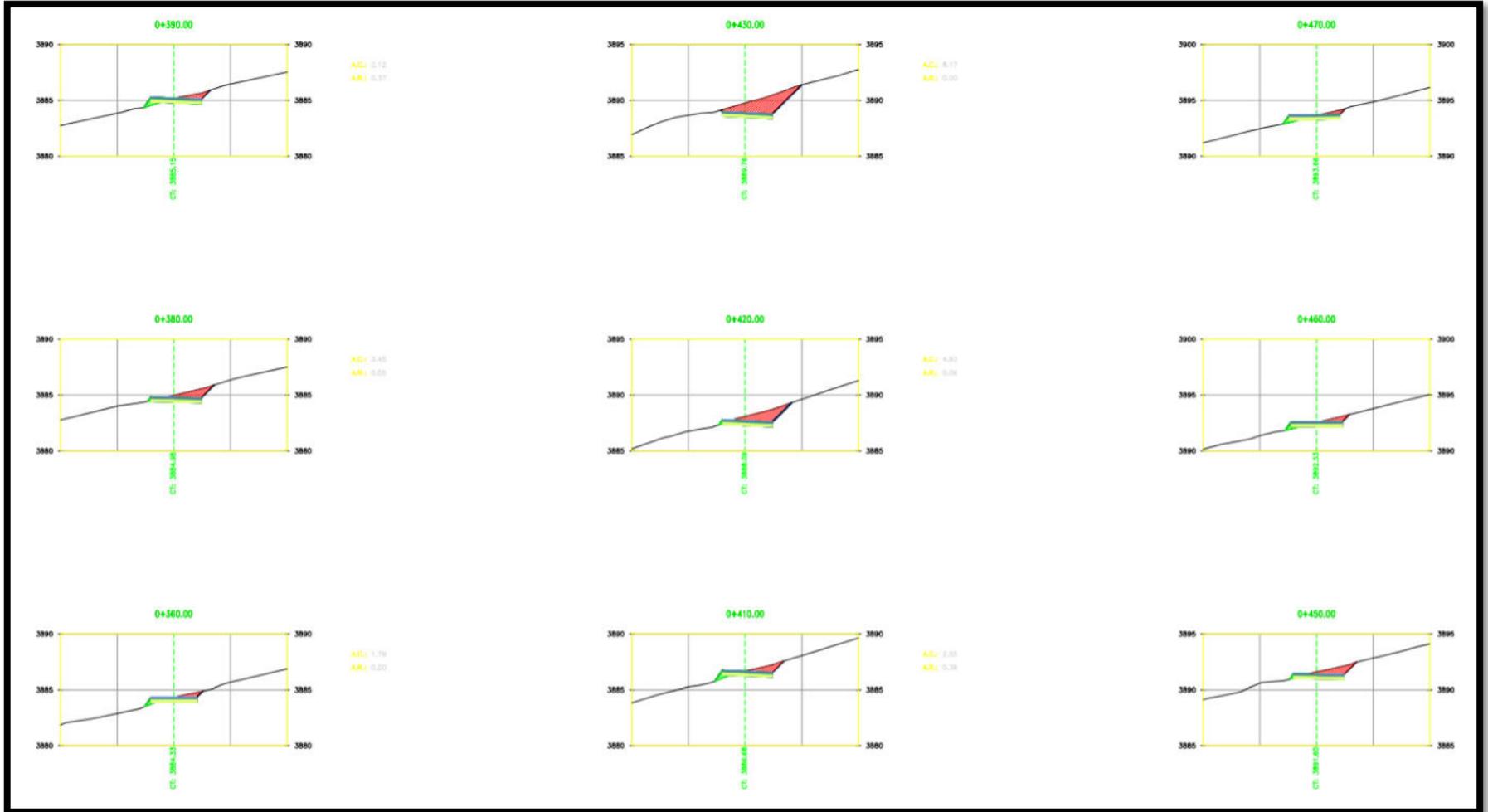
Plano N° 02 de secciones transversales



Nota. Elaboración Propia

Figura 49

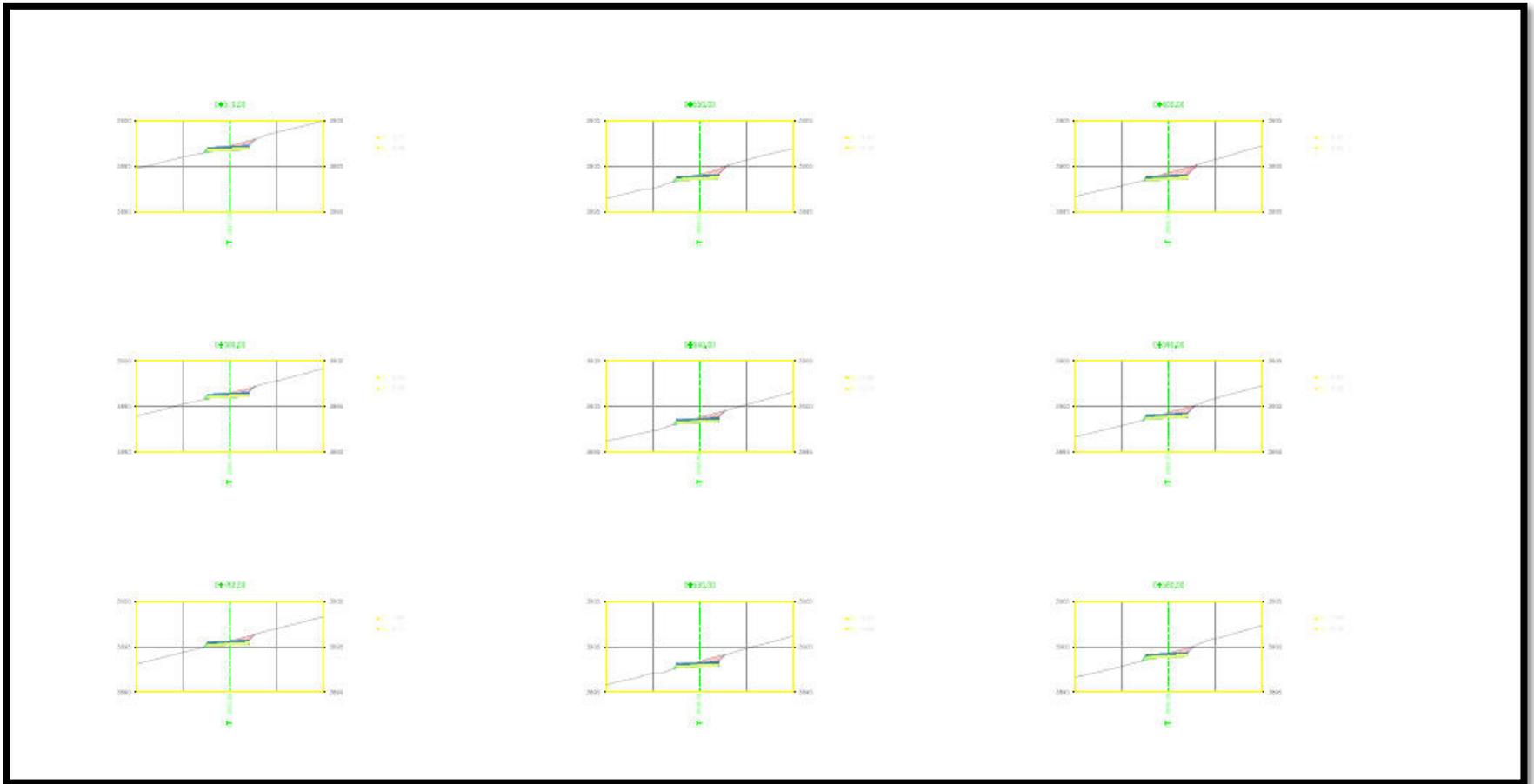
Plano N° 03 de secciones transversales



Nota. Elaboración Propia

Figura 50

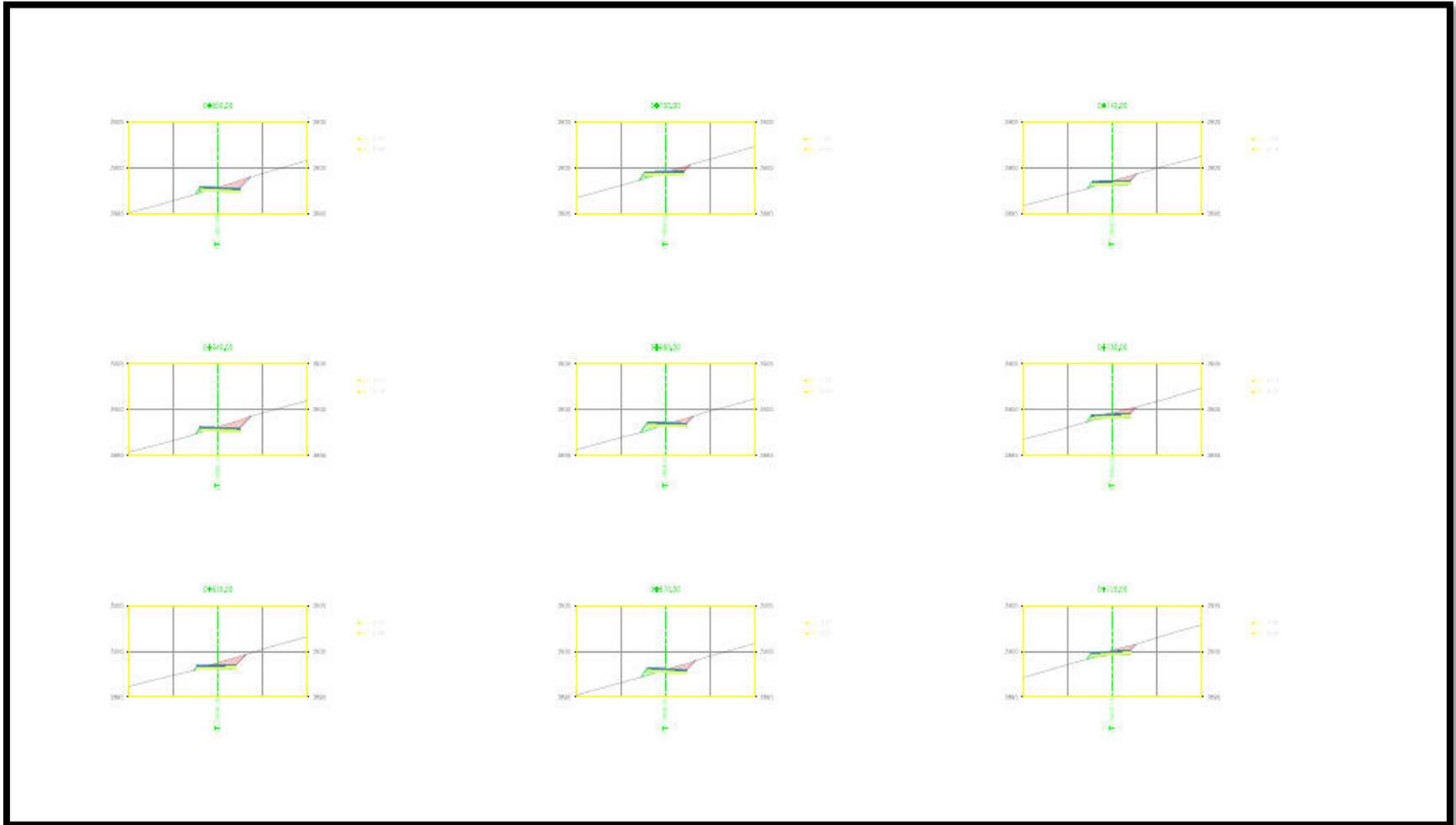
Plano N° 04 de secciones transversales



Nota. Elaboración Propia

Figura 51

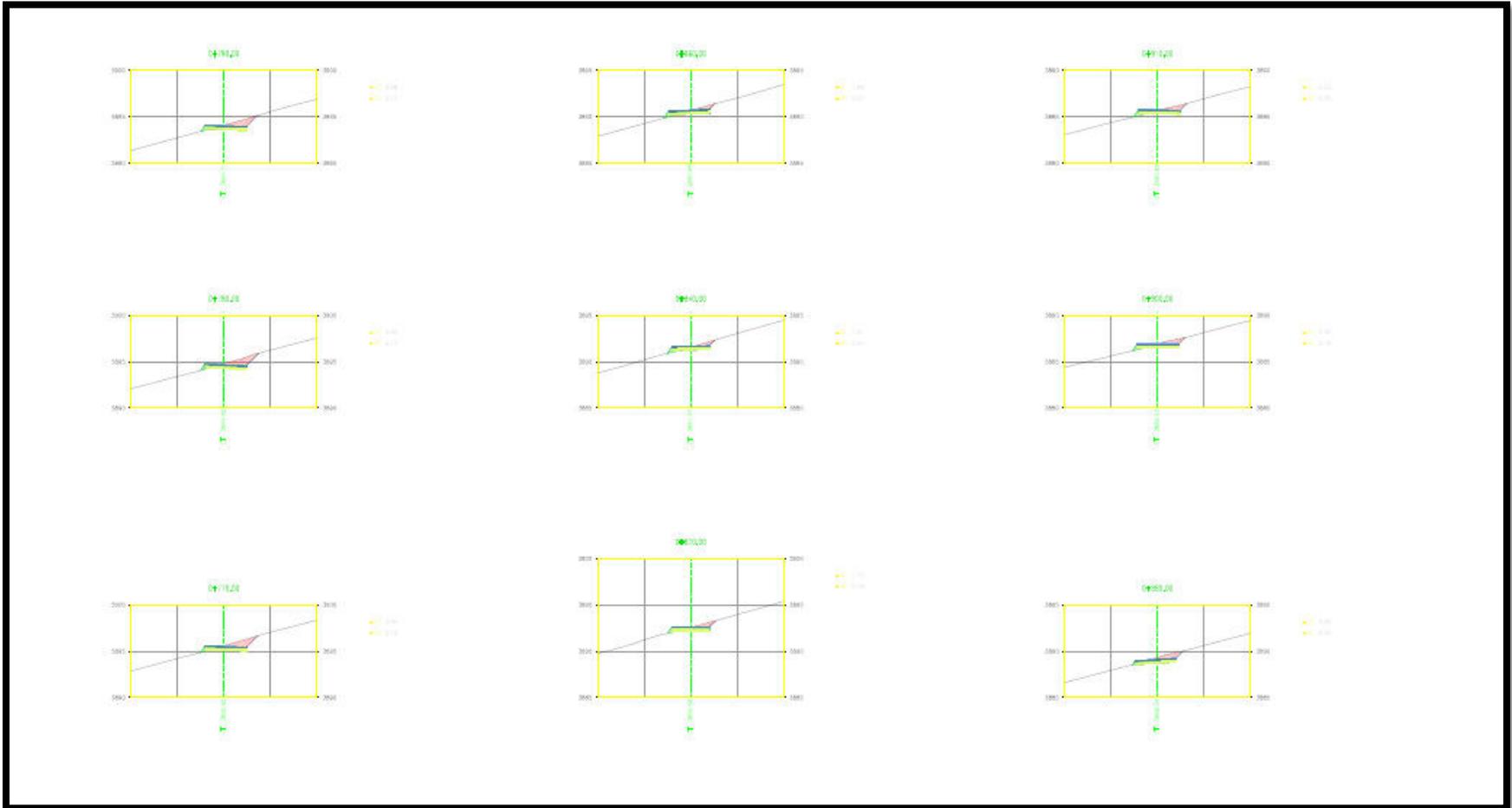
Plano N° 05 de secciones transversales



Nota. Elaboración Propia

Figura 52

Plano N° 06 de secciones transversales



Nota. Elaboración Propia

Anexo D

Datos de recolección

Figura 53

Ficha de recolección de datos 01

NOMBRE / ESTACIÓN PC-01		ORDEN C	ESTABLECIDA POR R&J INGENIERIA DISEÑO Y CONSTRUCCION SAC	
SOLICITADO POR:		CARACTERISTICAS DE LA MARCA HITO DE CONCRETO		
PROVINCIA AZÁNGARO		DEPARTAMENTO PUNO		
DATUM: WG S 84/IT RF 94		ELIPSOIDE: WGS 84/GRS 80		
LATITUD 15°17'27.94"S	LONGITUD 70°1'29.87"O		ALTURA ELIPSOIDAL 3867.624 m	
NORTE 8309217.665 m	ESTE 389954.769 m			
FECHA 03/10/2019	ZONA UTM 19		RUTA PU-804	
				
<p>El hito presenta una varilla de acero de ½" incrustado en la pirámide truncada de 0.050cm de altura, sobre un bloque de concreto de 35x35x35 cm. Y 15 cm sobre el nivel del suelo.</p> <p>El punto de control se encuentra a lado de la carretera asfaltada.</p>				

Nota. Elaboración Propia

Figura 54*Ficha de recoleccion de datos 02*

NOMBRE /ESTACIÓN PC-02		ORDEN C	ESTABLECIDA POR R&J INGENIERIA DISEÑO Y CONSTRUCCION SAC	
SOLICITADO POR:		CARACTERISTICAS DE LA MARCA HITO DE CONCRETO		
PROVINCIA AZÁNGARO		DEPARTAMENTO PUNO		
DATUM: WG S 84/IT RF 94		ELIPSOIDE:WGS 84/GRS 80		
LATITUD 15°13'22.55"S	LONGITUD 70°4'37.00"O		ALTURA ELIPSOIDAL 3880.035 m	
NORTE 8316731.303 m	ESTE 384335.832 m			
FECHA 03/10/2019	ZONA UTM 19		RUTA PU-804	
				
<p>El hito presenta una varilla de acero de ½" incrustado en la pirámide truncada de 0.050cm de altura, sobre un bloque de concreto de 35x35x35 cm. Y 15 cm sobre el nivel del suelo.</p> <p>El punto de control se encuentra a lado de la carretera asfaltada, a lado de la zona de sembrío.</p>				

Nota. Elaboración Propia

Figura 55

Ficha de recolección de datos 03

NOMBRE / ESTACIÓN PC-03		ORDEN C	ESTABLECIDA POR R&J INGENIERIA DISEÑO Y CONSTRUCCION SAC	
SOLICITADO POR:		CARACTERISTICAS DE LA MARCA HITO DE CONCRETO		
PROVINCIA Azángaro		DEPARTAMENTO PUNO		
DATUM: WG S 84/IT RF 94		ELIPSOIDE: WGS 84/GRS 80		
LATITUD 15°30'12.51"S	LONGITUD 70°7'1.03"O		ALTURA ELIPSOIDAL 3870.78 m	
NORTE 8285674.037 m	ESTE 380198.892 m			
FECHA 03/10/2019	ZONA UTM 19		RUTA PU-804	
				
DESCRIPCIÓN El hito presenta una varilla de acero de 1/2" incrustado en la pirámide truncada de 0.050cm de altura, sobre un bloque de concreto de 35x35x35 cm. Y 15 cm sobre el nivel del suelo. La zona se encuentra a lado de la carretera, frente a una casa pintada de color blanco.				
		FECHA Oct. 2019	REVISADO Ing.	

Nota. Elaboración Propia

Figura 56

Ficha de recolección de datos 04

NOMBRE / ESTACIÓN PC-04		ORDEN C	ESTABLECIDA POR R&J INGENIERIA DISEÑO Y CONSTRUCCION SAC	
SOLICITADO POR:		CARACTERISTICAS DE LA MARCA HITO DE CONCRETO		
PROVINCIA Azángaro		DEPARTAMENTO PUNO		
DATUM: WG S 84/IT RF 94		ELIPSOIDE: WGS 84/GRS 80		
LATITUD 15°32'48.77"S	LONGITUD 70°1'59.61"O		ALTURA ELIPSOIDAL 3865.235 m	
NORTE 8280917.335 m	ESTE 389203.328 m			
FECHA 03/10/2019	ZONA UTM 19		RUTA PU-804	
				
<p>El hito presenta una varilla de acero de ½" incrustado en la pirámide truncada de 0.050cm de altura, sobre un bloque de concreto de 35x35x35 cm. Y 15 cm sobre el nivel del suelo.</p> <p>El hito se encuentra ubicado a un lado de la carretera.</p>				
		FECHA Oct. 2019	REVISADO Ing.	

Nota. Elaboración Propia

Figura 57

Ficha de recolección de datos 05

NOMBRE /ESTACIÓN PC-05		ORDEN C	ESTABLECIDA POR R&J INGENIERIA DISEÑO Y CONSTRUCCION SAC	
SOLICITADO POR:		CARACTERISTICAS DE LA MARCA HITO DE CONCRETO		
PROVINCIA Azángaro		DEPARTAMENTO PUNO		
DATUM: WG S 84/IT RF 94		ELIPSOIDE:WGS 84/GRS 80		
LATITUD 15°34'10.77"S	LONGITUD 69°57'26.73"O		ALTURA ELIPSOIDAL 3859.009 m	
NORTE 8278435.589 m	ESTE 397343.643 m			
FECHA 03/10/2019	ZONA UTM 19		RUTA PU-804	
				
<p>El hito presenta una varilla de acero de 1/2" incrustado en la pirámide truncada de 0.050cm de altura, sobre un bloque de concreto de 35x35x35 cm. Y 15 cm sobre el nivel del suelo.</p> <p>El punto de control se encuentra a lado de la carretera.</p>				
		FECHA Oct. 2019	REVISADO Ing.	VºBº 

Nota. Elaboración Propia