

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Propuesta de un diseño geométrico vial para el mejoramiento de
la movilidad en la comunidad de Calpaquí perteneciente a la
provincia de Imbabura**

Paola Jennifer Morales Lema

Ingeniería Civil

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniera Civil

Quito, 01 de mayo de 2020

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Propuesta de un diseño geométrico vial para el mejoramiento de la
movilidad en la comunidad de Calpaquí perteneciente a la provincia de
Imbabura**

Paola Jennifer Morales Lema

Nombre del profesor, Título académico

Gustavo Boada, Ing

Quito, 01 de mayo de 2020

DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombres y apellidos: Morales Lema Paola Jennifer

Código: 00113449

Cédula de identidad: 1002587440

Lugar y fecha: Quito, mayo de 2020

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por acompañarme y guiarme a lo largo de mis estudios universitarios, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por permitirme tener una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo alegrías. Agradezco a mis padres por apoyarme todos los días y no dudar de mis capacidades, por la moral y los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de estudiar y sobre todo por ser mi ejemplo para seguir. A mis hermanos por ser parte fundamental de mi vida y por apoyarme incondicionalmente, llenando mi vida de buenos momentos y aconsejándome cuando más lo he necesitado.

Gracias a todos mis profesores que a lo largo de mi carrera universitaria me han acompañado con el paso del tiempo y en especial a mi tutor Gustavo Boada por creer en mí, por ser un guía en el desarrollo de mi tesis profesional y por darme todas las facilidades para crecer profesionalmente.

RESUMEN

El presente proyecto surge de la necesidad de mejorar la calidad de vida de la población rural de la provincia de Imbabura específicamente de la comunidad de Calpaquí por medio de la propuesta de un diseño geométrico para el mejoramiento de la movilidad de la población. Para lo cual se sigue el procedimiento para proyectos viales propuesto por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas para estudios de carreteras y el Manual de Diseño MTOP.

Para alcanzar estos resultados se realiza el reconocimiento del lugar, estudios de tráfico y estudios de velocidad para la elaboración del diseño de un tramo vial.

Palabras clave: diseño geométrico, movilidad, MTOP, tráfico, velocidad, tramo vial.

ABSTRACT

The present project arises from the need of improving the quality of life of the rural population of the province of Imbabura specifically of the community of Calpaquí through the proposal of a geometric design for the improvement of population mobility. For which the procedure for road projects proposed by the Ministry of Transportation and Public Works for road studies and the MTOP Design Manual.

To achieve these results, site recognition, traffic studies and speed studies are carried out for the design of a road vial.

Key words: geometric design, mobility, MTOP, traffic, speed, road vial.

TABLA DE CONTENIDOS

Introducción	16
Objetivos	17
Objetivo General	17
Objetivos Específicos.....	17
Justificación	17
Ubicación	18
Marco Teórico.....	22
Carreteras	22
Definición.	22
Partes principales de una obra vial.....	22
Estudio	22
Diseño 22	
Construcción	23
Planificación	23
Clasificación	23
Clasificación por capacidad (función del TPDA).....	23
Clasificación según desempeño de las carreteras	24
Clasificación funcional por importancia en la red vial	29
Clasificación según las condiciones orográficas.....	29
Clasificación según el número de calzadas.....	30
Desarrollo del Tema.....	31
Aspectos Generales de la zona del proyecto.....	31
Estudios Topográficos	31
Estudio de tránsito.....	31
Conteo de tráfico.....	32
Velocidad de Diseño	42
Geometría del Camino	43
Datos básicos para el diseño	43
Distancia de visibilidad de parada y de decisión	43
Distancia de Visibilidad de Adelantamiento.....	45
Alineamiento Horizontal de la Carretera	46

Factor Máximo de Fricción Lateral y Tasa de Sobreelevación o Peralte	46
Radios Mínimos	46
Curvas Horizontales de Transición	47
Sobre anchos en Curvas	48
Alineamiento Vertical	49
Curvas Verticales	49
Pendientes	51
Diseño Geométrico de la vía.....	52
Criterios de diseño	52
Clase de carretera	52
Normas de diseño.....	52
Velocidad Directriz	52
Peralte Máximo	52
Pendiente Máxima	54
Pendiente Transversal	54
Curvas Verticales	54
Secciones Típicas.....	56
Ancho de la calzada	56
Pavimento	57
Bordillo	58
Guía de diseño geométrico en AutoCAD CIVIL 3D.....	60
Configuración de Puntos.....	60
Configuración de Dibujo.....	61
Importación de puntos.....	63
Estilo de los puntos	65
Grupo de puntos	65
Superficie	66
Editar Superficie	69
Alineamiento.....	73
Crear alineamiento a partir de polilínea.....	74
Perfil de la superficie a partir de un alineamiento	77
Herramientas de creación de perfil	79
Ensamble.....	81

	10
Editar ensamble.....	82
Carril básico.....	83
Bordillo.....	83
Corredor.....	84
Peralte 86	
Sección Transversal.....	89
Resultados diseño geométrico.....	95
Alineamiento Vertical.....	95
Alineamiento Horizontal.....	99
Informe de Volúmenes.....	104
Conclusiones.....	109
Referencias bibliográficas.....	110
Anexo A: Planos de Diseño Geométrico.....	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación funcional de las vías en base al TPDAd (Fuente MTOP-002-F2013 Clasificación por capacidad)	24
Tabla 2. Clasificación de carreteras por condición orográfica (Fuente: MTOP-002-F2013 Clasificación de Carreteras)	30
Tabla 3. Tipo de vehículos.....	32
Tabla 4. Estudio realizado en campo - viernes 20 de septiembre de 2019.	34
Tabla 5. Factores de expansión horaria Peaje – San Roque (Año 2019) (Fuente Datos obtenidos por el MTOP para volúmenes de tráfico en el peaje San Roque).....	38
Tabla 6. Factores de expansión diaria Peaje – San Roque (Año 2019) (Fuente Datos obtenidos por el MTOP para volúmenes de tráfico en el peaje San Roque).....	38
Tabla 7. Factores de expansión mensual Peaje – San Roque (Año 2018) (Fuente Datos obtenidos por el MTOP para volúmenes de tráfico en el peaje San Roque).....	39
Tabla 8. Tasa de crecimiento para vehículos livianos (Ibarra – Cajas) (Fuente Ramón, 2014)	41
Tabla 9. Años de operación según el alcance del proyecto (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)	41
Tabla 10. Distancia de visibilidad de parada y decisión en terreno plano (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)	44
Tabla 11. Distancia de visibilidad de parada y decisión en pendientes de bajada y subida (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)	44
Tabla 12. Distancia para evitar maniobra (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)	44
Tabla 13. Situaciones particulares para D.V. decisión (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)	45
Tabla 14. Distancia de visibilidad de adelantamiento (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)	45
Tabla 15. Tasa de Sobreelevación o Peralte (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas).....	46
Tabla 16. Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para la velocidad de diseño (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas).....	47
Tabla 17. Longitudes de desarrollo de la sobreelevación en carreteras de dos carriles (m). (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)	47

Tabla 18. Elementos de diseño para curvas horizontales y velocidades de diseño ($e = 10\%$) (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)	48
Tabla 19. Sobre ancho de la calzada en curvas circulares (m) (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)	49
Tabla 20. Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)	50
Tabla 21. Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava (Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas).....	50
Tabla 22. Pendientes Máximas (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas).....	51
Tabla 23. Valores de radio mínimo seleccionados para la curva vertical (Fuente Normas de Diseño Geométrico para carretera MTOP-2013)	54
Tabla 24. Longitud de curva vertical seleccionados para la modelación (Fuente Normas de Diseño Geométrico para carretera MTOP-2013)	56
Tabla 25. Elementos de la sección típica usados para el diseño geométrico	57
Tabla 26. Características del pavimento (Fuente Gobierno Provincial de Imbabura).....	58
Tabla 27. Especificaciones técnicas del bordillo liviano (Fuente disensa).....	59
Tabla 28. Elementos que conforman el alineamiento vertical	98
Tabla 29. Elementos que conforman el alineamiento horizontal.....	104
Tabla 30. Tabla de volúmenes de corte y relleno	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la provincia de Imbabura (Fuente Maphill, 2011).....	18
Figura 2. Ubicación geográfica parroquia Eugenio Espejo (Fuente Maphill, 2011).....	19
Figura 3. Ubicación geográfica del proyecto (Fuente Google Earth, 2019).....	19
Figura 4. Puntos geográficos del proyecto (Fuente Google Earth, 2019).....	20
Figura 5. Comunidad de Calpaquí- Estado actual del camino.....	21
Figura 6. Comunidad de Calpaquí – Estado actual del camino	21
Figura 7. Camino Agrícola/Forestal (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas).....	25
Figura 8. Camino Básico (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)	25
Figura 9. Carretera convencional básica (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)	26
Figura 10. Carretera de mediana capacidad, normal (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)	26
Figura 11. Carretera de mediana capacidad, excepcional (Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas)	27
Figura 12. Vía de alta capacidad interurbana de ancho total 26.6m (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)	28
Figura 13. Vía de alta capacidad interurbana de ancho total 34.6m (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)	28
Figura 14. Vía de alta capacidad urbana o periurbana (Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas)	29
Figura 15. Implantación de la vía y ubicación para el conteo manual (Fuente Google Earth)	33
Figura 16. Parábola de eje vertical, perfectamente simétrica (Fuente Cárdenas, 2013).....	55
Figura 17. Sección típica para usar en el diseño geométrico.....	57
Figura 18: Datos topográficos en Excel.....	60
Figura 19. Datos topográficos en Excel para la importación a AutoCAD CIVIL 3D.....	61
Figura 20: Configuración del dibujo en AutoCAD CIVIL 3D (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	62
Figura 21: Zona geográfica del Ecuador (Fuente: Google Earth).....	63
Figura 22: Creación de puntos - importa puntos (Fuente: AutoCAD Civil 3D, 2018).....	63
Figura 23: Importar puntos (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	64
Figura 24. Puntos exportados a partir de un archivo .cvs (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	65
Figura 25. Opciones de visualización de puntos.....	65
Figura 26. Creación de grupo de puntos (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	66

Figura 27. Opciones de visualización de puntos (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	67
Figura 28. Ficha de creación de superficie (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	67
Figura 29. Grupo de puntos para la creación de la superficie (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	68
Figura 30. Añadir grupo de puntos para la creación de la superficie (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	68
Figura 31. Superficie del terreno (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	69
Figura 32. Editar estilo de superficie (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	70
Figura 33. Intervalos de curva de nivel (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	70
Figura 34. Suavizado de curva de nivel (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	71
Figura 35. Editar estilo de superficie (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	71
Figura 36. Capas creadas para la superficie - Triángulos (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	72
Figura 37. Superficie del terreno editado (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	72
Figura 38. Visualización de la superficie (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	73
Figura 39. Crear alineación a partir de objetos (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	75
Figura 40. Dirección del camino (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	75
Figura 41. Ficha de creación de alineamiento a partir de objetos - Parámetros (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	76
Figura 42. Editor de geometría (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	77
Figura 43. Menú de geometría (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	77
Figura 44. Añadir superficie - Terreno (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	78
Figura 45. Crear visualización del perfil (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	78
Figura 46. Visualización de perfil (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	79
Figura 47. Herramienta de creación de perfil (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	79
Figura 48. Herramienta de creación de perfil - Parámetros (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	80
Ilustración 49. Menú de geometría (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	81
Figura 50. Crear ensamble (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	81
Figura 51. Crear ensamble - Parámetros (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	82
Figura 52. Carril Básico (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	83
Figura 53. Carril Básico - Dimensiones (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	83
Figura 54. Bordillo Básico - Dimensiones (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	84
Figura 55. Obra lineal (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	84
Figura 56. Corredor - Parámetros (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	85

Figura 57. Creación del corredor (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	86
Figura 58. Peralte (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	86
Figura 59. Peralte - Administrador de curvas de peralte (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).	86
Figura 60. Peralte - Asistente de peralte (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	87
Figura 61. Peralte - Parámetros (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	88
Figura 62. Peralte - Tipo de carretera (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	89
Figura 63. Peralte - Calcular peralte (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	89
Figura 64. Calcular materiales (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	89
Figura 65. Calcular materiales - Seleccionar grupo de líneas de muestra (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	90
Figura 66. Calcular materiales - Parámetros (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	90
Figura 67. Crear varias vistas (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	91
Figura 68. Crear varias vistas - General (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	91
Figura 69. Crear varias vistas – Intersección de sección (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	91
Figura 70. Crear varias vistas – Intervalo de elevación (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018) ..	92
Figura 71. Crear varias vistas – Opciones de visualización de sección (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018).....	92
Figura 72. Crear varias vistas - Guitarras (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	93
Figura 73. Crear varias vistas – Tabla de vistas en sección (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	93
Figura 74. Visualización de la sección transversal (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)	94

INTRODUCCIÓN

Las carreteras son un elemento importante en el desarrollo económico de un país ya que es el único medio que posibilita el transporte de personas y cargas. La infraestructura de transporte en especial de carreteras eleva la competitividad de la economía al satisfacer las condiciones básicas para el avance de las actividades productivas y económicas.

En América Latina por lo general las vías de comunicación presentan un deterioro debido al mal mantenimiento de sus vías lo que representa una desventaja significativa. “La red de carreteras permite satisfacer las necesidades básicas de educación, trabajo, alimentación y salud; estas necesidades son las principales actividades de un país” (Guzmán, 2015). Por lo tanto, es de vital importancia para un país desarrollar su sistema vial para que de esta forma se cumpla con las necesidades vitales de la población, ya que caso contrario es poco probable que un país pueda desarrollar su economía. El camino que conecta la comunidad de Calpaquí con la Panamericana Norte y las demás comunidades se encuentra constantemente afectada por las lluvias presentes durante la estación invernal lo que conlleva a un deterioro continuo en la carretera al ser un camino empedrado por ende perjudica las actividades de desarrollo económico en la comunidad.

El ancho promedio de la carretera es de 6.20 m, consta de dos carriles de circulación donde los vehículos encuentran varias dificultades al momento de cruzar o rebasar obligándolos a bajar su velocidad o realizar maniobras peligrosas.

La vía en su totalidad es empedrada, pero debido al desgaste se encuentra deteriorada. es considerada como un camino agrícola debido a su ancho total de 6 m. Por motivos de seguridad los vehículos circulan a una velocidad inferior a los 40 km/h.

Debido a lo expuesto anteriormente el mejoramiento de esta vía de acceso es de vital importancia para satisfacer las necesidades de los habitantes de la zona y mejorar su estilo de vida, permitiendo de esta manera el avance en su desarrollo económico.

Objetivos

Objetivo General

Proponer un diseño geométrico vial para el mejoramiento de la movilidad en la comunidad de Calpaquí perteneciente a la provincia de Imbabura

Objetivos Específicos

- i. Realizar el reconocimiento del lugar y verificar el estado de la vía
- ii. Realizar estudios de tránsito
- iii. Realizar el diseño geométrico de la vía aplicando la normativa del MTOP y AASTHO 2011

Justificación

El presente trabajo tiene como finalidad mejorar la calidad de vida de los habitantes de la comunidad de Calpaquí por medio del mejoramiento del sistema vial, además de brindar mayor comodidad y seguridad al momento de conducir debido a que es considerada una de las principales vías de comunicación de la población con otras comunidades que comprenden la parroquia de Eugenio Espejo. Al ser la calle que conecta a la comunidad con la carretera E35 de la Red Vial Estatal del Ecuador es fundamental su buen desempeño para el transporte de personas que quieren llegar a los diferentes lugares que atraviesa la carretera E35 como es la ciudad de Otavalo, lugar principal al que llegan la mayoría de las personas de comunidades para realizar el comercio de bienes y productos.

La comunidad de Calpaquí tiene como principal problema la comodidad y durabilidad de la carretera. Luego de verificar las condiciones de la carretera se observa que, al circular vehículos, motos, buses y otros medios de transporte estos sufren vibraciones provocados por el empedrado los cuales provocan daños en los componentes del automóvil como es el desgaste en los amortiguadores y carrocerías. Otro aspecto importante es el deterioro del camino debido a que no existe personal capacitado que de mantenimiento a esta carretera.



Figura 2. Ubicación geográfica parroquia Eugenio Espejo (Fuente Maphill, 2011)

Las coordenadas geográficas del proyecto corresponden a la zona 17 (Figura 3), a una altitud de 2787 msnm considerando el punto más elevado y son las siguientes:

- Inicio: 22215 m al Norte y 805570 m al Este (Figura 4)
- Fin: 22042 mal Norte y 805213 m al Este (Figura 4)

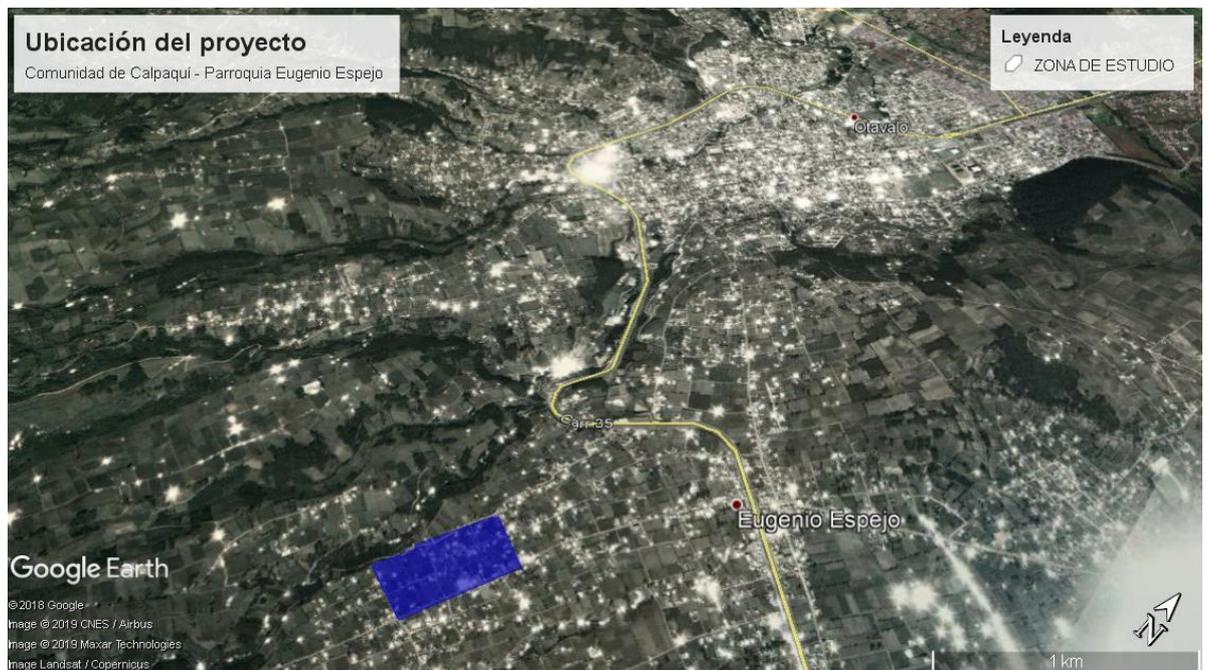


Figura 3. Ubicación geográfica del proyecto (Fuente Google Earth, 2019)

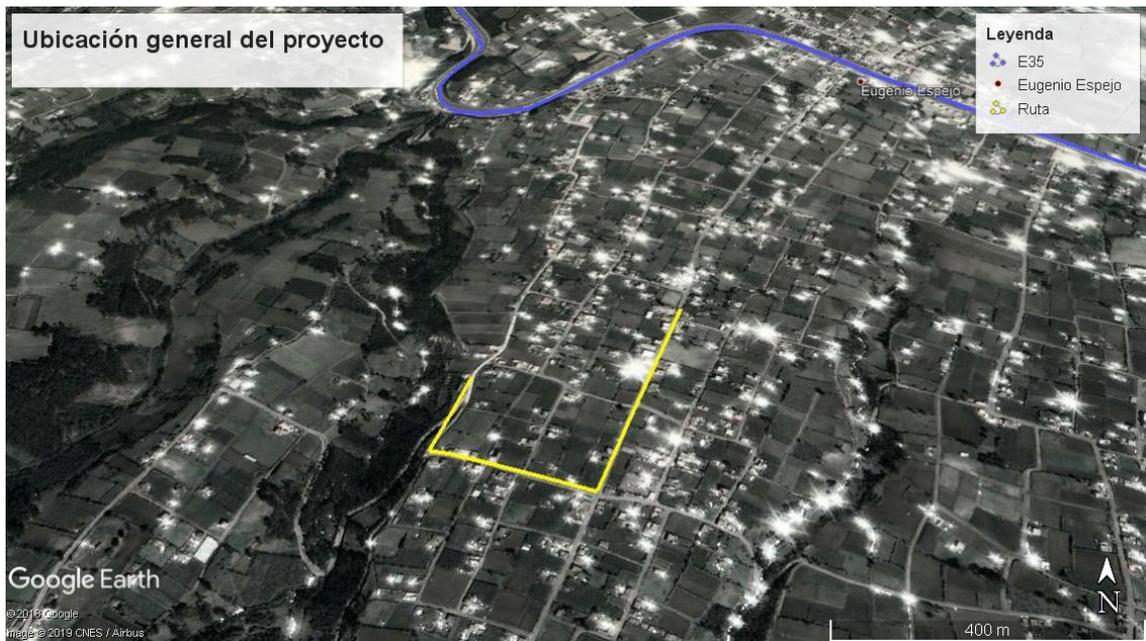


Figura 4. Puntos geográficos del proyecto (Fuente Google Earth, 2019)

A continuación, se presenta fotografías del estado del camino de estudio.



Figura 5. Comunidad de Calpaquí- Estado actual del camino



Figura 6. Comunidad de Calpaquí – Estado actual del camino

MARCO TEÓRICO

Carreteras

Definición.

Se denomina carretera a un camino asfaltado o público que está en condiciones óptimas para abarcar y conducir vehículos; su importancia se da en que permite la circulación de personas, capitales, bienes y servicios que permiten el desarrollo de la economía de un país.

Partes principales de una obra vial

Las partes que conforman una obra vial dependen del país o del autor, sin embargo, existen cuatro clasificaciones importantes a destacar:

Estudio

El estudio es el punto inicial en un proceso de obra vial ya que se realiza el reconocimiento de la zona, levantamiento topográfico y por consiguiente se estudia los planos topográficos para ubicar el trazado de la ruta. Es importante conocer los poblados por donde pasará la nueva ruta para que no afecten a viviendas o vegetación existente. El estudio servirá para elegir la ruta más adecuada debido a diversas situaciones que pueden enfrentarse al momento de construir como son: ríos en mitad del camino, quebradas, etc.

Diseño

Después del estudio, trazado de la ruta y levantamiento topográfico se procede al diseño de la rasante según las especificaciones técnicas y económicas. Un adecuado diseño de rasante toma en cuenta los parámetros para curvas verticales donde parte importante que la conforma es la longitud de la curva la cual permite conocer las estaciones de las curvas verticales, es “la que determina el control de un gran volumen de corte o de relleno y en el cual tiene que ver la pendiente mínima establecida según el tipo de vía” (Espinosa, 2016).

Construcción

El proyecto deja de ser intangible una vez que se empieza la construcción de la obra. La institución encargada del estudio y diseño entrega los planos topográficos al contratista quien se encargará de ejecutar la obra. “Es importante que el contratista haga un nuevo levantamiento o vaya chequeándolo a medida que avanza la ejecución del trabajo “(Espinosa, 2016).

Planificación

El profesional encargado “debe acostumbrarse a planificar cada construcción que esté a su cargo, de esa manera se puede eficientizar cada actividad, obteniendo mejores resultados y ser mucho más competitivo” (Espinosa, 2016).

Clasificación

Clasificación por capacidad (función del TPDA)

La estructura de red vial se ha clasificado de acuerdo con el volumen de tráfico del año al que se realiza el diseño de la obra vial, “las vías deberían ser diseñadas con las características funcionales y geométricas correspondientes a su clase” (MTO). Y construirse en función del incremento de tráfico y presupuesto.

Clasificación Funcional de las Vías en base al TPDA_d			
Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA_d) al año horizonte	
		Límite Inferior	Límite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000

	C2	500	1000
	C3	0	500

Tabla 1. Clasificación funcional de las vías en base al $TPDA_d$ (Fuente MTOP-002-F2013
Clasificación por capacidad)

Donde:

$TPDA$ = Tráfico promedio diario anual

$TPDA_d = TPDA$ correspondiente al año horizonte o de diseño

$TPDA_d =$ Año de inicio de estudios + años de licitación, construcción + años de operación

$C1$ = Carretera de mediana capacidad

$C2$ = Carretera convencional básica y camino básico

$C3$ = Camino agrícola/forestal

Años de operación (n); “tiempo comprendido desde la inauguración del proyecto hasta el término de su vida útil (MTOP, 2013).

- Proyectos de rehabilitación y mejoras ($n = 20$ años)
- Proyectos especiales de nuevas vías ($n = 30$ años)
- Megaproyectos Nacionales ($n = 50$ años)

Clasificación según desempeño de las carreteras

Camino Agrícola /Forestal

Comprende un ancho total de 6 m con una velocidad de proyecto de $40 \frac{Km}{h}$ y pendiente máxima del 16 % (MTOP, 2013). En la figura 5 se presenta la vista superior del camino con su respectiva acotación.

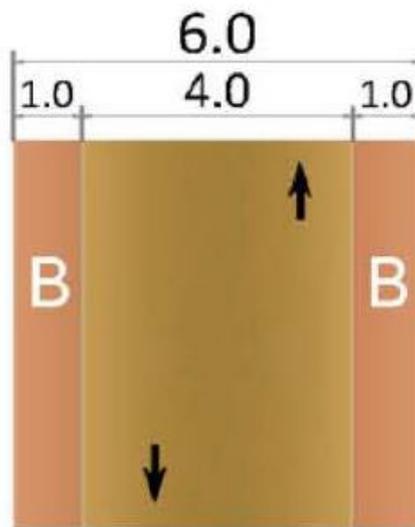


Figura 7. Camino Agrícola/Forestal (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Camino Básico

Comprende un ancho total de 9 m con una velocidad de proyecto de $60 \frac{Km}{h}$ y pendiente máxima del 14 % (MTO, 2013). En la figura 6 se presenta la vista superior del camino con su respectiva acotación.

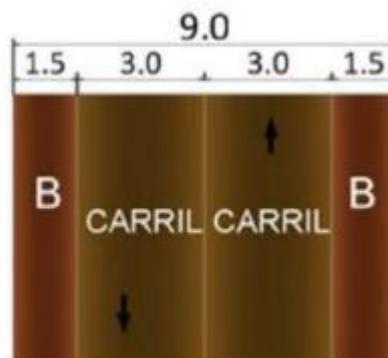


Figura 8. Camino Básico (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Carretera Convencional Básica

Comprende un ancho total de 12 m a una velocidad de proyecto de $80 \frac{Km}{h}$ y una pendiente máxima del 10 % (MTO, 2013). En la figura 7 se presenta la vista superior de la carretera con su respectiva acotación.

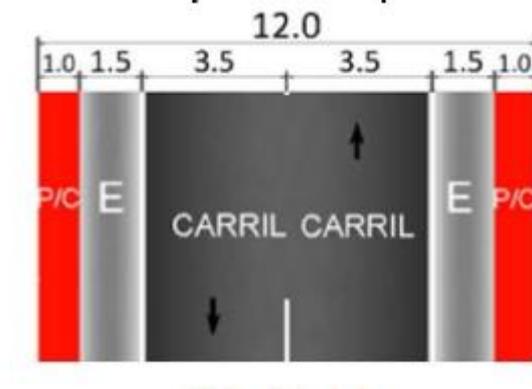


Figura 9. Carretera convencional básica (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Carretera de mediana capacidad

Comprende un ancho total de 14.3 m si es normal y un ancho total de 18 m si es excepcional, su velocidad de proyecto es de $100 \frac{Km}{h}$ con una pendiente máxima 8 % (MTO, 2013). En la figura 8 y figura 9 se presenta la vista superior de la carretera con su respectiva acotación.

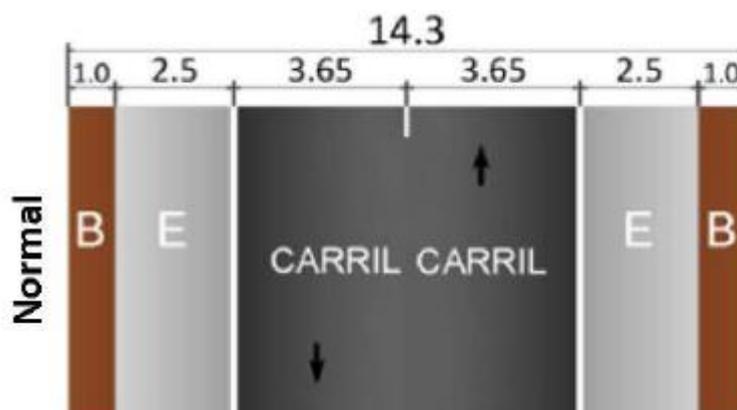


Figura 10. Carretera de mediana capacidad, normal (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

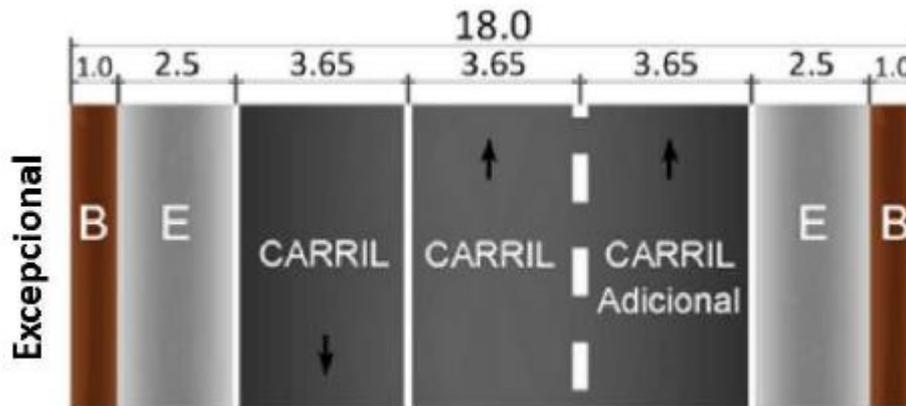


Figura 11. Carretera de mediana capacidad, excepcional (Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Vías de Alta Capacidad Interurbana

Según la normativa MTOP (2013) estas vías tienen una velocidad de proyecto de $120 \frac{Km}{h}$ y una pendiente máxima del 6 %. Además, estas vías deben cumplir con los siguientes criterios:

- i. Debe existir un control total de acceso es decir que no se tenga que acceder a la vía por medio de propiedades colindantes.
- ii. No deben existir cruces a nivel con ninguna otra vía de comunicación
- iii. Las calzadas deben estar separas para cada sentido de la circulación, a excepción en los puntos singulares o con carácter temporal

En la figura 10 y figura 11 se presenta la vista superior de la vía con su respetiva acotación.

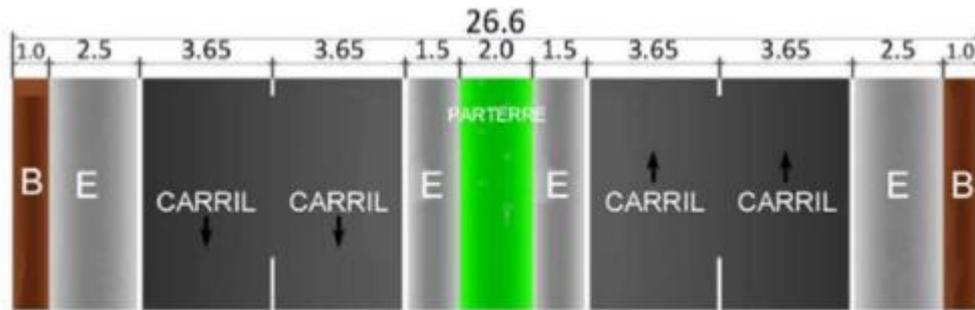


Figura 12. Vía de alta capacidad interurbana de ancho total 26.6m (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

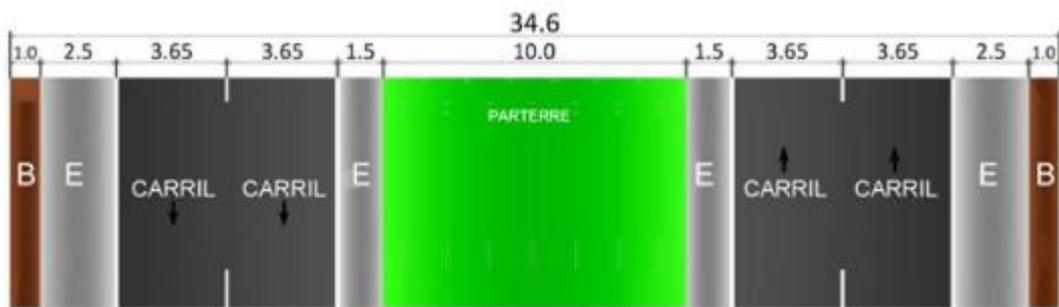


Figura 13. Vía de alta capacidad interurbana de ancho total 34.6m (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Vías de Alta Capacidad Urbana o Periurbana

Según la normativa MTOP (2013) estas vías tienen una velocidad de proyecto de $100 \frac{Km}{h}$ y una pendiente máxima del 8 % con un ancho total de 48.6 m. Además, estas vías deben cumplir con los siguientes criterios:

- i. Debe existir un control total de acceso es decir que no se tenga que acceder a la vía por medio de propiedades colindantes.
- ii. No deben existir cruces a nivel con ninguna otra vía de comunicación
- iii. Las calzadas deben estar separas para cada sentido de la circulación, a excepción en los puntos singulares o con carácter temporal

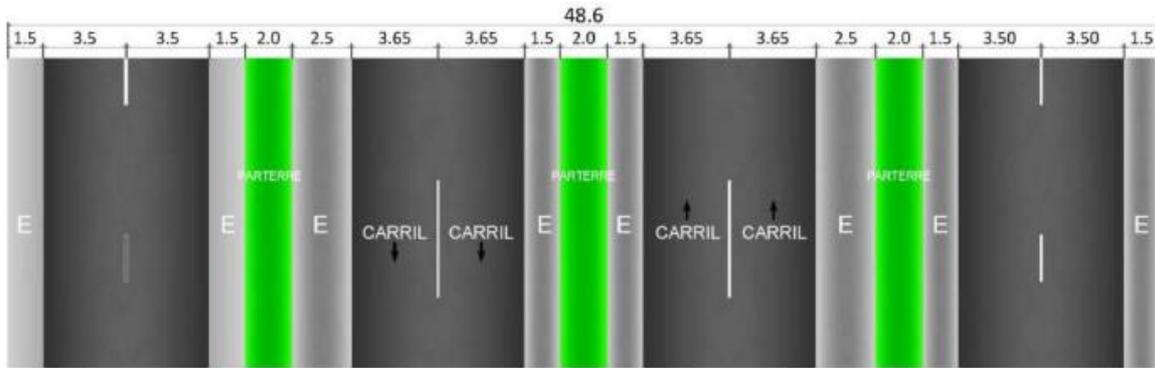


Figura 14. Vía de alta capacidad urbana o periurbana (Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Clasificación funcional por importancia en la red vial

- Corredores Arteriales

Según el MTOP (2013), estos caminos son los que conectan a las capitales provinciales, puertos marítimos con el Oriente o conforman pasos de frontera, los cuales deben tener alta movilidad, accesibilidad reducida y deben estar diseñados con estándares geométricos adecuados para que la circulación vehicular sea eficiente y segura.

- Vías Colectoras

Son caminos encargados de recolectar el tráfico local de una región y conducirlos a las principales carreteras como son los corredores arteriales (MTOP, 2013).

- Caminos Vecinales

Están encargados de recibir el tráfico rural de una región, en esta sección están incluidas los caminos rurales o carreteras convencionales básicas.

Clasificación según las condiciones orográficas

Según el MTOP estas carreteras se clasifican según el relieve natural del terreno. “En función de la máxima inclinación media de la línea de máxima pendiente correspondiente a la franja original de dicho terreno interceptada por la explanación de la carretera” (2013)

TIPO DE RELIEVE	MÁXIMA INCLINACIÓN MEDIA
Llano	$i \leq 5$
Ondulado	$5 < i \leq 15$
Accidentado	$15 < i \leq 25$
Muy accidentado	$25 < i$

Tabla 2. Clasificación de carreteras por condición orográfica (Fuente: MTOP-002-F2013

Clasificación de Carreteras)

Clasificación según el número de calzadas

Según la MTOP “son las que tienen calzadas diferenciadas para cada sentido de circulación, con una separación física entre ambas” (2013). Y pueden estar constituidas por más de una calzada por sentido.

DESARROLLO DEL TEMA

Aspectos Generales de la zona del proyecto

La propuesta de diseño se inicia en el km 0+000, donde el alineamiento sigue la dirección norte-sur hasta el kilómetro 0+160, luego del km 0+160 hasta el km 0+440 con la dirección oeste-este y por último del km 0+440 hasta el km 0+874 sigue la dirección sur-norte con un total de 874 m.

Estudios Topográficos

Los estudios topográficos servirán para posicionar el proyecto y así determinar las características superficiales que presenta el terreno; debido a que el terreno en su mayoría presenta daños con la acción del agua es importante recurrir a una obra vial con drenaje.

Se tomará en cuenta las necesidades de la población para trazar la ruta, ya que es importante conocer algunos parámetros que mejoren la calidad de vida poblacional como son: caminos que conecte a la comunidad con los corredores arteriales, caminos que conecten servicios de necesidad básica como son: escuelas, hospitales, centros de salud, etc. Con los datos obtenidos se realiza una descripción detallada del área de terreno con todos sus elementos: relieve, vegetación, población, cultivos, etc.

Estudio de tránsito

El presente trabajo tiene como objetivo el diseño vial de una carretera para la comunidad de Calpaquí que mejore la calidad de vida de la población y serviciabilidad de la carretera que conecta a esta comunidad con sus aledañas y principalmente con la ciudad de Otavalo, cantón al que pertenece. Con esto se logrará proveer el acceso adecuado de la población a servicios básicos de vialidad. Además, se mejorará el desarrollo económico debido al crecimiento poblacional que ha sufrido en los últimos años.

Para el diseño vial es importante conocer las características de tránsito que circulan diariamente con el fin de determinar el TPDA, cabe recalcar que el tramo existente es de 901.341 m desde la coordenada 22215 m en la dirección Norte y 805570 m en la dirección Este. hasta la coordenada 22042 m al Norte y 805213 m al Este, esta ruta trazada por los habitantes de la población es de fácil acceso para los vehículos que circulan, por esta razón es de suma importancia habilitarla.

Conteo de tráfico

Se realiza un estudio sobre volúmenes de tránsito con el propósito de obtener información del número de vehículos que circulan por esta vía, la unidad de medida en el tráfico de una carretera es el volumen del tráfico promedio diario anual conocido comúnmente como TPDA.

Para la caracterización por tipo de vehículo es importante conocer el tamaño y peso vehicular de acuerdo con la normativa MTOP, como se muestra a continuación:

Tipo de Vehículo	
Liviano	
Buses	
Camiones	2DA
	2DB
Motos	

Tabla 3. Tipo de vehículos

Los vehículos que circulan por una vía pueden clasificarse en livianos y pesados:

- Livianos: Son aquellos que tienen características semejantes a un automóvil mediano y no tienen doble llanta en su eje trasero.
- Pesados: Son todos aquellos vehículos destinados al transporte de pasajeros y carga, donde uno o más ejes tienen doble llanta.

Para determinar el TPDA se evalúa el número de vehículos que circulan por este camino en un determinado periodo de tiempo. El conteo de tráfico se lo realizó de forma manual para lo cual se realiza una intervención técnica en el mes de septiembre, el conteo se realiza el viernes 20 de septiembre del año 2019. Para el conteo nos ubicamos cerca al estadio de Calpaquí, con los resultados obtenidos tenemos el volumen de vehículos que circulan por este tramo.

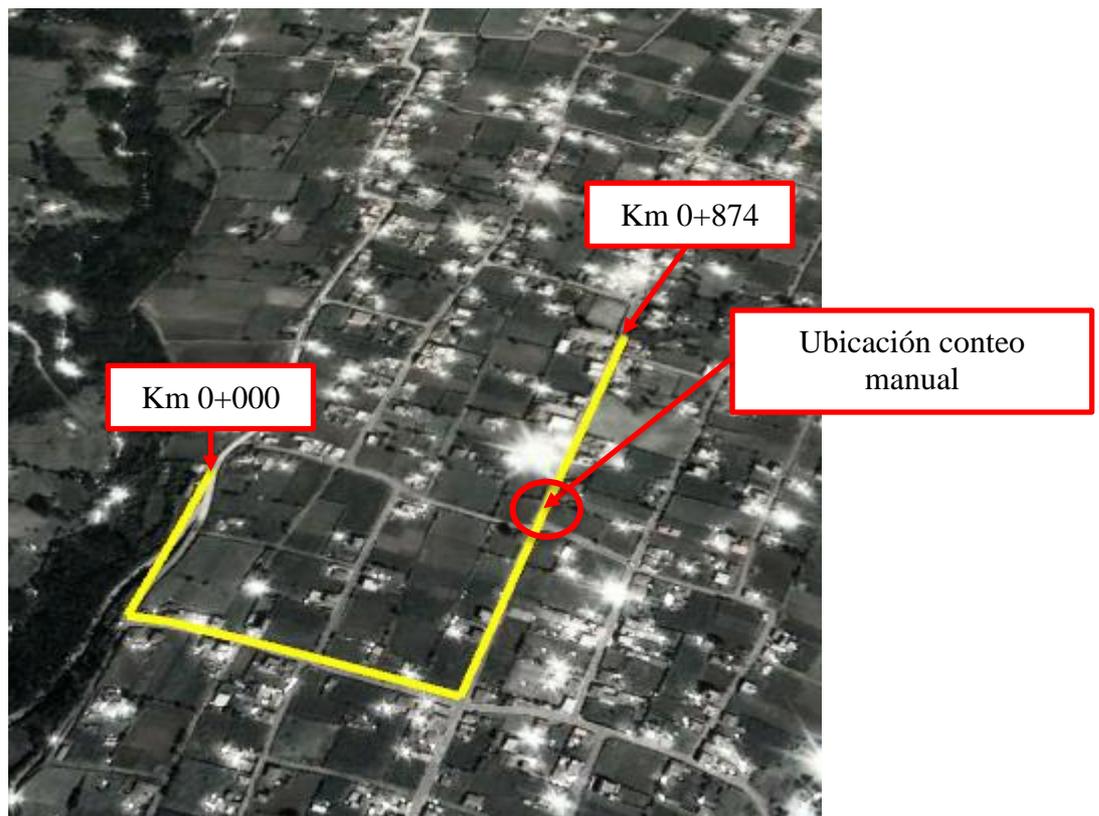


Figura 15. Implantación de la vía y ubicación para el conteo manual (Fuente Google Earth)

Resultados de la observación en campo

Fecha:	20 de septiembre de 2019
Ubicación:	Comunidad de Calpaquí
Hora de inicio:	16:00
Hora de finalización:	18:00
Condiciones Climatológicas	Clima frío

Tipo de Vehículo				
Livianos	Buses	Camiones		Motos
		2DA	2DB	
27	7	10	2	1
Total				47

Tabla 4. Estudio realizado en campo - viernes 20 de septiembre de 2019.

Volumen o intensidad de tráfico

Según Alonzo y Rodríguez, se denomina “volumen de tránsito como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un período determinado” (2005). Y se lo expresa de la siguiente manera:

$$Q = \frac{N}{T}$$

Donde:

Q = Vehículos que circulan por unidad de tiempo $\left(\frac{vh}{periodo}\right)$

N = número total de vehículos que circulan vh

T = periodo (unidades de tiempo)

En general los datos de volumen de tráfico se utilizan para el análisis del tránsito y transporte como:

- Clasificación funcional de las carreteras
- Diseño de las características geométricas de una carretera
- Análisis de capacidad y niveles de servicio

Al conocer la variación de la intensidad en el tiempo podemos obtener el tráfico promedio diario anual (TPDA) en el tramo de vía estudiado, este dato se utilizará para evaluar las necesidades de construcción de una nueva vía o el mejoramiento de la vía existente.

Volúmenes de Tránsito Absolutos o Totales

Es el volumen de tránsito, el cual se clasifica de acuerdo con el tiempo:

- Tránsito Anual (TA): Es el número de vehículos que pasan en un lapso de 365 días consecutivos.
- Tránsito Mensual (TM): Es el número de vehículos que pasan en un lapso de 30 días consecutivos.
- Tránsito Semanal (TS): Es el número de vehículos que pasan en un lapso de 7 días consecutivos.
- Tránsito Diario (TD): Es el número de vehículos que pasan en un lapso de 24 horas consecutivas.
- Tránsito Horario (TH): Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 60 minutos consecutivos.

Tráfico Proyectado o Futuro:

El volumen de tráfico futuro nos permite conocer con anticipación las características con la que debe contar una infraestructura vial, debido a que con este resultado podemos tener una idea de la necesidad del mejoramiento de una vía; esta proyección dependerá del incremento de la población y el aumento en la actividad económica, para obtener este valor se

utiliza datos estadísticos o se lo proyecta en base a la tasa de crecimiento poblacional o al consumo de combustible.

Volúmenes de Tránsito Promedios Diarios

El volumen de tránsito promedio diario (TPD) es el número total de vehículos que circulan durante un periodo determinado igual o menor a un año y mayor a un día, dividido por el número de días comprendido en dicho periodo de medición.

- Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA): Promedio de los conteos de 24 horas recolectado todos los días del año $\left(\frac{vh}{día}\right)$.

$$TPDA = \frac{TA}{365}$$

- Tránsito Promedio Diario Mensual (TPDM): Número total de vehículos que circulan durante un mes completo, dividido para 30 días $\left(\frac{vh}{día}\right)$.

$$TPDA = \frac{TM}{30}$$

- Tránsito Promedio Diario Semana (TPDS): Número total de vehículos que circulan durante una semana completa, dividido para 7 días $\left(\frac{vh}{día}\right)$.

Factores de expansión

Los factores de expansión horarios, diarios y mensuales requieren ser obtenidos en las estaciones de conteo continuo como estaciones de peaje.

- Factores de expansión horarios, FEH se determina de la siguiente manera:

$$FEH = \frac{\text{volumen total para un periodo de 24 horas}}{\text{volumen para una hora específica}}$$

Según Garber y Hoel, el FEH se usa para expandir conteos con una duración menor o iguales a 24 horas (2005).

- Factores de expansión diarios, FED se determina de la siguiente manera:

$$FED = \frac{\text{volumen total promedio de la semana}}{\text{volumen promedio para un día específico}}$$

Estos factores son usados cuando se determinan volúmenes semanales a partir de conteos de 24 horas.

- Factores de expansión mensuales, FEM se determina de la siguiente manera:

$$FEM = \frac{TPDA}{TPD \text{ para un mes específico}}$$

Para obtener los factores de expansión, horario, diario y mensual se solicitó al Ministerio de Transporte y Obras Publicas datos del volumen de tráfico de la estación de Peaje San Roque, ubicado cerca de la comunidad de Calpaquí. Así obtenemos los siguientes datos:

Hora	Volumen	FEH
0:00	162	58,92
1:00	143	66,75
2:00	162	58,92
3:00	131	72,86
4:00	140	68,18
5:00	192	49,71
6:00	254	37,58
7:00	336	28,41
8:00	345	27,67
9:00	436	21,89
10:00	449	21,26
11:00	503	18,98
12:00	624	15,3
13:00	679	14,06
14:00	662	14,42
15:00	635	15,03
16:00	643	14,84

17:00	672	14,2
18:00	620	15,4
19:00	558	17,11
20:00	470	20,31
21:00	345	27,67
22:00	241	39,61
23:00	143	66,75

Tabla 5. Factores de expansión horaria Peaje – San Roque (Año 2019) (Fuente Datos obtenidos por el MTOP para volúmenes de tráfico en el peaje San Roque)

$$\text{Volumen diario total} = 9545$$

Día de la semana	Volumen	FED
Domingo	254	11,14
Lunes	751	3,77
Martes	357	7,93
Miércoles	363	7,8
Jueves	339	8,35
Viernes	468	6,05
Sábado	298	9,5

Tabla 6. Factores de expansión diaria Peaje – San Roque (Año 2019) (Fuente Datos obtenidos por el MTOP para volúmenes de tráfico en el peaje San Roque)

$$\text{Volumen semanal total} = 2830$$

Mes	TDP	FEM
Enero	2051	1,07
Febrero	2259	0,97
Marzo	2200	1
Abril	2177	1,01
Mayo	2139	1,03
Junio	2143	1,02
Julio	2250	0,98

Agosto	2339	0,94
Septiembre	2126	1,03
Octubre	2158	1,02
Noviembre	2118	1,04
Diciembre	2389	0,92

Tabla 7. Factores de expansión mensual Peaje – San Roque (Año 2018) (Fuente Datos obtenidos por el MTOP para volúmenes de tráfico en el peaje San Roque)

$$\text{Volumen total anual} = 26349$$

$$\text{Media del volumen diario promedio} = 2196$$

Cálculo del TPDA

Estimación de el volumen de 24 horas para el viernes con el uso de los factores horarios de la tabla 5:

$$\frac{22 \times 14.84 + 25 \times 14.2}{2} = 340.74$$

Se ajusta el volumen de 24 horas para el viernes a un volumen promedio para la semana con los factores diarios de la tabla 6:

$$\text{volumen total para 7 días} = 340.74 \times 6.05 = 2061.48$$

$$\text{volumen promedio para 24 horas} = \frac{2061.48}{7} = 249.50$$

Debido a que los datos fueron tomados en septiembre, para obtener el TPDA se usa la tabla 7:

$$\text{TPDA} = 249.50 \times 1.03$$

$$\text{TPDA} = 303 \frac{vh}{\text{Año}}$$

Tránsito Futuro

El TPDA actual no es suficiente para definir el tráfico futuro del camino. Por lo general el TPDA se lo proyecta para 20 años. Berardo, Baruzzi., et al, (2017) menciona que, el tránsito futuro “dependerá de una serie de factores vinculados a la dinámica de las actividades socioeconómicas y a los factores evolutivos en el área de influencia de la obra”. El tránsito futuro se lo calcula de la siguiente manera:

$$T_f = T_o(1 + i)^n$$

Donde:

T_f = Tránsito Futuro

T_o = Tránsito Actual

i = tasa de crecimiento

n = período de vida útil (años)

Tasa de crecimiento “i”

La tasa de crecimiento “i” se obtiene de una serie de datos de tráfico vehicular de años anteriores proyectados a años futuros. Los resultados detallados a continuación han sido obtenidos por medio de un estudio realizado para la vía Cajas – Ibarra a partir del conteo de vehículos en el peaje San Roque.

Periodo	Livianos
2012-2020	7,05%
2021-2030	4,08%
2031-2040	2,86%

Tabla 8. Tasa de crecimiento para vehículos livianos (Ibarra – Cajas) (Fuente Ramón, 2014)

A partir de estos resultados, podemos utilizar la ecuación para el cálculo del tráfico futuro. El tiempo de proyección es de 20 años contados desde su inauguración.

Años de operación	Alcance
20	Proyectos de rehabilitación y mejoras
30	Proyectos especiales de nuevas vías
50	Megaproyectos Nacionales

Tabla 9. Años de operación según el alcance del proyecto (Fuente Ministerio de Transporte y

Obras Públicas)

$$T_f = T_o(1 + i)^n$$

$$T_f = 23625 \times (1 + 2,86\%)^{20}$$

$$T_f = 41524$$

Tráfico Promedio Diario Anual Proyectado

El $TPDA_f$, se calculó con la siguiente expresión matemática:

$$TPDA_f = TPDA_o(1 + i)^n$$

Donde:

T_f = Tráfico Promedio Diario Anual Futuro

T_o = Tráfico Promedio Diario Anual Actual

i = tasa de crecimiento

n = período de vida útil (años)

$$TPDA_f = 303,34(1 + 2,86\%)^{20}$$

$$TPDA_f = 533$$

Velocidad de Diseño

En la sección 2.3.1. encontramos la clasificación por capacidad de la vía según el Tráfico Promedio Diario Anual al año de diseño, este resultado lo calculamos en la **sección 3.2.1.9.**

$$TPDA_f = 533 \frac{vh}{\text{Año}}$$

El cual corresponde a una carretera de 2 carriles tipo C2: camino básico. El ancho disponible para calzada medido en sitio es de 6 m. Esta clasificación tiene un ancho 9 m a una velocidad de proyecto de $60 \frac{Km}{h}$, por lo tanto, se usará un ancho de calzada de 3 m por cada sentido para evitar dañar la geometría del lugar (MTO, 2013).

Geometría del Camino

Datos básicos para el diseño

Distancia de visibilidad de parada y de decisión

La distancia de visibilidad de parada es la mínima distancia necesaria para que el vehículo pueda detenerse antes de que colisione por obstáculos en su carril. Los resultados a continuación se obtienen por medio de la norma para estudio y diseños viales de la MTOP.

La distancia de visibilidad de decisión es: “distancia requerida por un conductor para detectar información inesperada o difícil de percibir” (Berardo et al., 2017). Logrando tener el tiempo suficiente para reaccionar ante el peligro y realizar la maniobra necesaria.

$$D.V. Decisión > D.V. Parada$$

Velocidad de Diseño	Velocidad de Marcha	Tiempo de Percepción y Reacción		Coeficiente de Fricción	Distancia de Frenado	Distancia de Parada
		Tiempo (s)	Distancia (m)			
Km/h	Km/h			f	(m)	(m)
30	30 - 30	2.5	20.8 - 20.8	0.40	8.8 - 8.8	30 - 30
40	40 - 40	2.5	27.8 - 27.8	0.38	16.6 - 16.6	45 - 45
50	47 - 50	2.5	32.6 - 34.7	0.35	24.8 - 28.1	57 - 63
60	55 - 60	2.5	38.2 - 41.7	0.33	36.1 - 42.9	74 - 85
70	67 - 70	2.5	43.8 - 48.6	0.31	50.4 - 62.2	94 - 111
80	70 - 80	2.5	48.6 - 55.6	0.30	64.2 - 83.9	113 - 139
90	77 - 90	2.5	53.5 - 62.4	0.30	77.7 - 106.2	131 - 169
100	85 - 100	2.5	59.0 - 69.4	0.29	98.0 - 135.6	157 - 205
110	91 - 110	2.5	63.2 - 76.4	0.28	116.3 - 170.0	180 - 246

Tabla 10. Distancia de visibilidad de parada y decisión en terreno plano (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Velocidad de Diseño	Distancia de Parada en Bajadas (m)			Distancia de Parada en Subidas (m)		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
Km/h						
30	30.4	31.2	32.2	29.0	28.5	28.0
40	45.7	47.5	49.5	43.2	42.1	41.2
50	65.5	68.6	72.6	55.5	53.8	52.4
60	88.9	94.2	100.8	71.3	68.7	66.6
70	117.5	125.8	136.3	89.7	85.9	82.8
80	148.8	160.5	175.5	107.1	102.2	98.1
90	180.6	195.4	214.4	124.2	118.8	113.4
100	220.8	240.6	256.9	147.9	140.3	133.9
110	267.0	292.9	327.1	168.4	159.1	151.3

Tabla 11. Distancia de visibilidad de parada y decisión en pendientes de bajada y subida (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Velocidad de Diseño	Distancia de Decisión para Evitar la Maniobra (m)				
	a	b	c	d	e
Km/h					
50	75	160	145	160	200
60	95	205	175	205	235
70	125	250	200	240	275
80	155	300	230	275	315
90	185	360	275	320	360
100	225	415	315	365	405
110	265	455	335	390	435

Tabla 12. Distancia para evitar maniobra (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Tipo	Situación
a	Detención en carretera rural
b	Detención en vía urbana
c	Cambio de velocidad, trayectoria y dirección en carretera rural
d	Cambio de velocidad, trayectoria y dirección en carretera suburbana
e	Cambio de velocidad, trayectoria y dirección en vía urbana

Tabla 13. Situaciones particulares para D.V. decisión (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Distancia de Visibilidad de Adelantamiento

Berardo, Baruzzi., et al. (2017)., sugiere que la distancia de visibilidad de adelantamiento es: “la mínima distancia necesaria para que, invadiendo el carril de sentido contrario, el conductor de un vehículo pueda adelantarse a otro que circula más lentamente por su mismo carril, sin interferir en la velocidad de trayectoria de un tercer vehículo”.

Velocidad de Diseño	Velocidades Km/h		Distancia mínima de adelantamiento (m)
	Vehículo que es rebasado	Vehículo que rebasa	
30	29	44	220
40	36	51	285
50	44	59	345
60	51	66	410
70	59	74	480
80	65	80	540
90	73	88	605
100	79	94	670
110	85	100	730

Tabla 14. Distancia de visibilidad de adelantamiento (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Alineamiento Horizontal de la Carretera

Factor Máximo de Fricción Lateral y Tasa de Sobreelevación o Peralte

El factor de fricción lateral según el MTOP, depende de “las condiciones de las llantas de los vehículos, el tipo y estado de la superficie de rodamiento y de la velocidad del vehículo” (2013). Según la AASHTO para carreteras rurales y urbanas a velocidades entre 30 y 110 kilómetros por hora, el factor de fricción lateral va entre 0,17 y 0,10.

El peralte en cambio depende del clima, terreno, ubicación del terreno y frecuencia de vehículos a baja velocidad.

Tasa de Sobreelevación, "e" en (%)	Tipo de Area
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Tabla 15. Tasa de Sobreelevación o Peralte (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Radios Mínimos

Para una velocidad directriz o de diseño se establece un radio de giro mínimo de acuerdo con su máximo peralte permitido y al máximo factor de fricción lateral permisible (Berardo et al., 2017).

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 10%		
		Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado	
30	0.17	26.2	25	45° 50'
40	0.17	46.7	45	25° 28'
50	0.16	75.7	75	15° 17'
60	0.15	113.4	115	9° 58'
70	0.14	160.8	160	7° 10'
80	0.14	210.0	210	5° 27'
90	0.13	277.3	275	4° 10'
100	0.12	357.9	360	3° 11'
110	0.11	453.7	455	2° 31'
120	0.09	596.8	595	1° 56'

Tabla 16. Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para la velocidad de diseño (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Curvas Horizontales de Transición

La curva de transición proporciona una trayectoria fácil de seguir para los conductores, de manera que, la fuerza lateral aumenta y disminuye gradualmente a medida que los vehículos entran y salen de una curva circular. “Las curvas de transición minimizan la invasión en los carriles adyacentes y tienden a promover una velocidad uniforme” (Berardo et al., 2017)

Peralte	Longitud de Transición y Velocidades de Diseño Km/h							
	40	50	60	70	80	90	100	110
Carriles de 3,65 Metros								
0,02	25	30	35	40	50	55	60	65
0,04	25	30	35	40	50	55	60	65
0,06	35	35	40	40	5	55	60	65
0,08	45	45	50	55	60	60	65	70
0,10	55	55	60	65	75	75	80	85
0,12	65	65	75	80	90	90	95	105

Tabla 17. Longitudes de desarrollo de la sobreelevación en carreteras de dos carriles (m).

(Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

R (m)	V _d =30km/h			V _d =40km/h			V _d =50km/h			V _d =60km/h			V _d =70km/h			V _d =80km/h			V _d =90km/h			V _d =100km/h			V _d =110km/h		
	L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)		
	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs
7000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0																		
5000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0																		
3000	SN	0	0	SI	56	84	2.1	61	92																		
2500	SN	0	0	SI	50	75	2.2	56	84	2.5	61	92															
2000	SN	0	0	SI	44	66	2.2	50	75	2.7	56	84	3.1	61	92												
1500	SN	0	0	SI	39	59	2.4	44	66	2.9	50	75	3.5	56	84	4.1	61	92									
1400	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.1	39	59	2.6	44	66	3.1	50	75	3.8	56	84	4.3	61	92
1300	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.3	39	59	2.8	44	66	3.3	50	75	4.0	56	84	4.6	61	92
1200	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.4	39	59	3.0	44	66	3.6	50	75	4.3	56	84	5.0	61	92
1000	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.2	33	50	2.9	39	59	3.5	44	66	4.2	50	75	5.1	56	84	5.9	61	92
900	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.5	33	50	3.2	39	59	3.9	44	66	4.6	50	75	5.6	56	84	6.4	61	92
800	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.7	33	50	3.5	39	59	4.3	44	66	5.1	50	75	6.2	56	84	7.1	61	92
700	SN	0	0	SI	22	33	2.3	28	42	3.1	33	50	4.0	39	59	4.8	44	66	5.8	50	75	6.9	56	84	8.0	69	103
600	SN	0	0	SI	22	33	2.7	28	42	3.6	33	50	4.5	39	59	5.5	44	66	6.5	50	75	7.8	62	94	9.0	77	116
500	SN	0	0	2.3	22	33	3.1	28	42	4.2	33	50	5.3	39	59	6.4	46	69	7.6	57	86	8.9	71	107	9.9	85	127
400	SI	17	26	2.8	22	33	3.8	28	42	5.0	33	50	6.3	41	62	7.5	54	81	8.8	67	100	9.8	78	117	R _{min} = 455		
300	2.2	17	26	3.6	22	33	4.8	28	42	6.3	38	57	7.8	51	77	9.0	65	97	9.9	75	112	R _{min} = 380					
250	2.6	17	26	4.2	22	33	5.6	30	45	7.1	43	64	8.7	57	86	9.7	70	105	R _{min} = 275								
200	3.1	17	26	5.0	26	39	6.6	36	53	8.2	49	74	9.6	63	94	R _{min} = 210											
175	3.5	17	26	5.6	29	43	7.1	38	58	8.8	53	79	9.9	65	97.0	R _{min} = 180											
150	4.0	19	29	6.2	32	48	7.8	42	63	9.4	57	85	R _{min} = 160														
140	4.3	21	31	6.4	33	49	8.1	44	66	9.6	58	87	R _{min} = 155														
130	4.5	22	32	6.7	34	52	8.5	46	69	9.8	59	88	R _{min} = 115														
120	4.8	23	34	7.0	36	54	8.8	48	71	10.0	60	90	R _{min} = 75														
110	5.1	24	37	7.4	38	57	9.1	49	74	R _{min} = 75																	
100	5.5	26	40	7.7	40	59	9.5	51	77	R _{min} = 45																	
90	5.9	28	42	8.2	42	63	9.8	53	79	R _{min} = 45																	
80	6.4	31	46	8.6	44	66	10.0	54	81	R _{min} = 25																	
70	6.9	33	50	9.1	47	70	R _{min} = 25																				
60	7.5	36	54	9.6	49	74	R _{min} = 25																				
50	8.2	39	59	10.0	51	77	R _{min} = 25																				
40	9.1	44	65	R _{min} = 25																							
30	9.9	47	71	R _{min} = 25																							

e_{max} = 10.0%

R = Radio de curva

V = Velocidad de diseño

e = Tasa de superelevación

L = Longitud mínima de transición

SN = Sección Normal

SI = Sección Invertida, peralte similar a la pendiente normal

C = Carriles

CIFRAS REDONDEADAS

Tabla 18. Elementos de diseño para curvas horizontales y velocidades de diseño (e = 10%)

(Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Sobre anchos en Curvas

Para asegurar que las curvas horizontales tengan el mismo nivel de seguridad que en recta, es necesario agregar un sobrecosto. Las llantas traseras de los vehículos al circular por una curva horizontal tienen una trayectoria ubicada en el interior de las descritas por las llantas delanteras, por lo tanto, los vehículos ocupan más espacio que al seguir un trayecto recto.

TIPO	C1							C2							C3						
	Velocidad de diseño (Km/h)							Velocidad de diseño (Km/h)							Velocidad de diseño (Km/h)						
Radio de Curva (m)	50	60	70	80	90	100	110	50	60	70	80	90	100	110	50	60	70	80	90	100	110
1500	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6
1000	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6
750	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
500	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
400	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5		0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1		
300	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5			0.6	0.7	0.7	0.8	0.8		0.9	1.0	1.0	1.1				
250	0.4	0.5	0.5	0.6				0.7	0.8	0.8	0.9			1.0	1.1	1.1	1.2				
200	0.6	0.7	0.8					0.9	1.0	1.1				1.2	1.3	1.3	1.4				
150	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
140	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
130	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
120	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
110	0.7							1.0						1.3							
100	0.8							1.1						1.4							
90	0.8							1.1						1.4							
80	1							1.3						1.6							
70	1.1							1.4						1.7							

Tabla 19. Sobre ancho de la calzada en curvas circulares (m) (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Alineamiento Vertical

Curvas Verticales

De acuerdo con lo dispuesto por el MTOP, “las curvas verticales serán proyectadas de modo que permitan, cuanto menos, la visibilidad en una distancia igual a la de visibilidad mínima de parada, y cuando sea razonable una visibilidad mayor a la distancia de visibilidad de paso” (2013). La longitud de las curvas verticales depende del factor del índice de curvatura K, mostrados en la siguiente tabla.

Curvas Convexas

Para curvas convexas la longitud mínima está basada en criterios de seguridad para obtener una distancia visual de detención en cualquier punto de la rasante.

Velocidad (Km/h)	Longitud Controlada por Visibilidad de Frenado		Longitud Controlada por Visibilidad de Adelantamiento	
	Distancia de visibilidad de frenado (m)	Indice de Curvatura K	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)	Indice de Curvatura K
20	20	0,6	-	-
30	35	1,9	200	46
40	50	3,8	270	84
50	65	6,4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

El índice de curvatura es la Longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K = L/A$ por el porcentaje de la diferencia algebraica

Tabla 20. Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Curvas Cóncavas

Debido a su composición geométrica, “la condición más desfavorable y la que debe ser empleada para el diseño, es la de operación nocturna” (Bernardo et al., 2017).

Velocidad (Km/h)	Distancia de visibilidad de frenado (m)	Indice de Curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38

El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K = L/A$ por el porcentaje de la diferencia algebraica.

Tabla 21. Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava (Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Pendientes

En las secciones de corte no es factible la utilización de pendientes menores a 0,5%. (MTO,2013). Es recomendable no sobrepasar el límite máximo de pendientes descritos en la siguiente tabla.

Orografia	Terreno Plano	Terreno Ondulado	Terreno Montañoso	Terreno Escarpado
Velocidad (Km/h)				
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8
70	7	7	7	7
80	7	7	7	7
90	6	6	6	6
100	6	5	5	5
110	5	5	5	5

Tabla 22. Pendientes Máximas (Fuente Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Diseño Geométrico de la vía

Criterios de diseño

La propuesta de diseño geométrico para mejorar la movilidad de la comunidad de Calpaquí se encuentra ubicado en la parroquia de Eugenio Espejo, provincial de Imbabura. El camino de estudio es un tramo empedrado que consta a su alrededor de la construcción de viviendas en toda la longitud del camino por lo tanto la normativa ecuatoriana aplicada a este estudio no se cumple en algunos aspectos ya que generaría una gran cantidad de movimientos de tierra lo que tendría un gran impacto topográfico.

Clase de carretera

De acuerdo con lo señalado en la sección 2.3.1. Clasificación por capacidad (TPDA), de este trabajo, el camino corresponde a un tipo carretera convencional básico o camino básico.

Normas de diseño

Los parámetros de diseño geométrico fueron fijados considerando la topografía existente debido a que el alineamiento del camino debe seguir el trazado actual de la vía para no afectar las construcciones existentes. En el capítulo 4 se presenta los parámetros seleccionados para el diseño geométrico, sin embargo, estos valores solo fueron utilizados cuando la geometría del camino lo permitía.

Velocidad Directriz

De acuerdo, a lo establecido en la norma MTOP, en la sección 2.3.2.2. Camino básico de este trabajo, la velocidad de diseño es de $60 \frac{km}{h}$.

Peralte Máximo

Según los criterios de la MTOP, en la sección 4.2.1. Factor de fricción lateral y tasa de sobreelevación o peralte de este trabajo, el factor de fricción lateral esta entre 0.10 – 0.17.

Para una velocidad de diseño de 60 km/h, se puede calcular con la siguiente formula:

$$f = 0.19 - 0.0006 Vd$$

Donde:

f = Factor de fricción lateral

Vd = Velocidad directriz [km/h]

El peralte máximo se lo puede calcular con la siguiente expresión:

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

Donde:

e = Peralte de la curva [m/m]

V = Velocidad de diseño [km/h]

R = Radio de la curva [m]

f = Factor de fricción lateral

El peralte máximo para áreas rurales montañosas es del 10%.

Radio Mínimo de Curvas Horizontales

Las curvas horizontales están en función de la velocidad directriz, peralte máximo y factor de fricción lateral. Su ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

Donde:

R = Radio mínimo de la curva horizontal [m]

V = Velocidad de diseño [km/h]

f = Factor de fricción lateral

e = Peralte de la curva [m/m]

Datos	Valor	Unidad
Velocidad Directriz	60	km/h
Peralte Máximo	10	%
Factor de fricción lateral	0.17 - 0.10	
Radio Recomendado (m)	115	m

Tabla 23. Valores de radio mínimo seleccionados para la curva vertical (Fuente Normas de Diseño Geométrico para carretera MTOP-2013)

Pendiente Máxima

Según lo establecido en la norma MTOP, para la velocidad de diseño de $60 \frac{km}{h}$ tenemos una pendiente máxima del 14%.

Pendiente Transversal

Según la AASHTO (2011), “la pendiente transversal de la calzada deber ser suficiente para dar drenaje adecuado”, por lo tanto, para superficies no pavimentadas la pendiente transversal será de 2% como mínimo.

Curvas Verticales

Curvas verticales simétricas

Los principales elementos que caracterizan a una curva vertical simétrica son:

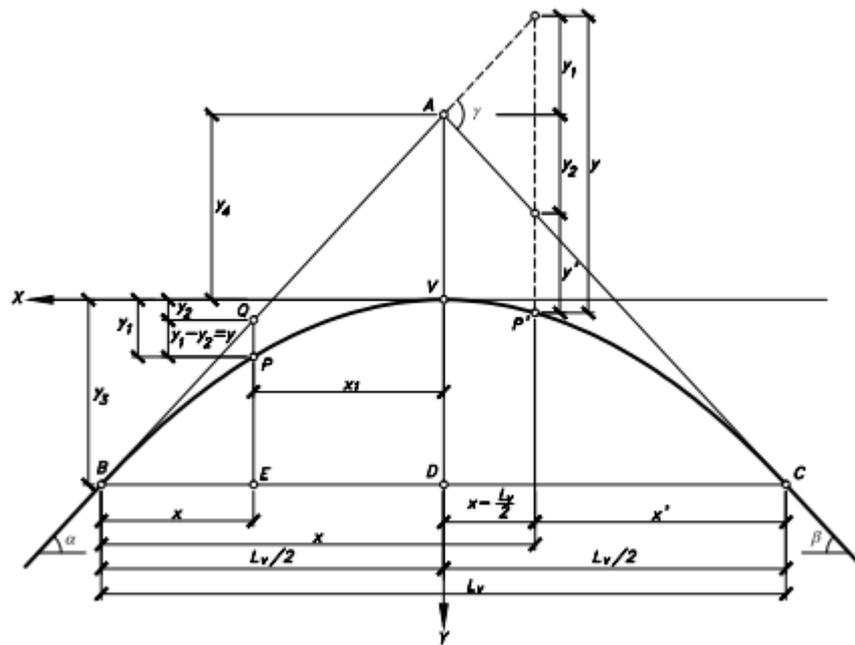


Figura 16. Parábola de eje vertical, perfectamente simétrica (Fuente Cárdenas, 2013)

Donde:

A = PIV = Punto de intersección vertical

B = PCV = Punto de curva vertical

C = PTV = Principio de Tangente vertical

BC = L_v = Longitud de curva vertical

VA = E_v = Externa vertical

VD = f = Flecha vertical

P = Punto sobre la curva de coordenada (x_1, Y_1)

Q = Punto sobre la Tangente de coordenada (x_1, Y_1)

QP = y = Corrección de pendiente

BE = x = Distancia horizontal entre el PCV y el P de la curva

α = Ángulo de pendiente de la Tangente de entrada

β = Ángulo de pendiente de la Tangente de salida

$\gamma = \text{Ángulo entre las dos Tangentes}$

$m = \tan \alpha = \text{Pendiente de la Tangente de entrada}$

$n = \tan \beta = \text{Pendiente de la Tangente de salida}$

$i = \tan \gamma = \text{Diferencia algebraica entre las pendientes de la Tangente de entrada y salida}$

Curvas cóncavas y convexas

Para la determinación de la longitud de la curva vertical se selecciona el índice de curvatura K y se lo multiplica por la diferencia algebraica de las pendientes tanto para curva cóncava como para curva convexa, como lo indica la siguiente ecuación:

$$L = Ki$$

Donde:

$K = \text{Índice de curvatura}$

$i = \text{Diferencia algebraica de las pendientes}$

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad de parada (m)	K	
		Curvas Verticales Convexas	Curvas Verticales Cóncavas
60	85	11	18

Tabla 24. Longitud de curva vertical seleccionados para la modelación (Fuente Normas de Diseño Geométrico para carretera MTOP-2013)

Secciones Típicas

Las secciones típicas se las toma de acuerdo con lo especificado en la MTOP, para una carretera tipo C2: camino básico.

Ancho de la calzada

- El ancho del carril es de 3m, tiene dos carriles de circulación por sentido, con un total de ancho de calzada de 6 m.
- La pendiente transversal mínima es del 2%.

Detalle	km 0+000 - km 0+874
Número de calzadas	1
Número de carriles	2
Ancho de calzada	6
Ancho de carril	3
Pendiente transversal	2%

Tabla 25. Elementos de la sección típica usados para el diseño geométrico

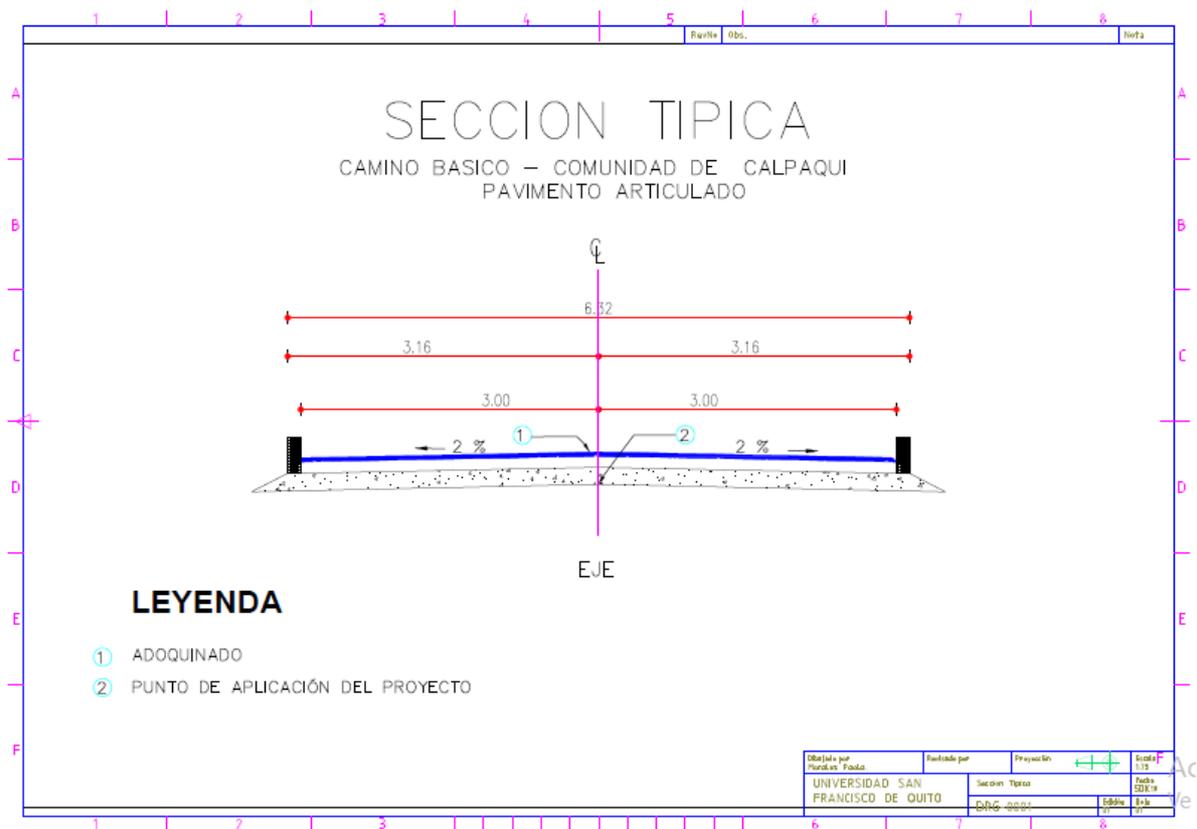


Figura 17. Sección típica para usar en el diseño geométrico

Pavimento

Pavimento articulado: El pavimento articulado está compuesto por una capa de rodadura elaborado con bloques de hormigón conocido comúnmente como adoquín, el cual puede estar apoyado sobre una capa de arena y sobre una capa de base granular. Debido a que en el alcance de este proyecto no se especifica el diseño de pavimento, se selecciona un pavimento tipo articulado para criterios de diseño geométricos siguiendo las solicitudes realizadas con anterioridad al Gobierno Provincial de Imbabura con las siguientes características:

Aditivos	Los aditivos no deben tener ningún efecto nocivo en el hormigón
Acabados	Todas las aristas deberán ser uniformes y estar limpias
Diseño	Adoquín clásico
Dimensiones	
Largo	25 cm
Ancho	23 cm
Espesor	9 cm
Características	
f'c	350 kg/cm ²
Peso	8.2 kg/u

Tabla 26. Características del pavimento (Fuente Gobierno Provincial de Imbabura)

Bordillo

- **Bordillo liviano:** El bordillo liviano es ideal para confinamiento de veredas y calzadas. Se selecciona este tipo debido a su facilidad de colocación y por criterios de diseño, el cual consta de las siguientes características:

Largo	100 cm
Base superior	6 cm
Base inferior	6 cm
Alto	25 cm

Unidad por m lineal	1 unidad
Peso aproximado	31.7 kg

Tabla 27. Especificaciones técnicas del bordillo liviano (Fuente disensa)

Guía de diseño geométrico en AutoCAD CIVIL 3D

Configuración de Puntos

Una de las facilidades que ofrece el AutoCAD CIVIL 3D es la importación de datos desde archivos .csv o .txt que son los más usados, es necesario que los datos se encuentren en un orden específico para que sean ubicados una vez inicie la importación de puntos al programa. Los datos topográficos en un archivo .csv pueden estar distribuidos en el siguiente orden: Nombre, Abscisa, Ordenada, Elevación y Detalle (Figura 19).

POSSIBLE PÉRDIDA DE DATOS Algunas características del libro se pueden perder al guardarlo como archivo de Excel.

	A	B	C	D	E
1	Nombre	Abscisa	Ordenada	Elevación	Detalle
2	1	805214.145	22008.366	2789.362	A
3	2	805157.905	21891.253	2801.141	B
4	3	805209.222	22023.506	2788.246	AUX
5	4	805218.795	22042.846	2786.905	TAL
6	5	805217.184	22042.958	2786.925	BORD
7	6	805208.469	22042.877	2786.218	CASA
8	7	805210.604	22042.44	2786.549	TOP
9	8	805217.131	22042.964	2786.758	ADO
10	9	805210.916	22042.444	2786.99	BORD
11	10	805213.963	22042.514	2786.904	EJ
12	11	805210.965	22042.436	2786.836	ADO
13	12	805219.307	22042.632	2788.261	BOR
14	13	805209.822	22030.091	2787.793	BORD
15	14	805209.888	22030.039	2787.637	ADO
16	15	805218.338	22028.561	2789.46	BOR
17	16	805217.594	22028.872	2787.844	TAL
18	17	805209.078	22030.091	2787.15	TOP
19	18	805215.96	22029.113	2787.817	BORD
20	19	805207.03	22028.367	2787.176	CASA
21	20	805215.939	22029.101	2787.678	ADO

Figura 18: Datos topográficos en Excel

Para importar los datos como un archivo .cvs es necesario que se encuentren de la siguiente manera (Figura 20).

	A	B	C	D	E	F	G
1	1 805214.145	22008.366	2789.362	A			
2	2 805157.905	21891.253	2801.141	B			
3	3 805209.222	22023.506	2788.246	AUX			
4	4 805218.795	22042.846	2786.905	TAL			
5	5 805217.184	22042.958	2786.925	BORD			
6	6 805208.469	22042.877	2786.218	CASA			
7	7 805210.604	22042.44	2786.549	TOP			
8	8 805217.131	22042.964	2786.758	ADO			
9	9 805210.916	22042.444	2786.99	BORD			
10	10 805213.963	22042.514	2786.904	EJ			
11	11 805210.965	22042.436	2786.836	ADO			
12	12 805219.307	22042.632	2788.261	BOR			
13	13 805209.822	22030.091	2787.793	BORD			
14	14 805209.888	22030.039	2787.637	ADO			
15	15 805218.338	22028.561	2789.46	BOR			
16	16 805217.594	22028.872	2787.844	TAL			
17	17 805209.078	22030.091	2787.15	TOP			
18	18 805215.96	22029.113	2787.817	BORD			
19	19 805207.03	22028.367	2787.176	CASA			
20	20 805215.939	22029.101	2787.678	ADO			
21	21 805212.623	22029.086	2787.76	EJ			

Figura 19. Datos topográficos en Excel para la importación a AutoCAD CIVIL 3D

Configuración de Dibujo

Debemos tomar en cuenta la categoría en la que vamos a trabajar, en nuestro caso usaremos la opción: WGS84 (World Geodetic System 1984). Esto equivale a un sistema geodésico de coordenadas geográficas que nos permite localizar cualquier punto de la tierra a partir de coordenadas (X, Y, Z), como se observa en la figura 21. Ecuador se ubica en la zona 17 y 18 con segmentos en los hemisferios norte y sur, debido a que se encuentra atravesado por la línea ecuatorial (Figura 17). Para que los puntos importados queden correctamente localizados debemos ingresarlos en la zona 17 Sur.

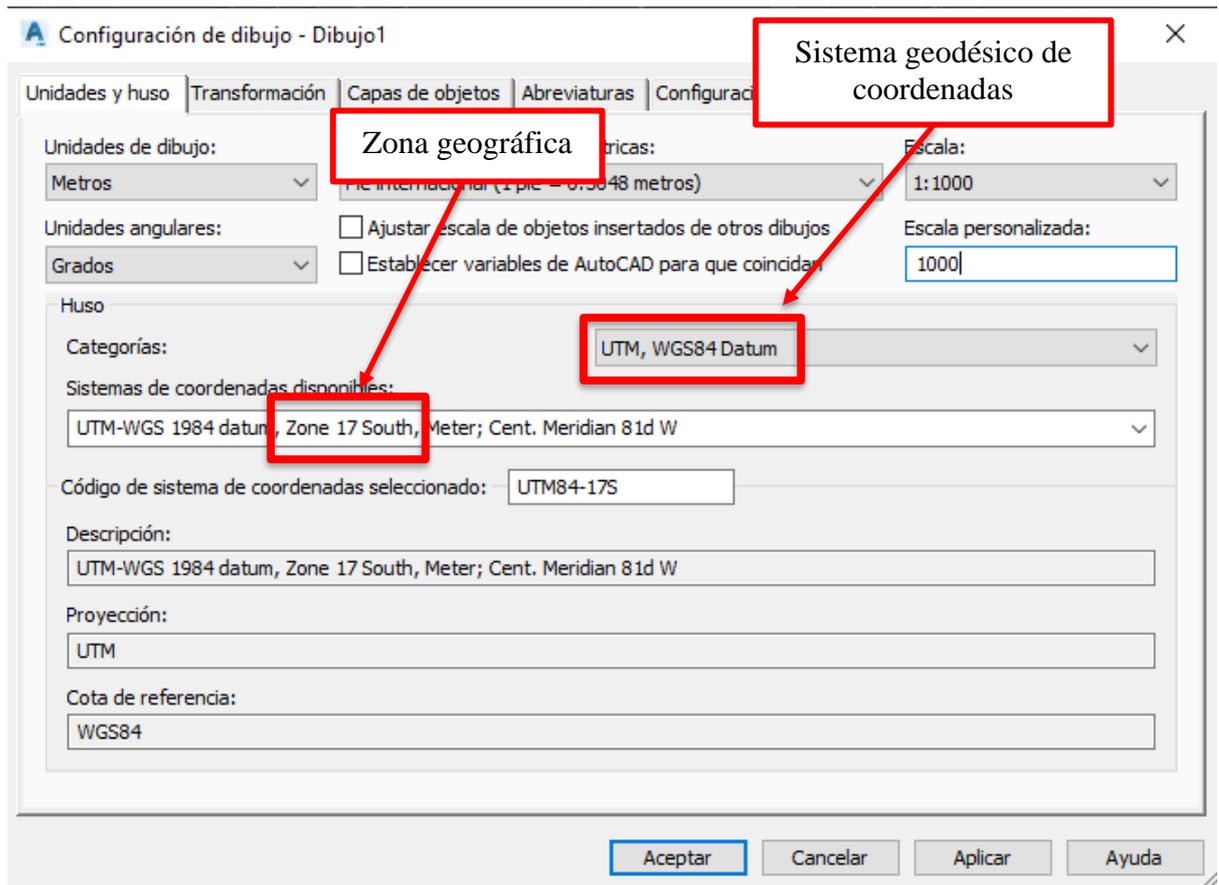


Figura 20: Configuración del dibujo en AutoCAD CIVIL 3D (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)



Figura 21: Zona geográfica del Ecuador (Fuente: Google Earth)

Importación de puntos

Una vez que el archivo este en el formato correcto, y la configuración del dibujo este modificada nos dirigimos a la sección de Inicio → Puntos → Herramienta de creación de puntos, se nos abrirá una ventana similar a la mostrada en la figura 23 y se seleccionará la opción indicada.



Figura 22: Creación de puntos - importa puntos (Fuente: AutoCAD Civil 3D, 2018)

Posteriormente se abrirá la ventana mostrada en la figura 24 y se seleccionará la opción “añadir archivos”, se buscará el archivo creado con el formato .csv o .txt. Si esta correctamente configurado se podrá especificar el formato de puntos que se muestra como opciones, los cuales deberán estar especificados de acuerdo con el orden que seleccionamos al principio.

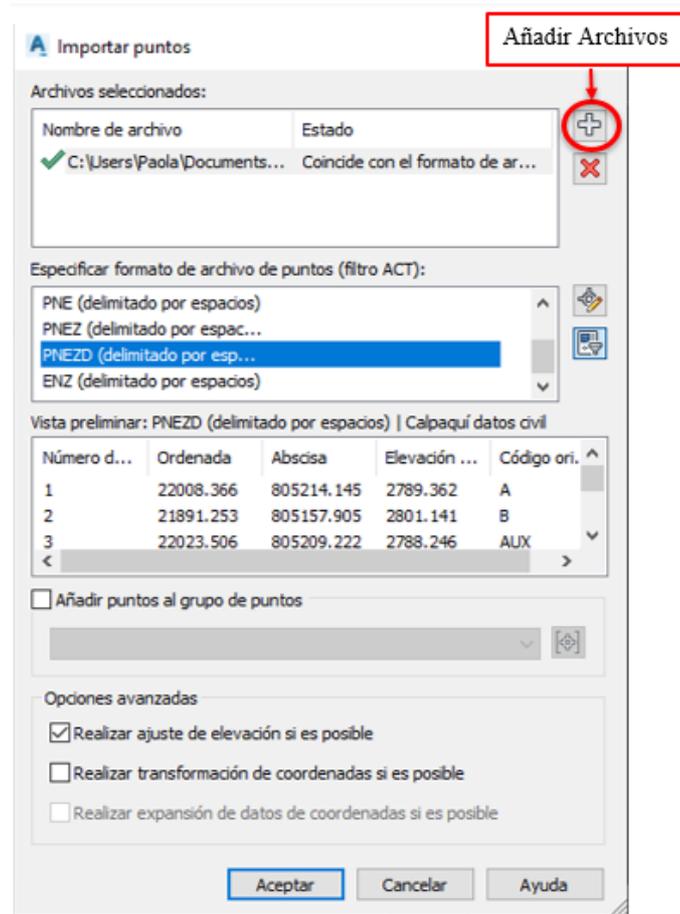


Figura 23: Importar puntos (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

De esta manera tenemos los puntos importados en el AutoCAD civil 3D como se muestra en la figura 25, estos puntos están configurados con el estilo básico que ofrece el programa, pero pueden ser editados según la necesidad del diseñador.

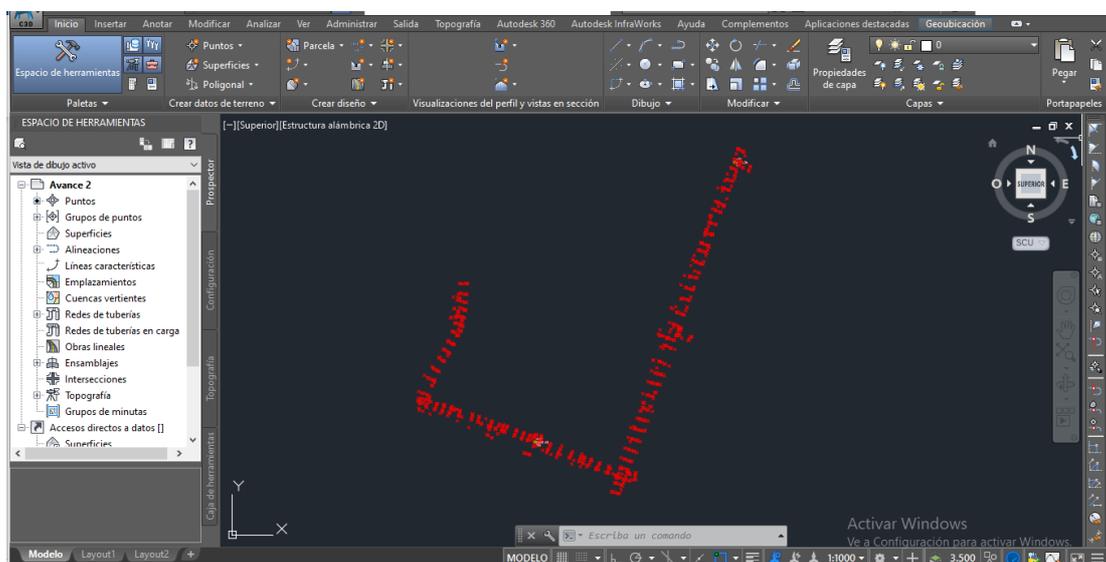


Figura 24. Puntos exportados a partir de un archivo .cvs (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Estilo de los puntos

Para cambiar el estilo de puntos nos dirigimos al Espacio de herramientas → Puntos → Grupo de puntos → Todos los puntos → Clic derecho → Propiedades. Se nos abrirá la siguiente ventana (Figura 26), donde podremos elegir los detalles que queremos que sean visibles.

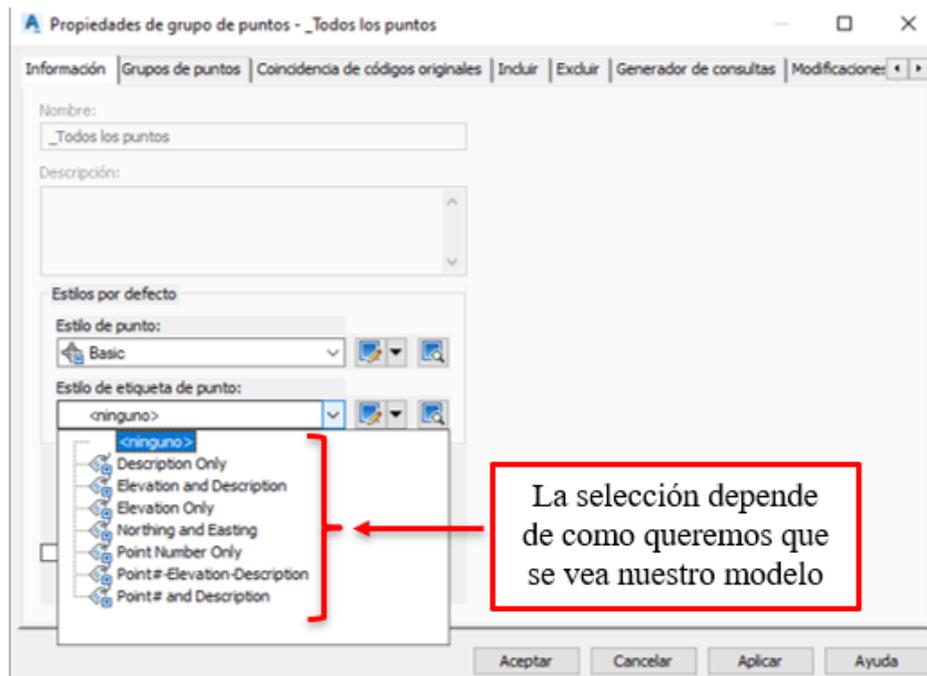


Figura 25. Opciones de visualización de puntos

Grupo de puntos

Una de las opciones que nos ofrece el AutoCAD Civil 3D es la creación de un nuevo grupo de puntos a partir de los puntos importados, en esta opción podemos incluir o excluir de acuerdo con ciertas características como son:

- **Con números que coincidan con:** Permite excluir o incluir puntos del grupo de puntos en función de su número o por selección
- **Con elevaciones que coincidan con:** Permite excluir o incluir puntos del grupo de puntos en función de su elevación.
- **Con códigos originales que coincidan con:** Permite excluir o incluir puntos del grupo de puntos en función de su código original.

- **Con descripción completa que coincidan con:** Permite excluir o incluir puntos del grupo de puntos en función de su descripción completa.

Si queremos dirigirnos a esta opción debemos ir a: Espacio de herramientas → Grupo de puntos → Clic derecho → Nuevo. Se nos mostrará la siguiente ficha y se seleccionará las diferentes opciones de acuerdo con nuestra necesidad.

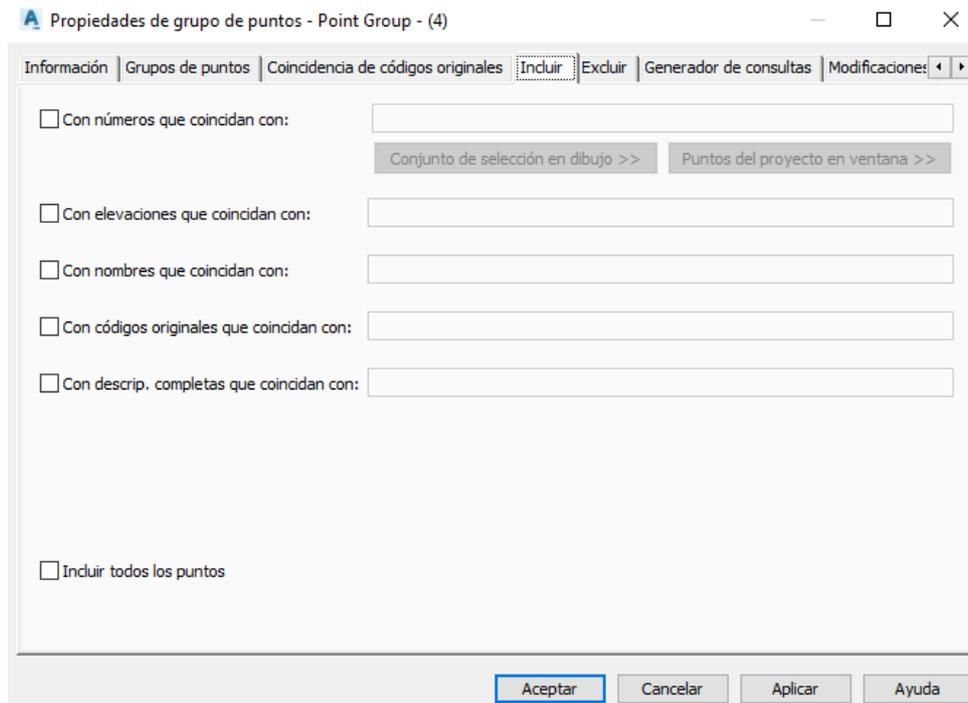


Figura 26. Creación de grupo de puntos (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Superficie

Uno de los elementos más importantes en la creación de un diseño geométrico es la superficie, la cual es creada a partir de los puntos importados que tienen información de la abscisa, ordenada y elevación. Para la creación de superficie nos dirigimos al Espacio de herramientas → Superficies y seleccionamos la opción “Crear superficie” como se muestra en la figura 27.

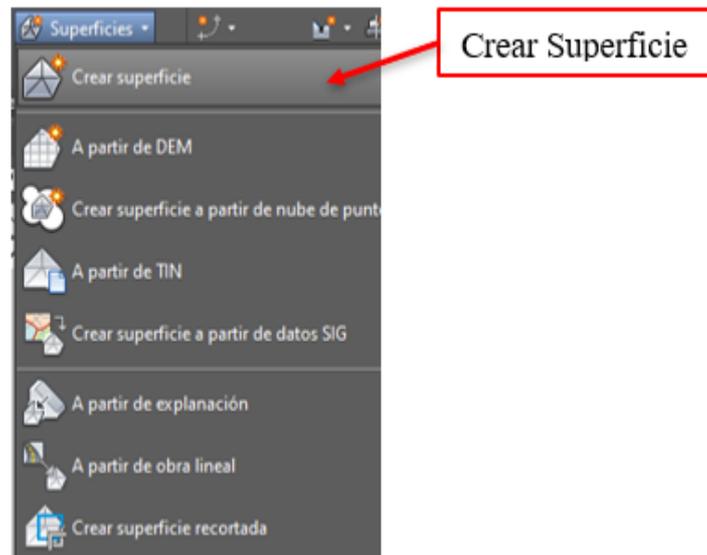


Figura 27. Opciones de visualización de puntos (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

A continuación, se nos abrirá la ficha mostrada en la figura 28 que puede ser editada según nuestra preferencia.

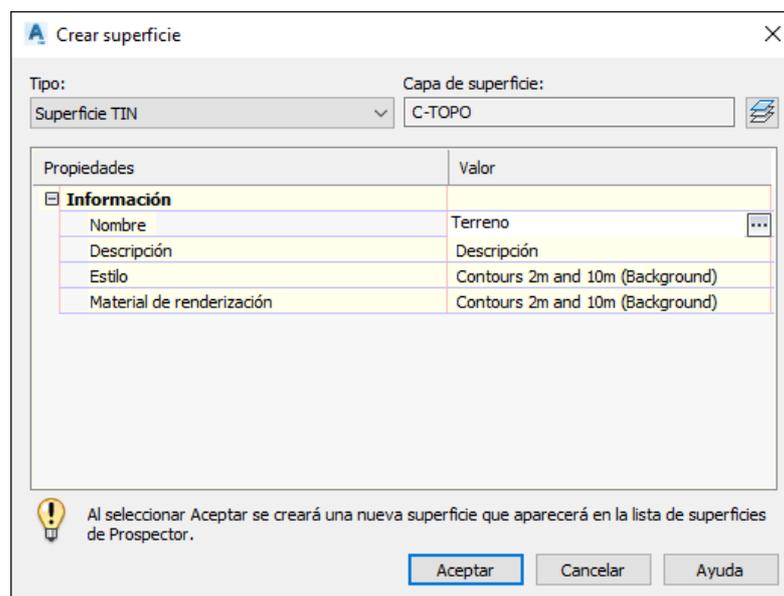


Figura 28. Ficha de creación de superficie (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Para definir la superficie se puede realizar mediante el grupo de puntos creados anteriormente, para eso nos dirigimos al Espacio de herramientas → Superficie → Terreno →

Definición. En la opción Grupo de puntos seleccionamos “Añadir” (Figura 29). Esto nos dirigirá a una venta que nos permitirá añadir el grupo de puntos existente (Figura 30).

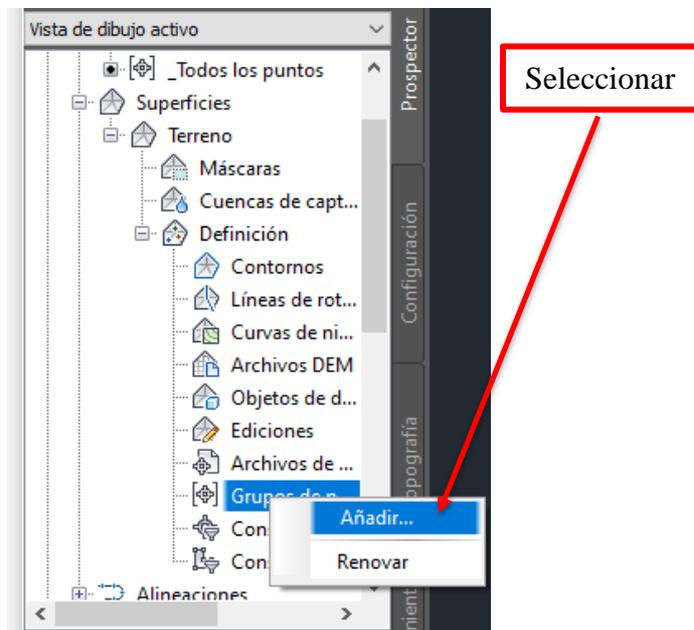


Figura 29. Grupo de puntos para la creación de la superficie (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

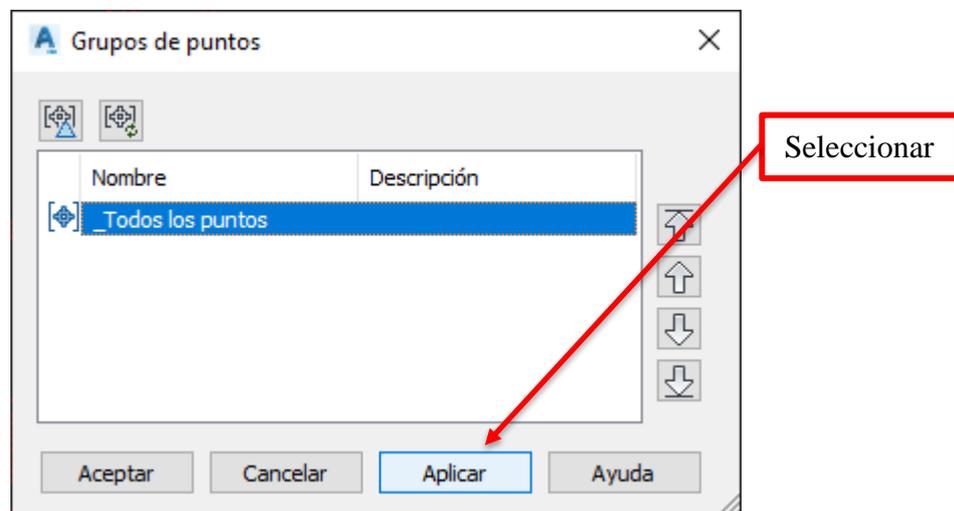


Figura 30. Añadir grupo de puntos para la creación de la superficie (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Finalmente, tenemos creado nuestra superficie (Figura 31) a partir del grupo de puntos importados. Sin embargo, como se observa en la figura las curvas de nivel han sido interpoladas

más allá del rango de la geometría del camino, por lo tanto, será necesario realizar algunos ajustes.

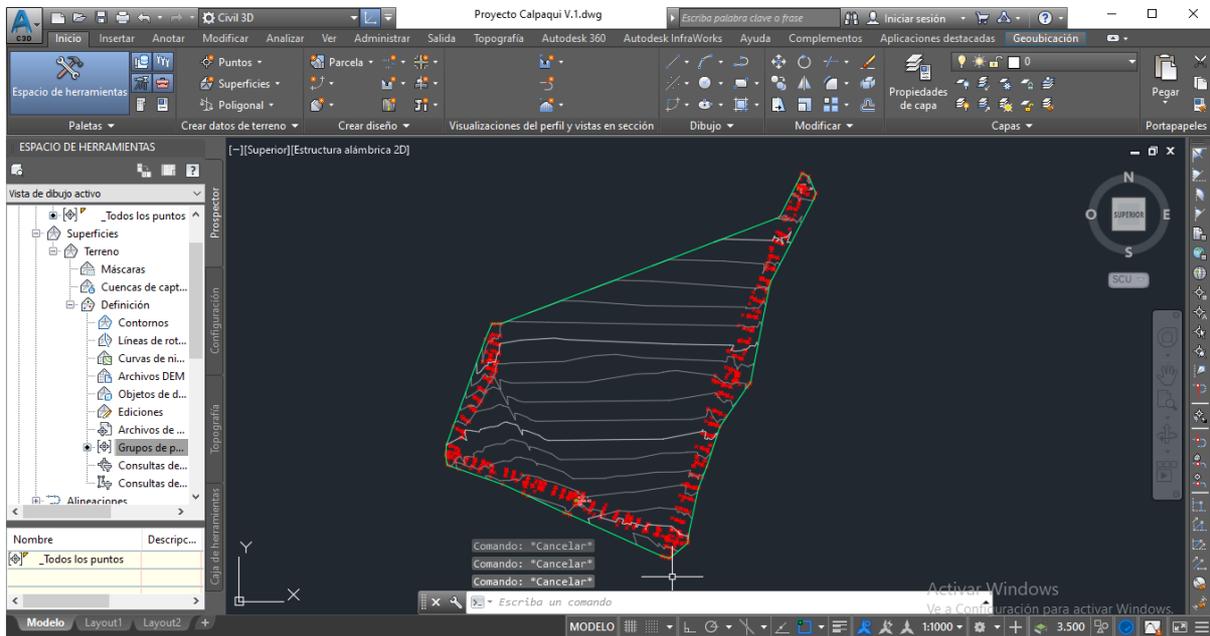


Figura 31. Superficie del terreno (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Editar Superficie

Para realizar un ajuste en la distancia a la que se muestran las curvas de nivel de la superficie en el intervalo secundario y en el intervalo principal nos dirigimos a: Espacio de herramientas → Superficie → Superficie creada (Terreno) → Clic derecho y seleccionamos la opción mostrada en la figura 32.

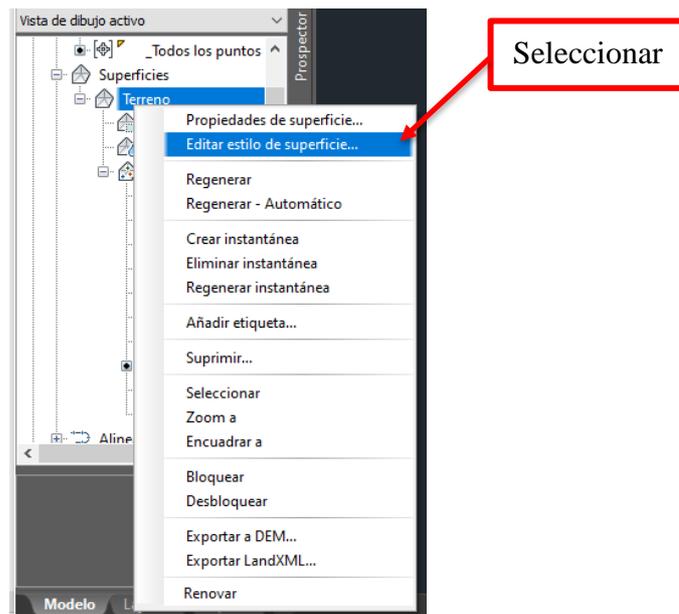


Figura 32. Editar estilo de superficie (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Esto, abre una ventana donde podemos corregir el espaciado en los intervalos de las curvas de nivel. (Figura 33 y Figura 34):

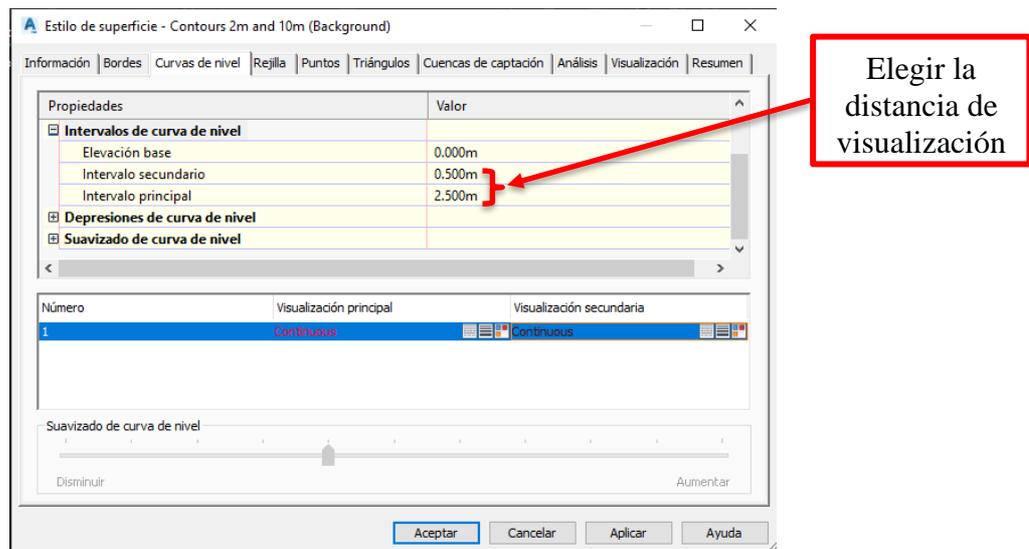


Figura 33. Intervalos de curva de nivel (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

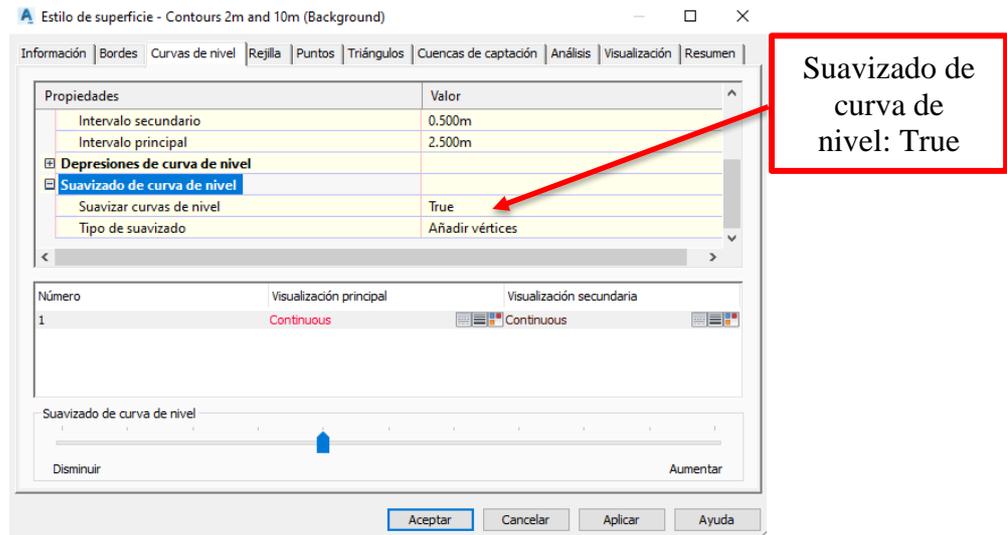


Figura 34. Suavizado de curva de nivel (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Como se mencionó anteriormente, debido a que las curvas de nivel se encuentran interpoladas más allá del rango necesario, se eliminan las líneas de nivel innecesarias, para eso nos dirigimos a: Espacio de herramientas → Superficies → Superficie creada (Terreno) → Clic derecho y observaremos la siguiente ventana (figura 35):

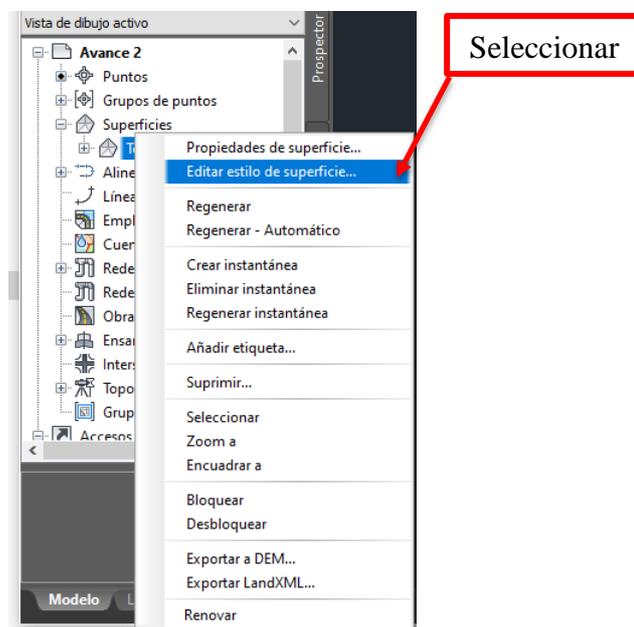


Figura 35. Editar estilo de superficie (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Una vez abierto la ficha de edición de superficie, nos dirigimos a la sección *Visualización* que nos mostrará las diferentes capas de líneas que han sido creadas en nuestro modelo (Figura 35).

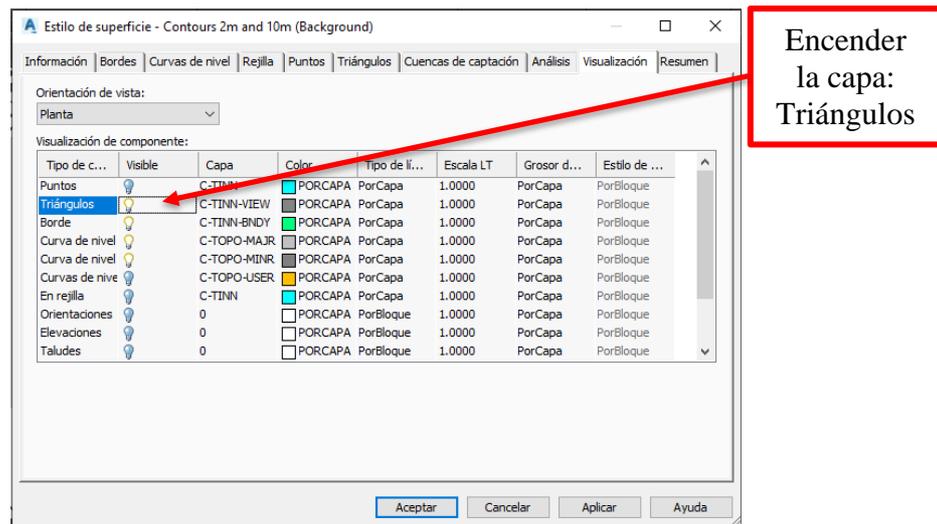


Figura 36. Capas creadas para la superficie - Triángulos (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

De esta manera tenemos la siguiente visualización de las curvas de nivel (Figura 36):

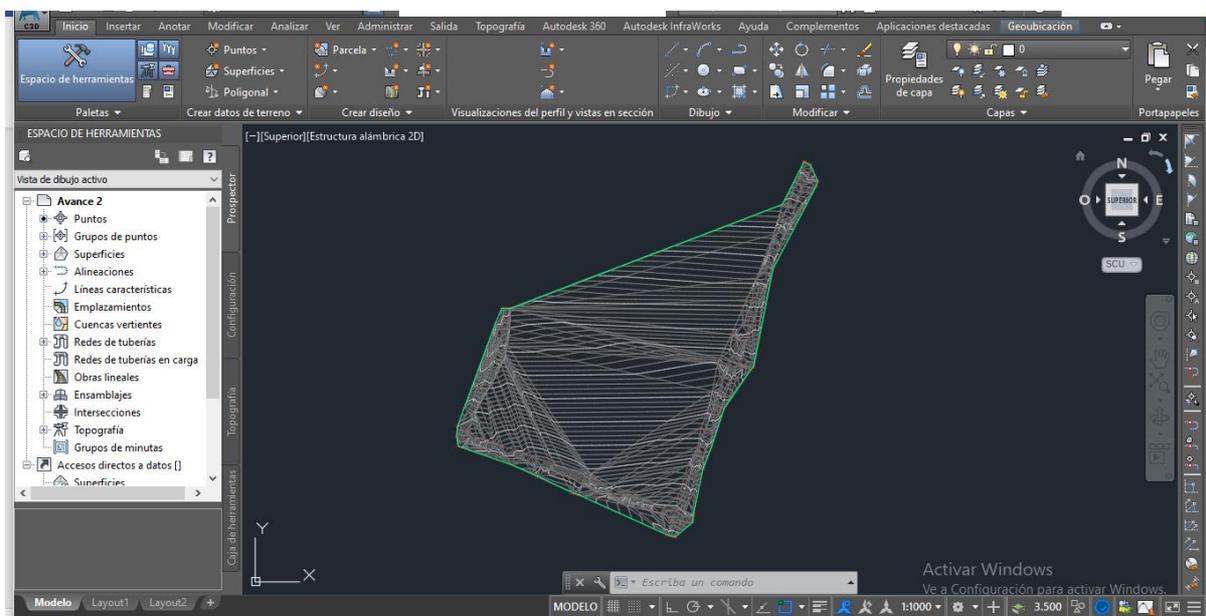


Figura 37. Superficie del terreno editado (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Para editar la superficie tenemos las siguientes opciones:

- **Añadir línea:** Añade una nueva línea a la superficie y actualiza la triangulación de la superficie.
- **Suprimir líneas:** Elimina líneas de la superficie.
- **Intercambiar aristas:** Cambia la orientación de la triangulación.

- **Añadir puntos:** Añade nuevos puntos a la superficie y actualiza la triangulación existente.
- **Suprimir puntos:** Elimina puntos en la superficie.
- **Modificación de puntos:** Cambia la elevación de puntos individuales en la superficie.
- **Desplazar puntos:** Cambia la ubicación de un punto en la superficie.
- **Minimizar áreas mínimas:** Añade puntos altos y bajos para eliminar la triangulación plana.
- **Elevar/bajar superficie:** Cambia la elevación de la superficie.
- **Suaviza superficie:** Suaviza aristas de superficie mediante interpolación y extrapolación.
- **Pegar superficie:** Pega una superficie sobre otra para crear una superficie compuesta.
- **Simplificar superficie:** Reduce el número de puntos o triángulos en la superficie.

La edición de superficie se realiza según sea la necesidad del diseñador, por medio del uso de las opciones mostradas anteriormente se presenta el siguiente modelo (figura 38).

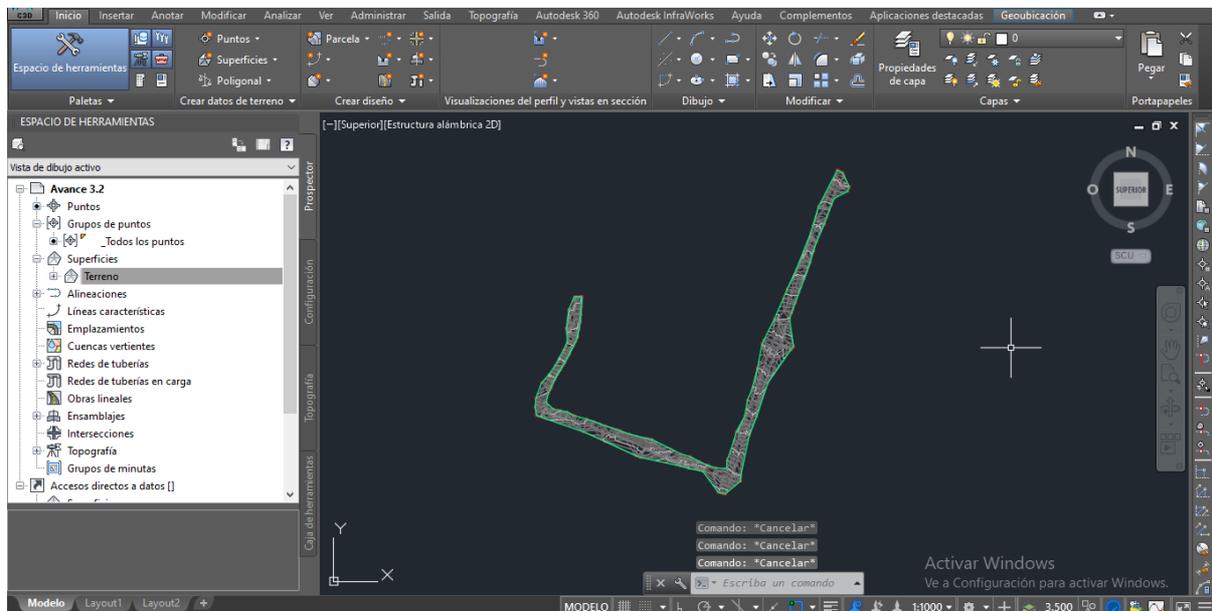


Figura 38. Visualización de la superficie (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Alineamiento

El alineamiento es un elemento importante de una vía cuando se realiza un diseño geométrico, ya que, corresponde el eje central por el cual los vehículos circularán. El AutoCAD CIVIL 3D permite el alineamiento a partir de diferentes opciones, como son:

- **Crear alineación a partir de objetos:** Crea una alineación a partir de líneas, curvas o polilíneas.
- **Crear alineación a partir de obra lineal:** Crea una alineación a partir de una línea - característica de una obra lineal.
- **Crear alineación a partir de piezas de red:** Crea alineación a partir de piezas de red conectadas.
- **Crear alineación a partir de red de tuberías de carga:** Crea alineación a partir de una red de tuberías.
- **Crear alineación a partir de alineación existente:** Crea alineación a partir de una alineación existente o parte de ella.

Además, es importante conocer los tipos de alineamientos que se permite usar como son:

- **Eje:** Se utiliza para ejes de carreteras.
- **Rail:** Se utiliza para ejes de ferrocarriles.
- **Varios:** Utilizado para diferentes usos como por ejemplo un conducto de utilidad.

Crear alineamiento a partir de polilínea

Este tipo de alineamiento se utiliza por lo general para controlar la creación de curvas a partir de las herramientas de creación de alineamiento. Una vez creada la polilínea seleccionamos la opción mostrada en la figura 39.

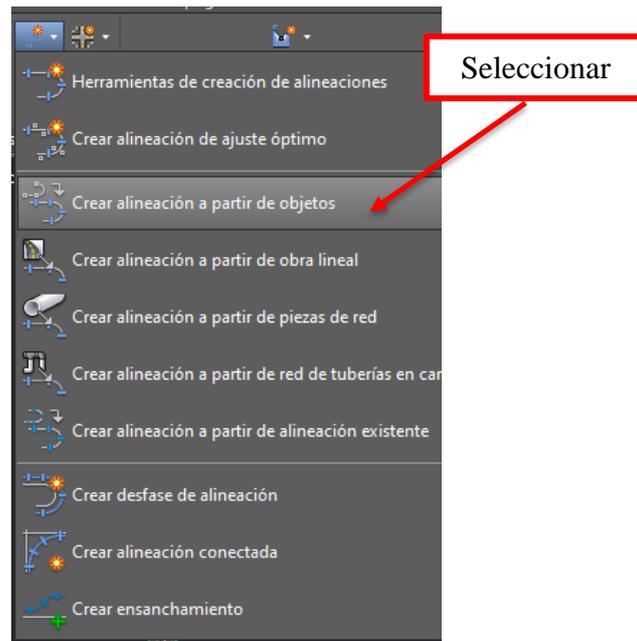


Figura 39. Crear alineación a partir de objetos (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

La dirección de la alineación permite identificar la orientación del eje vial (Figura 43).

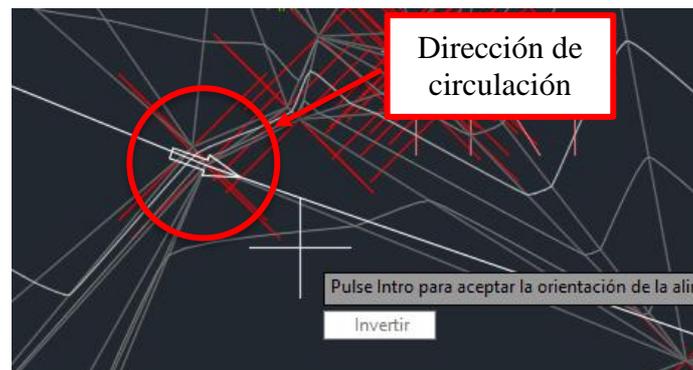


Figura 40. Dirección del camino (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Luego, tendremos la ficha mostrada en la figura 41, que será editada según el criterio del diseñador.

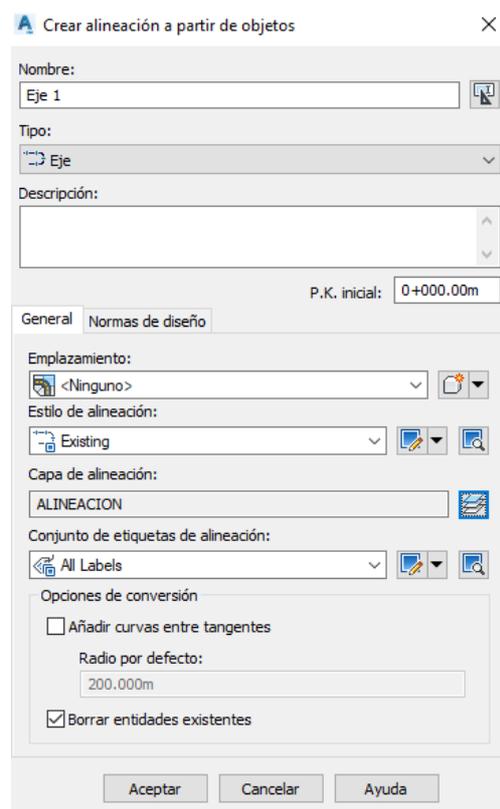


Figura 41. Ficha de creación de alineamiento a partir de objetos - Parámetros (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Propiedades de alineamiento

En esta sección podemos encontrar los parámetros usados en la creación del alineamiento como son:

- **Información:** Se utiliza para cambiar el nombre de la alineación, la descripción y seleccionar el estilo de alineación.
- **Control de P.K.:** Se utiliza para establecer el punto de referencia de P.K. y asignar cambios de numeración de P.K. a lo largo de la alineación.
- **Máscara de texto:** Se utiliza para suprimir la visualización de una alineación y de sus etiquetas para un rango de P.K.

- **Vértice:** Se utiliza para especificar la visualización de vértices implícitos, donde el vértice no está definido por dos Tangentes fijas.
- **Edición de restricciones:** Se utiliza para determinar el comportamiento de restricción de y restricción paramétrica mientras se edita la alineación.
- **Normas de diseño:** Permite establecer las normas de diseño, incluidas las velocidades a lo largo de la alineación.

Para dirigirnos a esta sección, hacemos clic en la alineación creada y se mostrada la siguiente barra de herramientas (Figura 42)

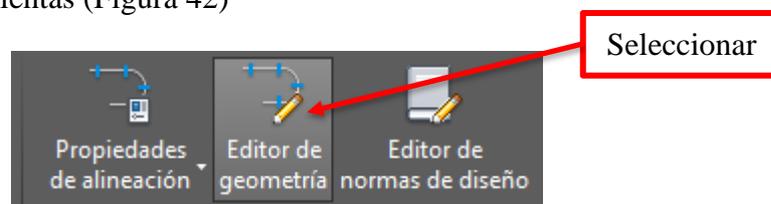


Figura 42. Editor de geometría (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Menú de geometría

El menú de geometría permite dibujar líneas Tangente-Tangente sencillas, crear geometría de alineación basada en restricciones y editar una alineación (Figura 43).

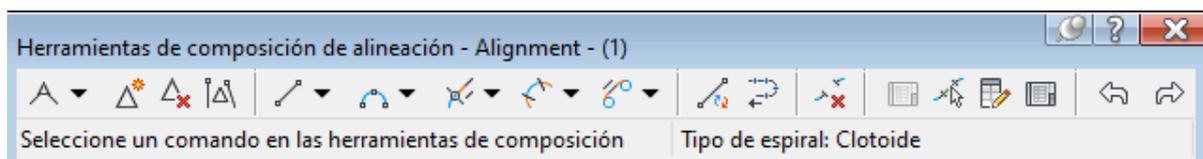


Figura 43. Menú de geometría (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Perfil de la superficie a partir de un alineamiento

Para crear un perfil a partir de una alineación nos ubicamos en la sección: Inicio → Perfil → Crear perfil de superficie.

En la ventana mostrada en la figura 44, agregamos la superficie creada.

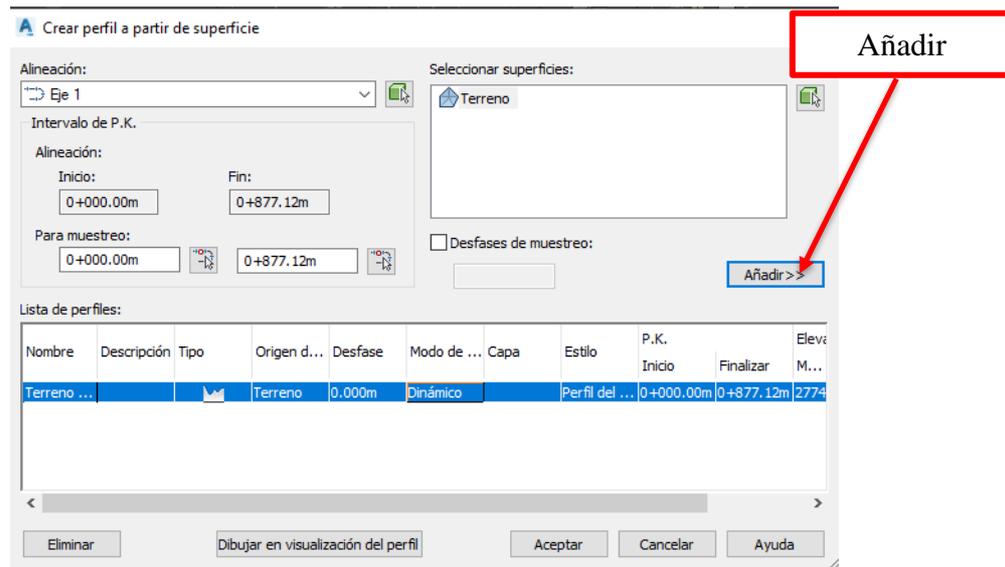


Figura 44. Añadir superficie - Terreno (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Para ver el perfil creado debemos dirigirnos a: Inicio → Visualización de perfil y seleccionar la opción que indica la figura 45.

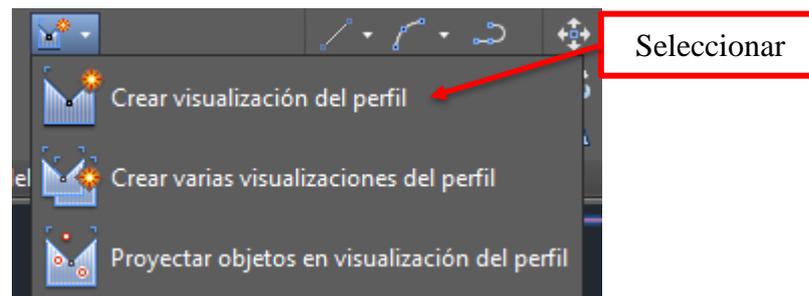


Figura 45. Crear visualización del perfil (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Finalmente, tendremos la visualización del perfil de nuestro alineamiento como el mostrado en la figura 46.

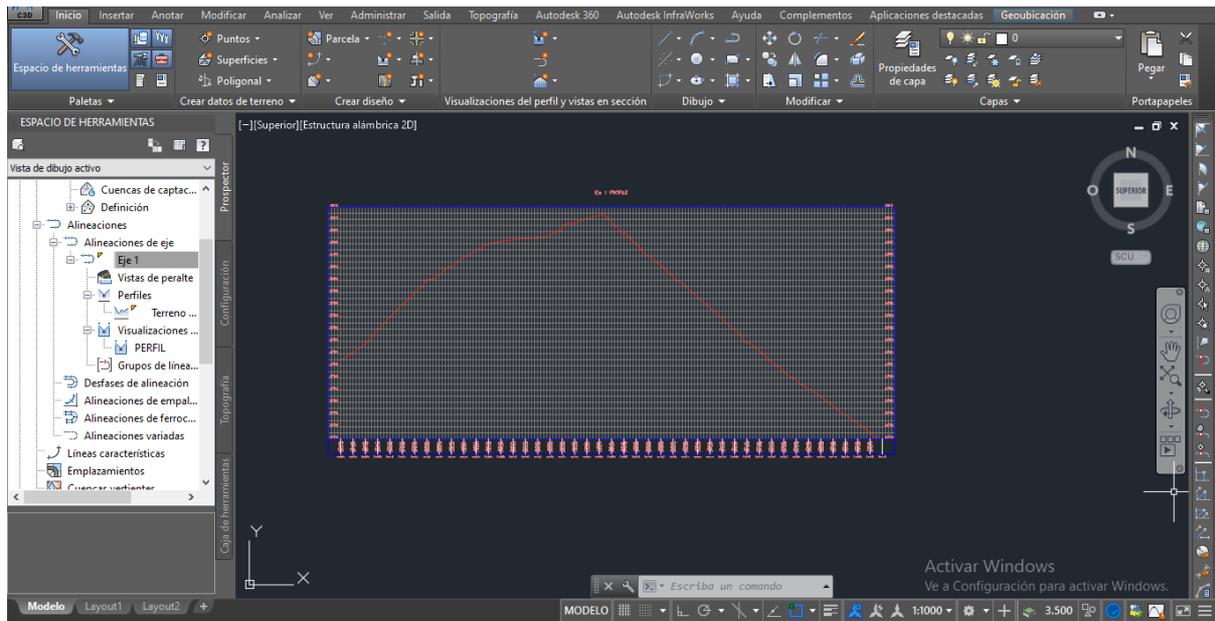


Figura 46. Visualización de perfil (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Herramientas de creación de perfil

Para dirigirnos a las herramientas de creación de perfiles nos ubicamos en la sección: Inicio → Perfil y seleccionamos la opción mostrada en la figura 47.

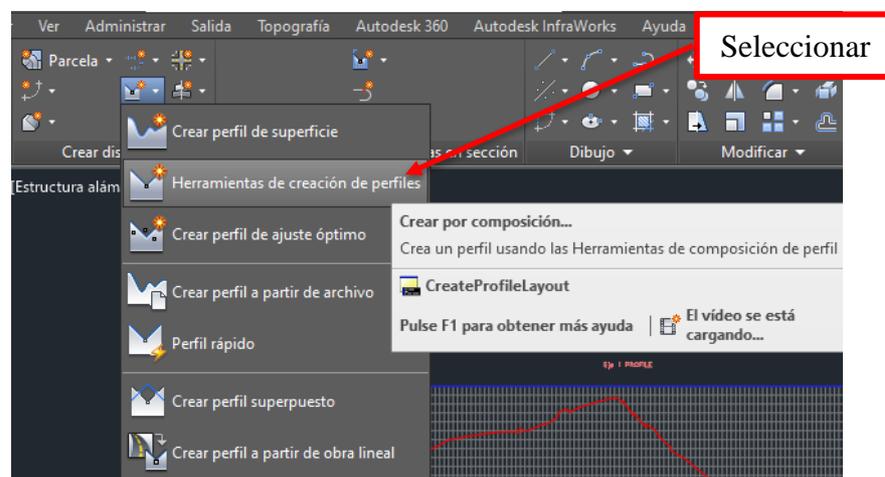


Figura 47. Herramienta de creación de perfil (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Se nos abrirá una ventana como la mostrada en la figura 48 los cuales tienen los siguientes parámetros:

- **Alineación:** Indica la alineación a lo largo de la cual se creará el perfil.
- **Nombre:** Especifica el nombre del perfil.

- **Descripción:** Podemos especificar una descripción opcional del perfil
- **Estilo de perfil:** Muestra el estilo de perfil en el dibujo creado
- **Capa de perfil:** Muestra la capa en la que se crea el objeto de perfil.

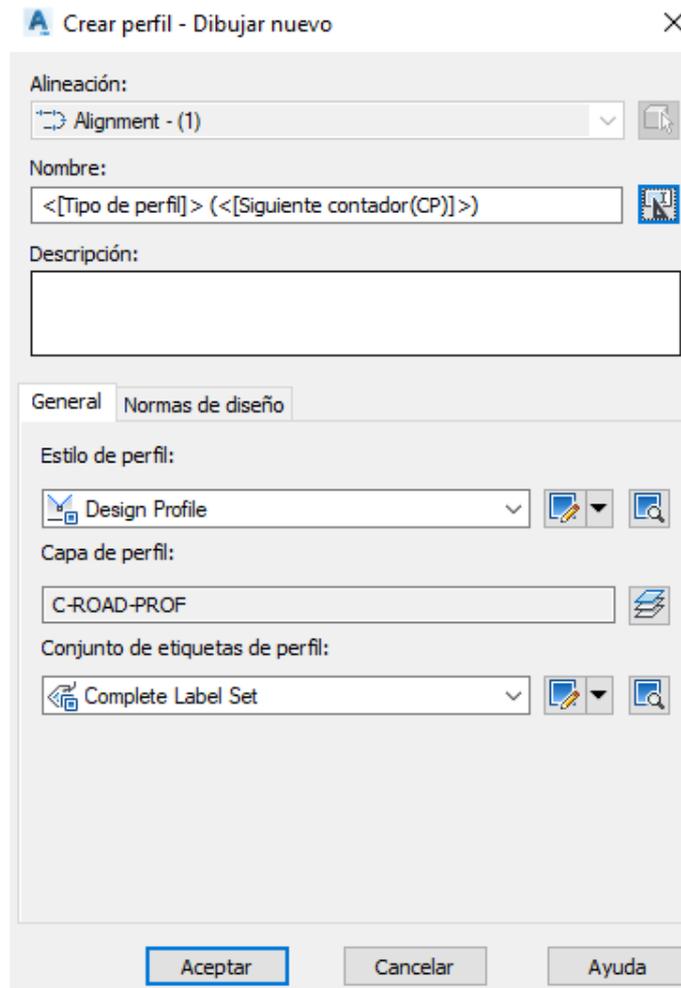


Figura 48. Herramienta de creación de perfil - Parámetros (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Menú de geometría

El siguiente menú nos permite dibujar y editar perfiles, así como analizar Tangentes y acuerdos verticales.

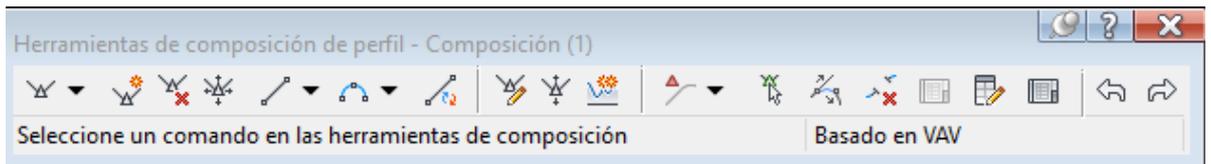


Ilustración 49. Menú de geometría (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Ensamble

Para la creación del ensamble nos ubicamos en: Inicio → Ensamble y seleccionamos la opción descrita en la figura 55.



Figura 50. Crear ensamble (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Se abrirá una ficha con los siguientes parámetros a editar según los criterios del diseñador (Figura 56):

- **Nombre:** Permite especificar el nombre del ensablaje
- **Descripción:** Permite especificar una descripción opcional del ensablaje.
- **Tipo de ensablaje:** Existen diferentes clases de carreteras admitidas por el ensablaje como son:
 - Carretera de calzada única con bombeo
 - Carretera de calzada única con pendiente transversal hacia un lado
 - Carretera de calzadas separadas con bombeo
 - Carreteras de calzadas separadas con pendiente transversal hacia un lado
 - Ferrocarril
 - Otro
- **Estilo de ensablaje:** Coloca el estilo de ensablaje.

- **Capa de ensamblaje:** Permite especificar el nombre de la capa en la que se creara el objeto de ensamblaje.

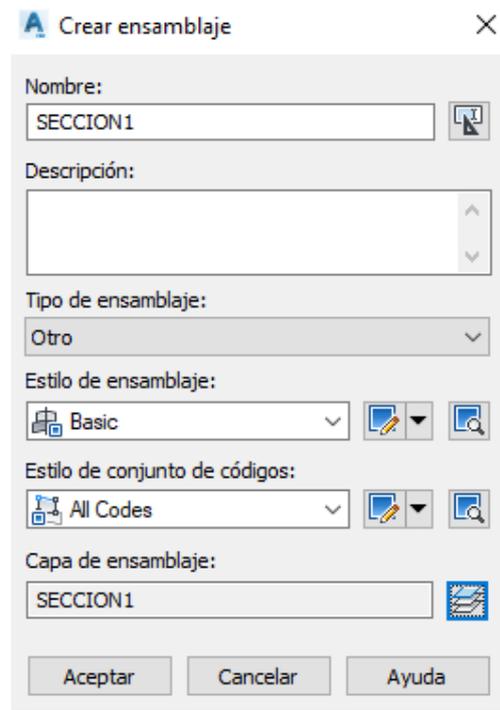


Figura 51. Crear ensamblaje - Parámetros (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Editar ensamble

Nos dirigimos a la paleta de herramientas mostrado en la figura 57 y seleccionamos las opciones que más se acomoden a nuestro modelo de acuerdo con la sección típica a realizarse.

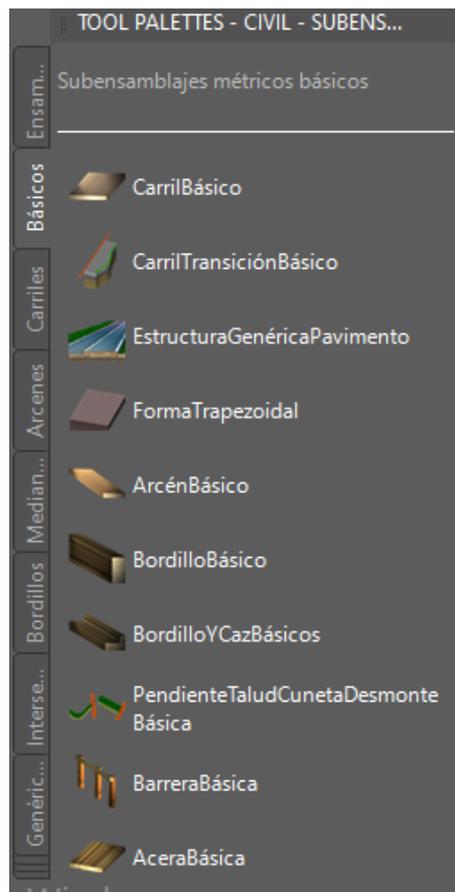


Figura 52. Carril Básico (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Carril básico

El carril debe ser editado de acuerdo con la geometría del camino como lo muestra la ventana de la figura 58.

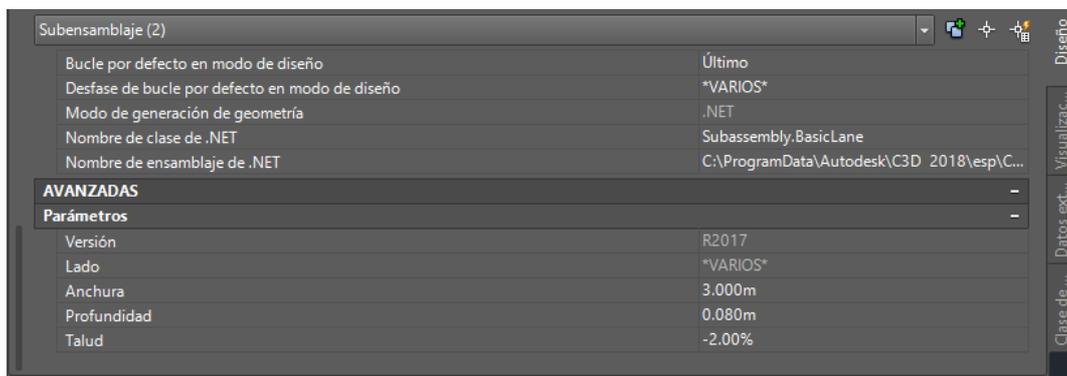


Figura 53. Carril Básico - Dimensiones (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Bordillo

El bordillo seleccionado debe ser editado de acuerdo con las especificaciones técnicas de este elemento en la ventana mostrada en la figura 54.

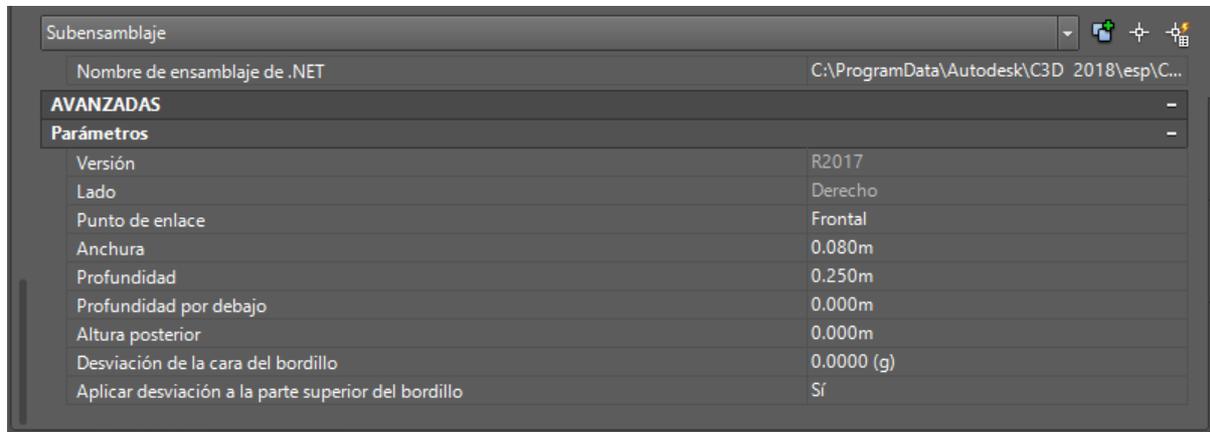


Figura 54. Bordillo Básico - Dimensiones (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Corredor

El corredor es un elemento tridimensional donde se puede ver la geometría horizontal y vertical creada a partir del alineamiento vertical y horizontal.

Para la creación del corredor nos dirigimos a: Inicio → Obra lineal.

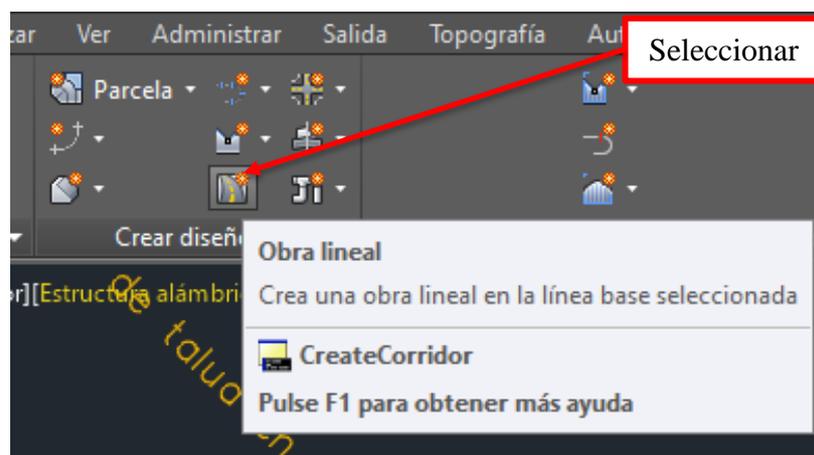


Figura 55. Obra lineal (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Será necesario modificar los parámetros mostrados en la figura 58.

- **Nombre:** Permite especificar el nombre de la obra lineal.

- **Estilo de obra lineal:** Muestra el estilo que se utiliza para mostrar los componentes de obra lineal, como contornos de región y P.K. de inserción de ensamblaje.
- **Capa de obra lineal:** Permite mostrar la capa en la que se creará la obra lineal.
- **Tipo de línea base:** Especifica si la línea base se compondrá de una alineación y un perfil o de una línea característica.
- **Ensamblaje:** Especifica el ensamblaje por defecto.
- **Superficie de objeto:** Especifica el valor por defecto de la superficie de objetivo para los subensamblajes en el ensamblaje seleccionado.

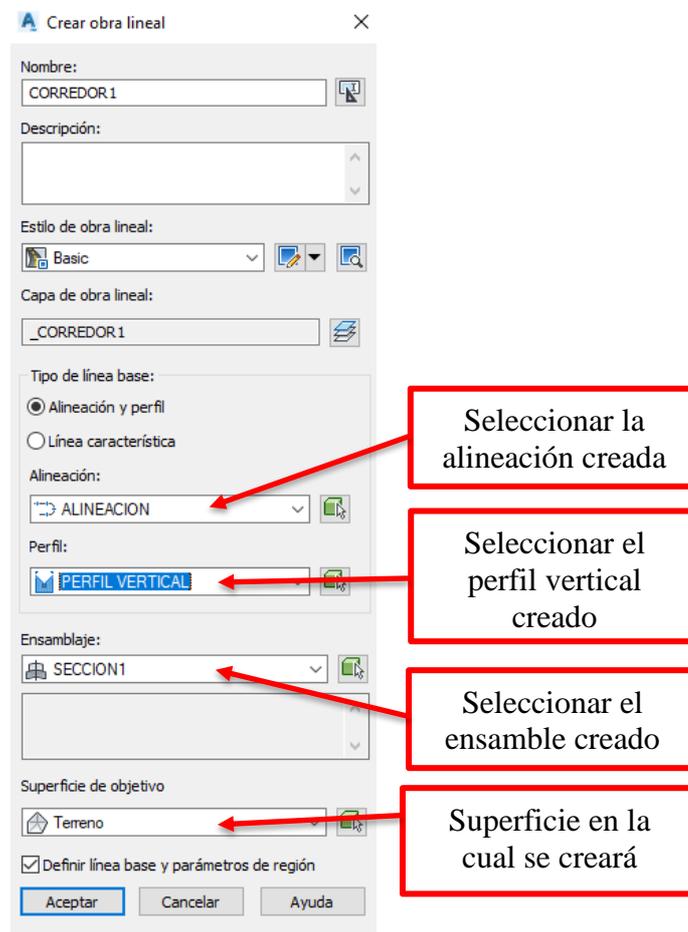


Figura 56. Corredor - Parámetros (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Posteriormente, se creará el corredor diseñado (Figura 59).

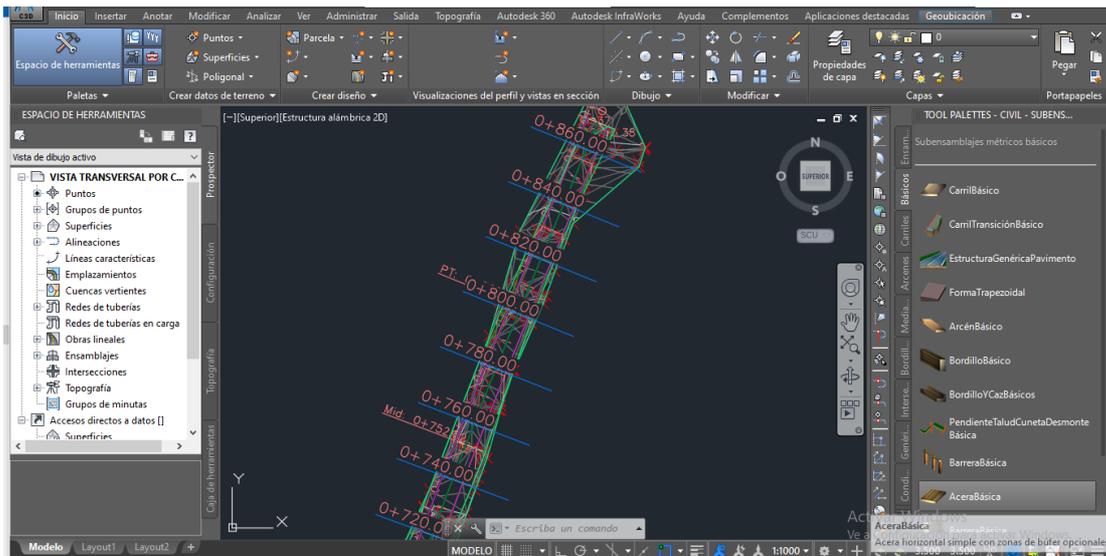


Figura 57. Creación del corredor (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Peralte

Para la creación del peralte del camino debemos hacer clic en el corredor creado para que se nos muestre una barra de herramientas como la mostrada en la figura 62.



Figura 58. Peralte (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Nos dirigimos a: Peralte → Calcular/Editar Peralte y se nos abrirá la siguiente ventana (Figura 63). Luego, se abrirá una ficha igual a la mostrada en la figura 64 y seleccionaremos la opción mostrada.

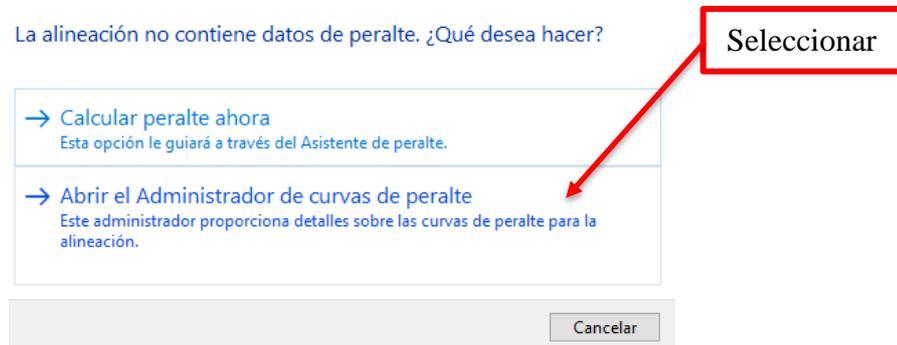


Figura 59. Peralte - Administrador de curvas de peralte (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

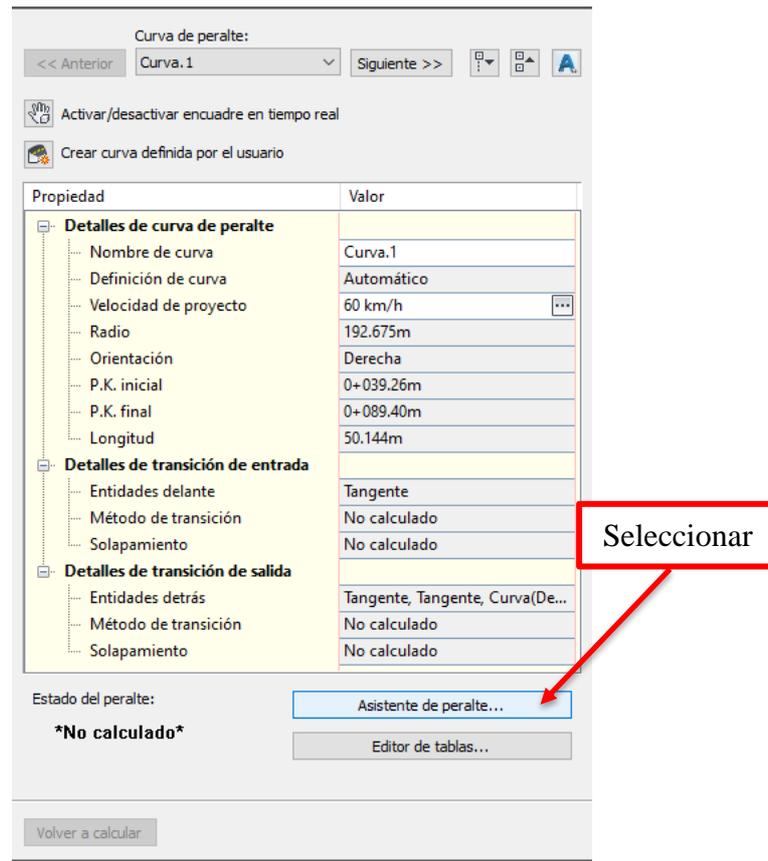


Figura 60. Peralte - Asistente de peralte (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Luego, en la ficha mostrada en la figura 65 seleccionaremos las siguientes opciones, para que el peralte se construya en toda la alineación.

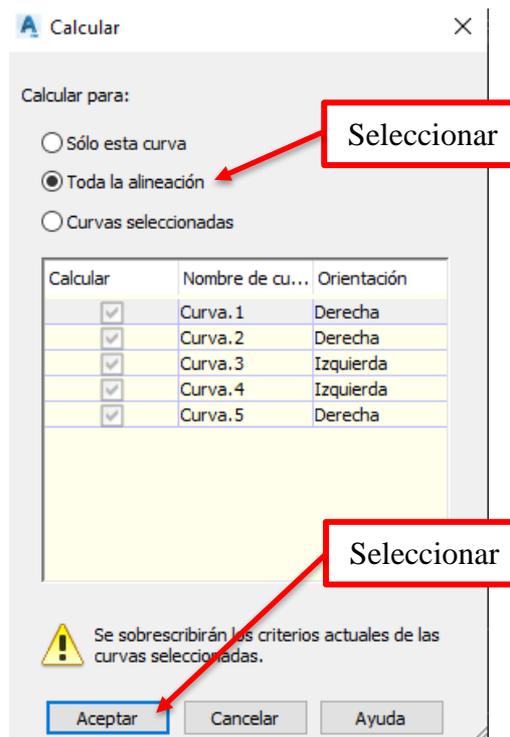


Figura 61. Peralte - Parámetros (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Posteriormente, en la siguiente ventana (Figura 66) seleccionaremos la opción que más se acomode a nuestro modelo como son:

- Calzada única con bombeo
- Calzada única con pendiente transversal hacia un lado
- Calzadas separadas con bombeo y con mediana
- Calzadas separadas con pendiente transversal hacia un lado y con mediana

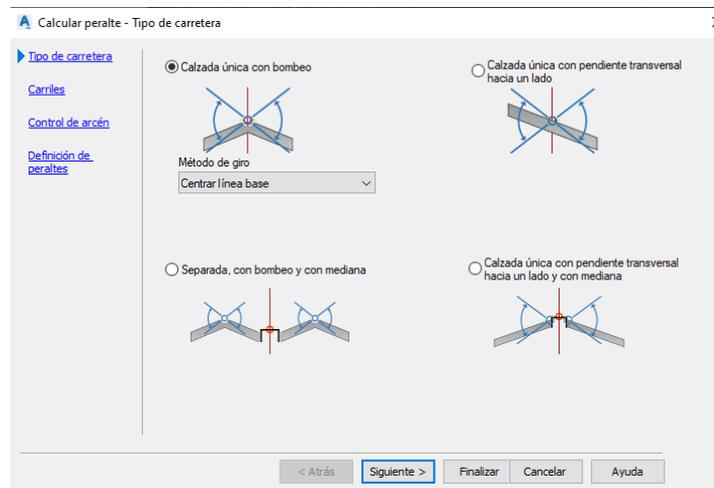


Figura 62. Peralte - Tipo de carretera (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Lo siguiente es definir algunos parámetros de diseño como se muestra en la figura 67.

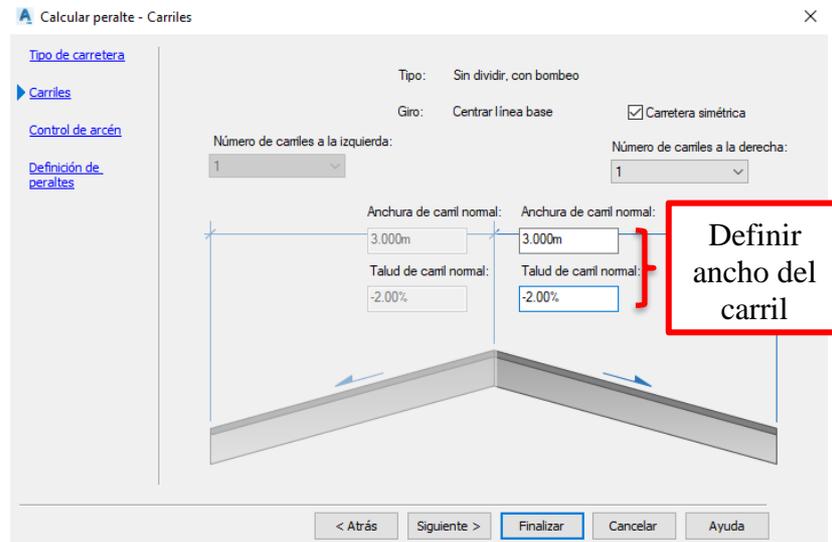


Figura 63. Peralte - Calcular peralte (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Sección Transversal

Para visualizar la sección transversal es necesario primero realizar el cálculo de materiales, es decir las áreas de corte y relleno. Para realizar este proceso nos dirigimos a: Analizar → Calcular materiales y seleccionaos la opción mostrada en la figura 68.



Figura 64. Calcular materiales (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Definimos la alineación creada y seleccionamos el grupo de líneas de muestreo como lo indica la figura 69.

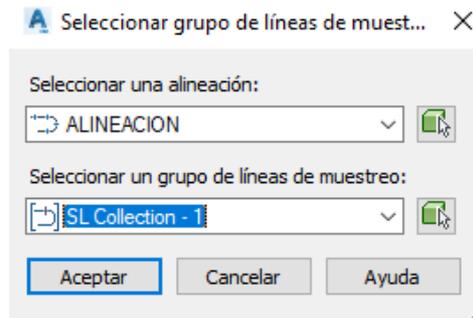


Figura 65. Calcular materiales - Seleccionar grupo de líneas de muestra (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Para que nuestra área de corte y relleno sea visible será necesario especificar los siguientes parámetros en la ventana mostrada en la figura 70.

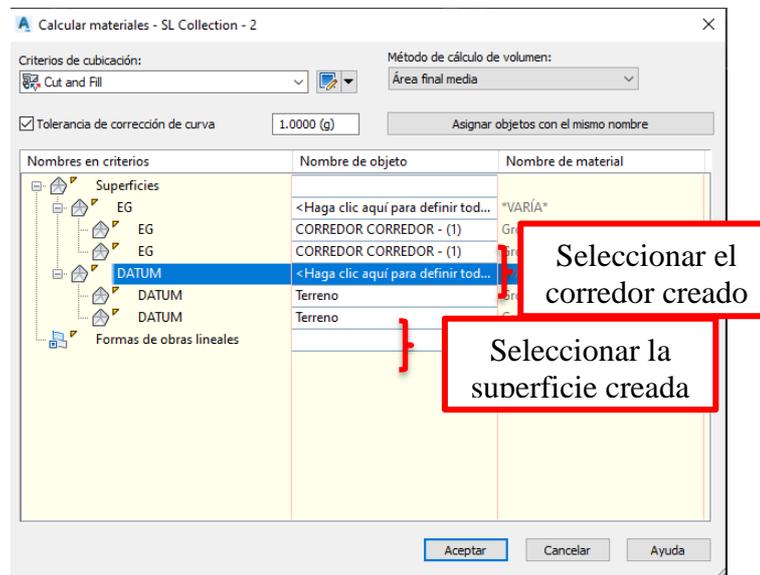


Figura 66. Calcular materiales - Parámetros (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Por último, nos dirigimos a: Inicio → Vistas en sección y seleccionamos la opción mostrada en la figura 71.

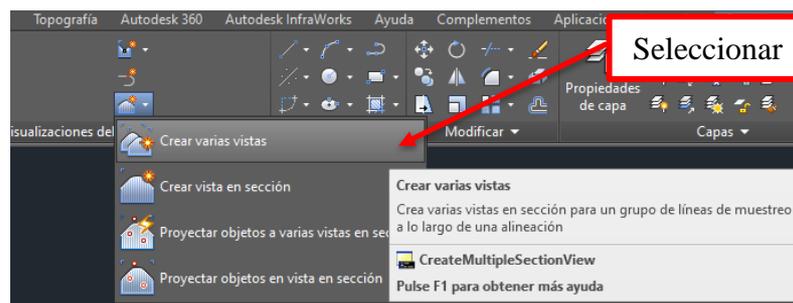


Figura 67. Crear varias vistas (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Se nos abrirá la siguiente ventana donde se realizará los siguientes pasos (Figura 72 – Figura 77):

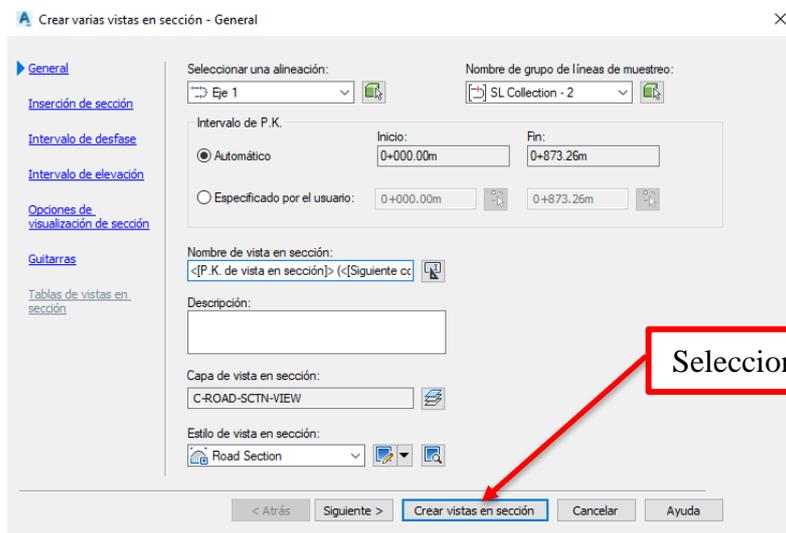


Figura 68. Crear varias vistas - General (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

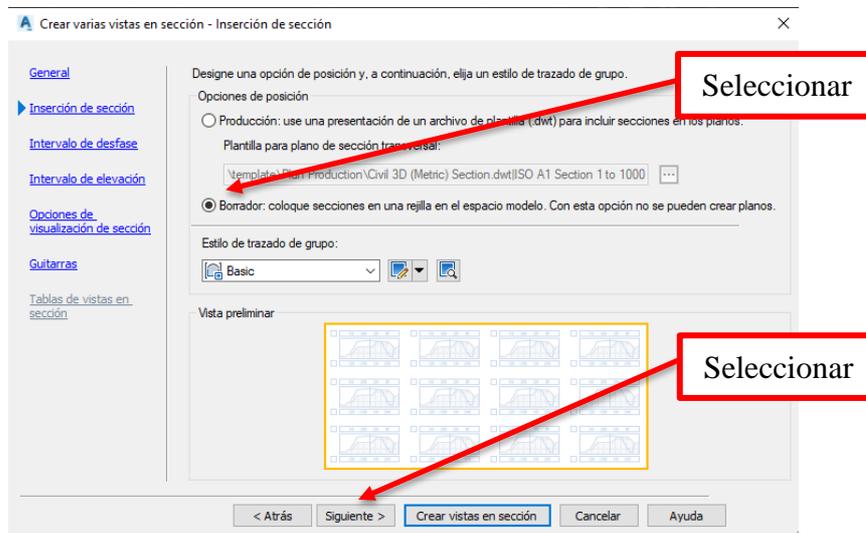


Figura 69. Crear varias vistas – Intersección de sección (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

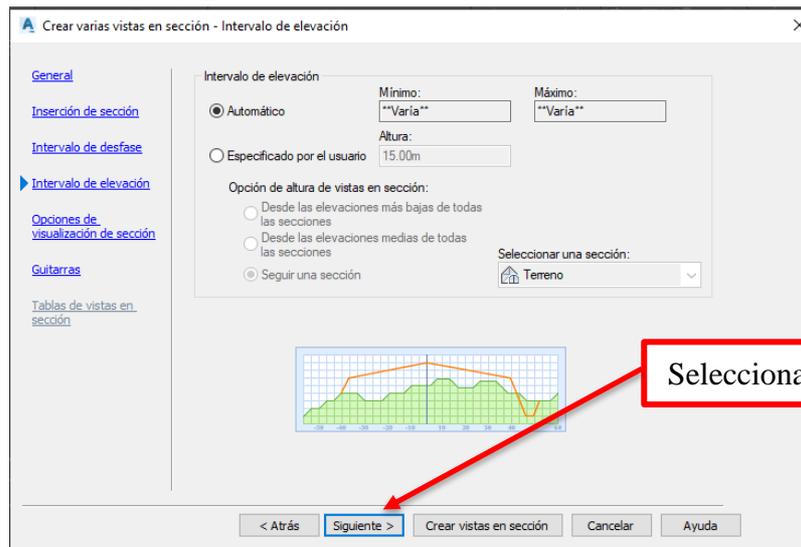


Figura 70. Crear varias vistas – Intervalo de elevación (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

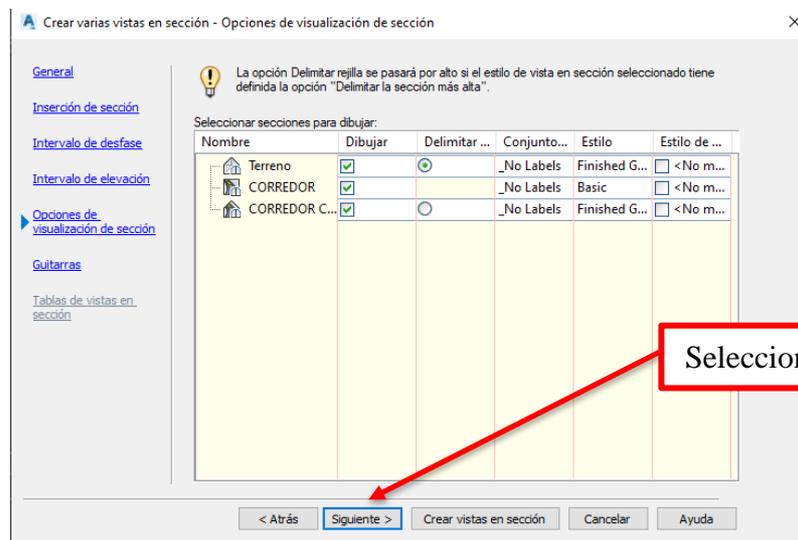


Figura 71. Crear varias vistas – Opciones de visualización de sección (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

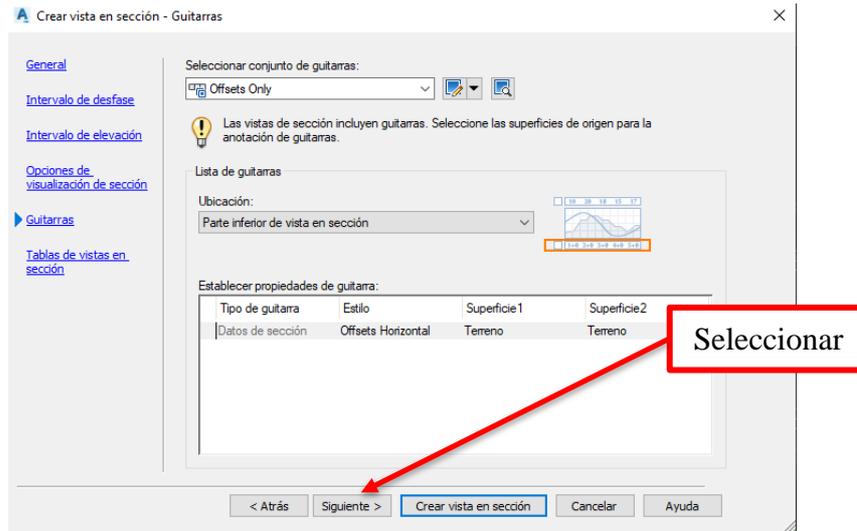


Figura 72. Crear varias vistas - Guitarras (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

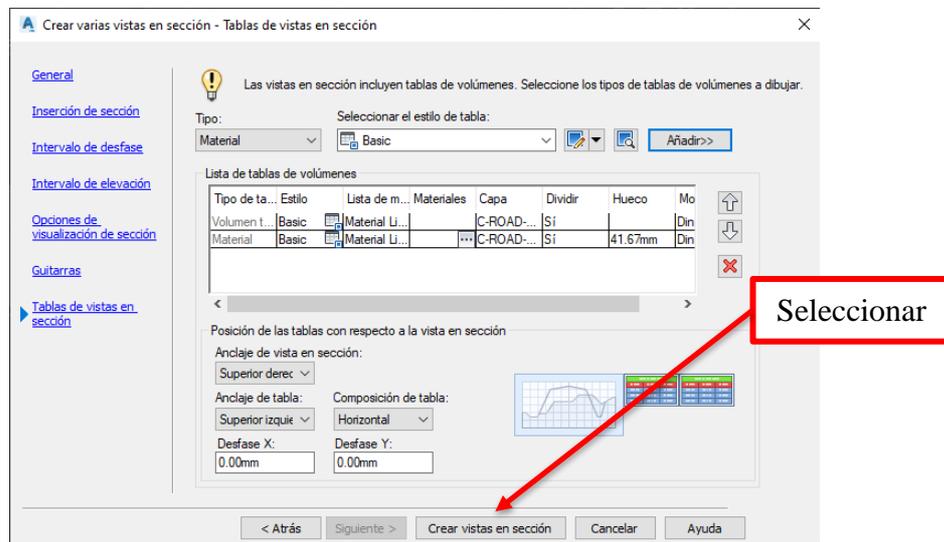


Figura 73. Crear varias vistas – Tabla de vistas en sección (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Tendremos la visualización de la sección transversal como lo indica la figura 78.

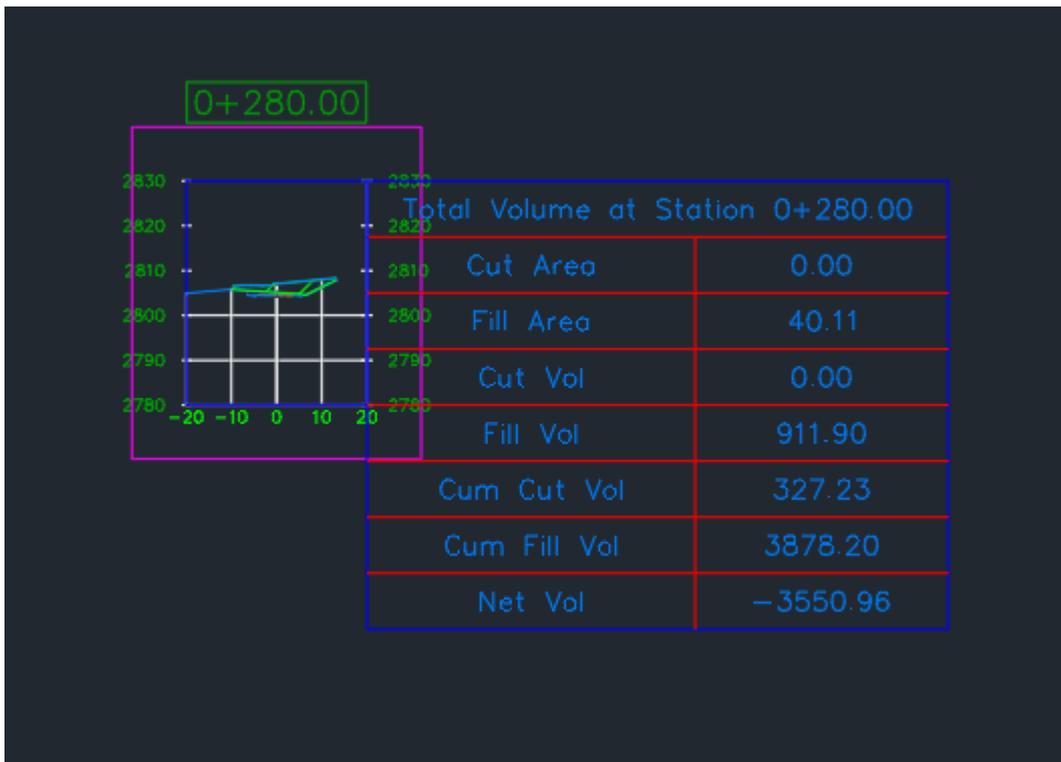


Figura 74. Visualización de la sección transversal (Fuente AutoCAD Civil 3D, 2018)

Resultados diseño geométrico

Alineamiento Vertical

Alineación vertical: RASANTE

Descripción:

Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.00, fin: 86+633.00

Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	0+065.19	Elevación:	2,792.916m
P.K. de VAV:	0+140.19	Elevación:	2,799.723m
P.K. de PTV:	0+215.19	Elevación:	2,804.431m
Punto alto:	0+215.19	Elevación:	2,804.431m
Inclinación de rasante T.E.:	9.08%	Inclinación de rasante T.S.:	6.28%
Cambiar:	2.80%	K:	53.611m
Longitud de curva:	150.000m	Radio de curva	5,361.065m
Distancia de adelantamiento:	627.677m	Distancia de parada:	312.522m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	0+239.49	Elevación:	2,805.957m
P.K. de VAV:	0+240.18	Elevación:	2,806.000m
P.K. de PTV:	0+240.87	Elevación:	2,806.008m
Punto alto:	0+240.87	Elevación:	2,806.008m
Inclinación de rasante T.E.:	6.28%	Inclinación de rasante T.S.:	1.19%

Cambiar:	5.08%	K:	0.271m
Longitud de curva:	1.380m	Radio de curva	27.149m
Distancia de adelantamiento:	304.923m	Distancia de parada:	131.439m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	0+261.80	Elevación:	2,806.258m
P.K. de VAV:	0+332.01	Elevación:	2,807.097m
P.K. de PTV:	0+402.22	Elevación:	2,810.074m
Punto bajo:	0+261.80	Elevación:	2,806.258m
Inclinación de rasante T.E.:	1.19%	Inclinación de rasante T.S.:	4.24%
Cambiar:	3.04%	K:	46.123m
Longitud de curva:	140.422m	Radio de curva	4,612.320m
Distancia de iluminación:	318.521m		
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	0+402.41	Elevación:	2,810.081m
P.K. de VAV:	0+405.92	Elevación:	2,810.230m
P.K. de PTV:	0+409.43	Elevación:	2,810.266m
Punto alto:	0+409.43	Elevación:	2,810.266m
Inclinación de rasante T.E.:	4.24%	Inclinación de rasante T.S.:	1.03%
Cambiar:	3.21%	K:	2.187m

Longitud de curva:	7.021m	Radio de curva	218.699m
Distancia de adelantamiento:	485.184m	Distancia de parada:	210.518m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	0+410.51	Elevación:	2,810.277m
P.K. de VAV:	0+431.10	Elevación:	2,810.489m
P.K. de PTV:	0+451.68	Elevación:	2,808.653m
Punto alto:	0+414.77	Elevación:	2,810.299m
Inclinación de rasante T.E.:	1.03%	Inclinación de rasante T.S.:	-8.92%
Cambiar:	9.95%	K:	4.138m
Longitud de curva:	41.166m	Radio de curva	413.762m
Distancia de adelantamiento:	176.008m	Distancia de parada:	87.379m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	0+455.11	Elevación:	2,808.347m
P.K. de VAV:	0+520.37	Elevación:	2,802.526m
P.K. de PTV:	0+585.62	Elevación:	2,796.807m
Punto bajo:	0+585.62	Elevación:	2,796.807m
Inclinación de rasante T.E.:	-8.92%	Inclinación de rasante T.S.:	-8.76%
Cambiar:	0.16%	K:	837.700m

Longitud de curva:	130.503m	Radio de curva	83,769.954m
Distancia de iluminación:			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	0+625.18	Elevación:	2,793.339m
P.K. de VAV:	0+700.18	Elevación:	2,786.766m
P.K. de PTV:	0+775.18	Elevación:	2,781.224m
Punto bajo:	0+775.18	Elevación:	2,781.224m
Inclinación de rasante T.E.:	-8.76%	Inclinación de rasante T.S.:	-7.39%
Cambiar:	1.38%	K:	108.979m
Longitud de curva:	150.000m	Radio de curva	10,897.863m
Distancia de iluminación:			

Tabla 28. Elementos que conforman el alineamiento vertical

Alineamiento Horizontal

<u>Datos de Tangente</u>			
Longitud:	31.668	Dirección:	S 06° 13' 06.7976" W
<u>Curva Circular</u>			
Delta:	13° 49' 03.0584"	Tipo:	RIGHT
Radio:	78.792		
Longitud:	19.002	Tangente:	9.547
Distancia media ordenada:	0.572	Externa:	0.576
Cuerda:	18.956	Dirección:	S 13° 07' 38.3268" W

<u>Datos de Tangente</u>	
--------------------------	--

<u>Datos de Tangente</u>			
Longitud:	2.755	Dirección:	S 35° 30' 26.0384" E
<u>Curva Circular</u>			
Delta:	37° 17' 18.7150"	Tipo:	LEFT
Radio:	5.443		
Longitud:	3.542	Tangente:	1.836
Distancia media ordenada:	0.286	Externa:	0.301
Cuerda:	3.48	Dirección:	S 54° 09' 05.3959" E

<u>Datos de Tangente</u>			
Longitud:	61.418	Dirección:	S 72° 47' 44.7534" E

Longitud:	21.913	Dirección:	S 20° 02' 09.8560" W
<u>Curva Circular</u>			
Delta:	08° 41' 20.9926"	Tipo:	RIGHT
Radio:	61.559		
Longitud:	9.336	Tangente:	4.677
Distancia media ordenada:	0.177	Externa:	0.177
Cuerda:	9.327	Dirección:	S 24° 22' 50.3523" W

<u>Curva Circular</u>			
Delta:	03° 13' 24.0398"	Tipo:	RIGHT
Radio:	200		
Longitud:	11.252	Tangente:	5.627
Distancia media ordenada:	0.079	Externa:	0.079
Cuerda:	11.25	Dirección:	S 71° 11' 02.7335" E

<u>Datos de Tangente</u>			
Longitud:	38.524	Dirección:	S 28° 43' 30.8486" W
<u>Curva Circular</u>			
Delta:	06° 10' 20.0143"	Tipo:	LEFT
Radio:	200		

<u>Datos de Tangente</u>			
Longitud:	58.229	Dirección:	S 69° 34' 20.7136" E
<u>Curva Circular</u>			
Delta:	02° 42' 44.4321"	Tipo:	RIGHT
Radio:	200		
Longitud:	9.468	Tangente:	4.735

Longitud:	21.545	Tangente:	10.783
Distancia media ordenada:	0.29	Externa:	0.29
Cuerda:	21.535	Dirección:	S 25° 38' 20.8415" W

Distancia media ordenada:	0.056	Externa:	0.056
Cuerda:	9.467	Dirección:	S 68° 12' 58.4975" E

<u>Datos de Tangente</u>			
Longitud:	6.28	Dirección:	S 22° 33' 10.8343" W
<u>Curva Circular</u>			
Delta:	24° 35' 41.0486"	Tipo:	LEFT
Radio:	14.267		
Longitud:	6.124	Tangente:	3.11
Distancia media ordenada:	0.327	Externa:	0.335
Cuerda:	6.077	Dirección:	S 10° 15' 20.3100" W

<u>Datos de Tangente</u>			
Longitud:	48.958	Dirección:	S 66° 51' 36.2815" E
<u>Curva Circular</u>			
Delta:	02° 53' 08.8641"	Tipo:	LEFT
Radio:	200		
Longitud:	10.073	Tangente:	5.038
Distancia media ordenada:	0.063	Externa:	0.063
Cuerda:	10.072	Dirección:	S 68° 18' 10.7136" E

<u>Datos de Tangente</u>			
Longitud:	2.799	Dirección:	S 02° 02' 30.2143" E
<u>Curva Circular</u>			
Delta:	33° 27' 55.8241"	Tipo:	LEFT
Radio:	6.207		
Longitud:	3.625	Tangente:	1.866
Distancia media ordenada:	0.263	Externa:	0.274
Cuerda:	3.574	Dirección:	S 18° 46' 28.1263" E

<u>Datos de Tangente</u>			
Longitud:	57.023	Dirección:	S 69° 44' 45.1456" E
<u>Curva Circular</u>			
Delta:	60° 09' 47.6120"	Tipo:	LEFT
Radio:	6.361		
Longitud:	6.68	Tangente:	3.685
Distancia media ordenada:	0.857	Externa:	0.99
Cuerda:	6.377	Dirección:	N 80° 10' 21.0484" E

<u>Datos de Tangente</u>			
Longitud:	3.316	Dirección:	N 50° 05' 27.2424" E
<u>Curva Circular</u>			
Delta:	30° 38' 50.1885"	Tipo:	LEFT
Radio:	8.068		

Longitud:	4.316	Tangente:	2.211
Distancia media ordenada:	0.287	Externa:	0.297
Cuerda:	4.264	Dirección:	N 34° 46' 02.1481" E

<u>Datos de Tangente</u>			
Longitud:	96.863	Dirección:	N 19° 26' 37.0539" E
<u>Curva Circular</u>			
Delta:	00° 31' 57.4070"	Tipo:	RIGHT
Radio:	200		
Longitud:	1.859	Tangente:	0.93
Distancia media ordenada:	0.002	Externa:	0.002
Cuerda:	1.859	Dirección:	N 19° 42' 35.7574" E

<u>Datos de Tangente</u>			
Longitud:	263.226	Dirección:	N 19° 58' 34.4609" E
<u>Curva Circular</u>			

Delta:	00° 34' 38.7780"	Tipo:	RIGHT
Radio:	200		
Longitud:	2.016	Tangente:	1.008
Distancia media ordenada:	0.003	Externa:	0.003
Cuerda:	2.016	Dirección:	N 20° 15' 53.8499" E

Tabla 29. Elementos que conforman el alineamiento horizontal

Informe de Volúmenes

K.	Área de desmonte	Volumen de	Volumen reutilizable	Área de terraplén	Volumen de	Vol. desmonte	Vol. reutilizable	Vol. terraplén	Vol. neto acumul.
----	---------------------	---------------	-------------------------	----------------------	---------------	------------------	----------------------	-------------------	----------------------

	(Metros cuadrados)	desmonte (Metros cúbicos)	(Metros cúbicos)	(Metros cuadrados)	terraplén (Metros cúbicos)	acumul. (Metros cúbicos)	acumul. (Metros cúbicos)	acumul. (Metros cúbicos)	(Metros cúbicos)
0+000.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0+031.67	0	0	0	3.41	54	0	54	54	-54
0+041.17	0	0	0	4.45	37.29	0	91.29	91.29	-91.29
0+050.67	0	0	0	3.68	38.58	0	129.87	129.87	-129.87
0+072.58	0	0	0	1.11	52.46	0	182.34	182.34	-182.34
0+077.25	0	0	0	0.48	3.71	0	186.05	186.05	-186.05
0+081.92	0	0	0	0.38	2.01	0	188.06	188.06	-188.06
0+120.00	0.22	4.17	4.17	0	7.25	4.17	195.31	195.31	-191.14
0+120.44	0.19	0.09	0.09	0	0	4.26	195.31	195.31	-191.05
0+131.21	0	1	1	0.44	2.35	5.26	197.66	197.66	-192.4
0+141.99	1	5.35	5.35	0.1	2.86	10.61	200.52	200.52	-189.91
0+148.27	0.62	5.08	5.08	0	0.3	15.69	200.82	200.82	-185.13
0+150.00	0.22	0.75	0.75	0.05	0.04	16.44	200.86	200.86	-184.42

0+151.33	0	0.16	0.16	0.4	0.29	16.61	201.15	201.15	-184.55
0+154.39	0.02	0.04	0.04	0.3	1.02	16.65	202.18	202.18	-185.53
0+157.19	0.06	0.12	0.12	0.06	0.51	16.77	202.69	202.69	-185.92
0+159.00	0.24	0.35	0.35	0	0.05	17.11	202.74	202.74	-185.63
0+160.82	0.53	0.88	0.88	0.01	0	17.99	202.74	202.74	-184.75
0+163.57	0.94	2.02	2.02	0	0.01	20.02	202.75	202.75	-182.73
0+165.34	1.35	2.26	2.26	0	0	22.27	202.75	202.75	-180.48
0+167.11	6.63	8.35	8.35	0	0	30.62	202.75	202.75	-172.13
0+200.00	4.3	179.66	179.66	0	0	210.28	202.75	202.75	7.53
0+228.53	0.55	69.13	69.13	0	0	279.41	202.75	202.75	76.66
0+234.16	0.37	2.6	2.6	0	0	282.01	202.75	202.75	79.26
0+239.78	0.16	1.5	1.5	0	0.01	283.51	202.76	202.76	80.75
0+270.00	1.13	19.48	19.48	0	0.04	302.99	202.8	202.8	100.19
0+298.01	0.55	23.49	23.49	0	0	326.48	202.8	202.8	123.68
0+300.00	0.33	0.87	0.87	0	0	327.35	202.8	202.8	124.55
0+302.75	0.08	0.56	0.56	0.08	0.11	327.91	202.91	202.91	125

0+307.48	0	0.19	0.19	0.56	1.54	328.1	204.45	204.45	123.65
0+350.00	0	0	0	1.34	40.53	328.1	244.97	244.97	83.13
0+356.44	0.17	0.54	0.54	0.62	6.33	328.64	251.3	251.3	77.33
0+360.00	0.38	0.97	0.97	0.21	1.47	329.61	252.78	252.78	76.83
0+361.47	0.53	0.67	0.67	0.01	0.17	330.28	252.94	252.94	77.34
0+366.51	5.61	15.54	15.54	0	0.04	345.81	252.98	252.98	92.84
0+400.00	1.17	113.51	113.51	0	0.03	459.32	253.01	253.01	206.31
0+423.53	3.31	52.75	52.75	0	0	512.07	253.01	253.01	259.06
0+426.87	4.01	12.75	12.75	0	0	524.82	253.01	253.01	271.81
0+430.21	4.04	13.96	13.96	0	0	538.78	253.01	253.01	285.77
0+433.53	2.63	11.07	11.07	0	0	549.85	253.01	253.01	296.84
0+435.69	2.31	5.46	5.46	0	0	555.31	253.01	253.01	302.29
0+437.85	1.64	4.12	4.12	0	0	559.43	253.01	253.01	306.42
0+450.00	0.09	10.49	10.49	0.01	0.03	569.92	253.05	253.05	316.87
0+500.00	0.25	8.59	8.59	0.2	5.08	578.51	258.13	258.13	320.38
0+534.71	0.38	11.02	11.02	0.03	3.99	589.53	262.12	262.12	327.41

0+535.64	0.24	0.29	0.29	0.03	0.03	589.81	262.15	262.15	327.66
0+536.57	0.37	0.28	0.28	0	0.01	590.1	262.16	262.16	327.93
0+550.00	0.4	5.17	5.17	0.06	0.43	595.27	262.59	262.59	332.68
0+600.00	0.89	32.18	32.18	0	1.59	627.45	264.17	264.17	363.28
0+650.00	0	22.32	22.32	0.35	8.67	649.77	272.84	272.84	376.92
0+700.00	0	0.06	0.06	0.95	32.36	649.82	305.2	305.2	344.62
0+750.00	0	0	0	0.94	47.29	649.82	352.49	352.49	297.33
0+799.79	1.28	31.87	31.87	0	23.5	681.69	375.99	375.99	305.7
0+800.80	1.27	1.29	1.29	0	0	682.98	375.99	375.99	306.99
0+801.81	1.42	1.36	1.36	0	0	684.34	375.99	375.99	308.35
0+850.00	1.45	69.19	69.19	0	0	753.53	375.99	375.99	377.53
0+874.44	0	17.74	17.74	0	0	771.27	375.99	375.99	395.28

Tabla 30. Tabla de volúmenes de corte y relleno

CONCLUSIONES

Mediante la realización de una visita de campo a la comunidad de Calpaquí en el cantón Otavalo, se verifica la necesidad del mejoramiento vial y diseño geométrico de varios tramos viales de esta comunidad, sin embargo, este trabajo es aplicado únicamente para las coordenadas mencionadas en el apartado *Ubicación*. Se realiza un estudio de tráfico para conocer el volumen futuro de vehículos que circularán por este camino como eje primordial para identificar la clasificación de la vía y continuar con la realización de este trabajo.

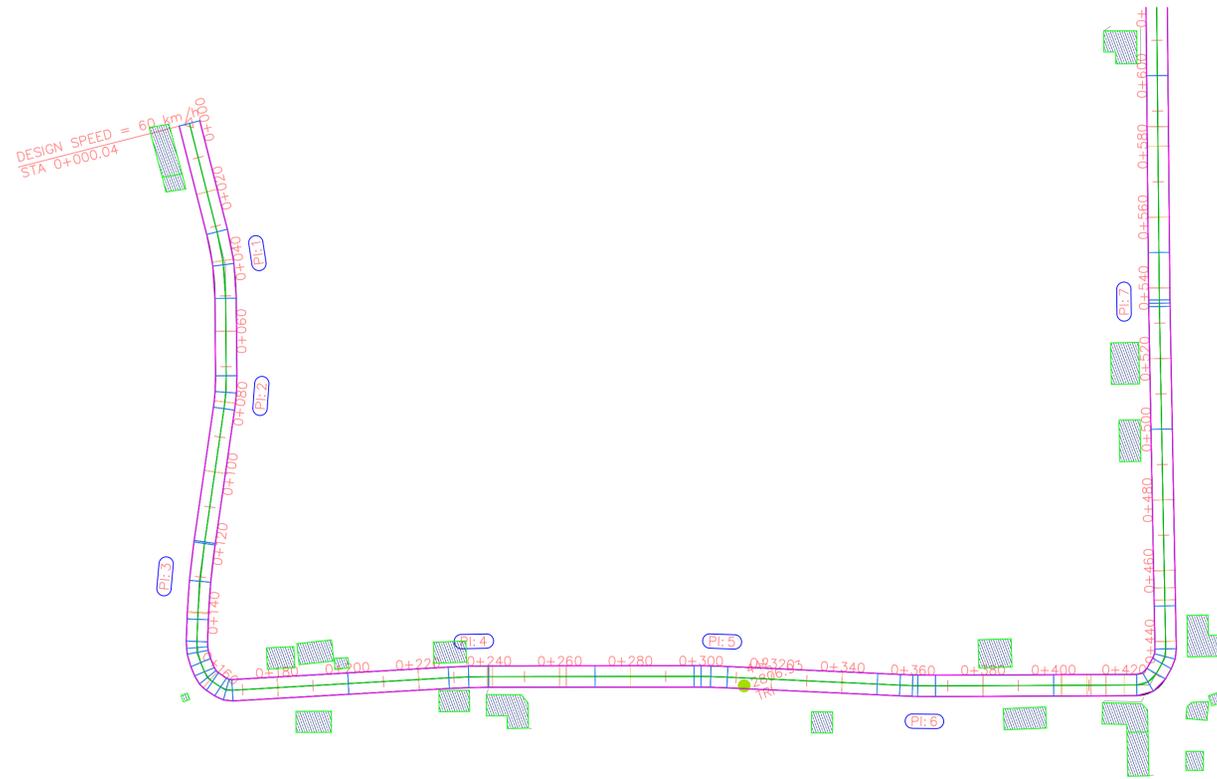
Se utiliza la norma del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, MTOP y norma AASHTO 2011 para definir los parámetros de diseño para el camino básico según la MTOP o camino rural local según la AASHTO. Sin embargo, algunos criterios en el diseño no pueden ser usados debido a que el modelo debe ser ajustado a las condiciones geométricas existentes, esto con el fin de evitar provocar un gran impacto en la topografía del lugar. No obstante, se realiza la propuesta de diseño geométrico para el tramo que conecta a la comunidad de Calpaquí con las comunidades aledañas y principalmente con la carretera E35 que es una de las vías primaria principales de la Red Vial Estatal del Ecuador y se presentan los planos de diseño para este camino.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonzo, L. A., & Rodríguez, G. (2015). *Carreteras*. Yucatán: Universidad Autónoma de Yucatán.
- American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO, Washington, DC, USA, 2011.
- Berardo, M., Baruzzi, A., Dapás, O., Freire, R., Tartabini, M., & Vanoli, G. (2017). *Manual de Diseño Geométrico Vial*. Córdoba: Brujas.
- Espinosa, J. (2016). *Fundamentos básicos y guía en la construcción de carreteras*. Santo Domingo: Conadex.
- GAD Eugenio Espejo. (2019). *Gobierno Parroquial – Comunidades de la Parroquia*. Recuperado el 15 de septiembre de 2019 desde:
<https://gadeugenioespejo.gob.ec/index.php/gobierno-parroquial/comunidades>
- Garber, N. J., & Hoel, L. A. (2005). *Ingeniería de tránsito y carreteras*. México: Thomson Learning.
- Guzmán, A. (2015). *La red vial es imprescindible para el Desarrollo y crecimiento de un país*. Recuperado el 15 de septiembre de 2019 desde: <http://udep.edu.pe/hoy/2015/la-red-vial-es-imprescindible-para-el-desarrollo-y-crecimiento-de-un-pais/>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). *Norma para estudio y diseño viales*. Volumen (2), pp. 49-148.
- Ramón, A. (2014). *Evaluación del nivel de servicio de la autovía “Otavalo – Ibarra” correspondiente al corredor norte concesionado “Rumichaca – Calderón”, estatal E-*

35 (*Longitud: 18,90 km*) (Tesis de pregrado). Universidad de las fuerzas armadas, Sangolquí.

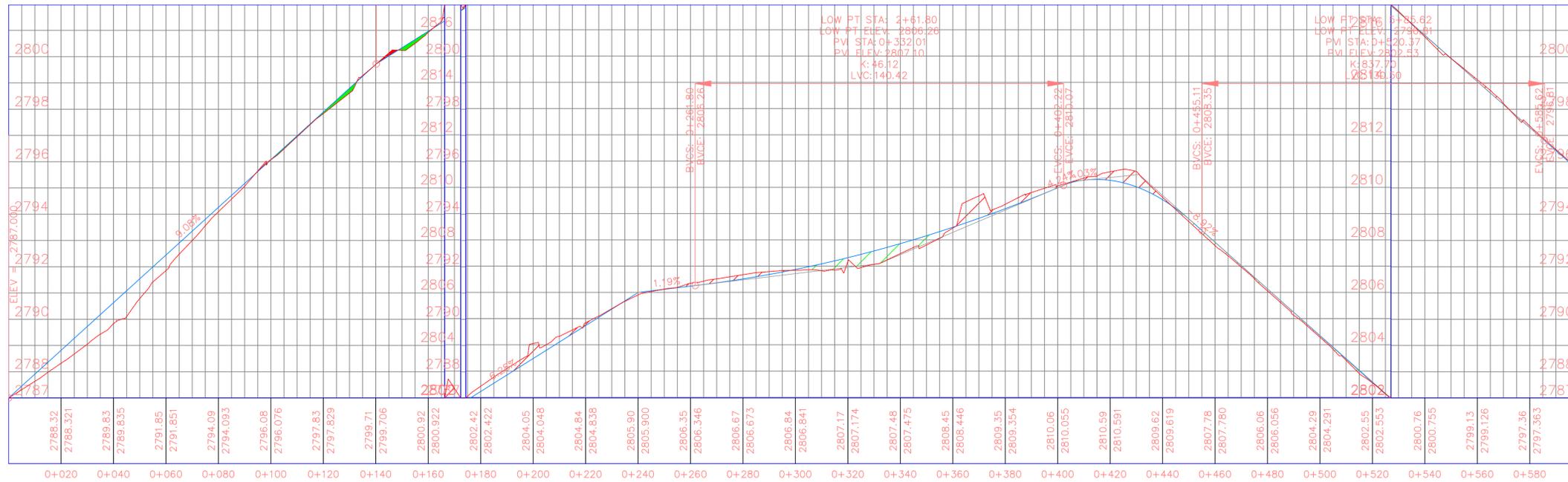
ANEXO A: PLANOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO



PLANTA
Esc 1:1000

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA													
N° Curva	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	CL	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI:1	S13° 07' 38"W	13°49'03"	78.79	9.55	19.00	18.96	0.58	0.57	0+041.22	0+031.67	0+050.67	10022000.08	805209.53
PI:2	S24° 22' 50"W	8°41'21"	61.56	4.68	9.34	9.33	0.18	0.18	0+077.26	0+072.58	0+081.92	10021966.13	805197.15
PI:3	S25° 38' 21"W	6°10'20"	200.00	10.78	21.55	21.53	0.29	0.29	0+131.23	0+120.44	0+141.99	10021918.79	805171.20
PI:4	S71° 11' 03"E	3°13'24"	200.00	5.63	11.25	11.25	0.08	0.08	0+234.16	0+228.53	0+239.78	10021866.76	805233.29
PI:5	S68° 12' 58"E	2°42'44"	200.00	4.73	9.47	9.47	0.06	0.06	0+302.75	0+298.01	0+307.48	10021842.82	805297.57
PI:6	S68° 18' 11"E	2°53'09"	200.00	5.04	10.07	10.07	0.06	0.06	0+361.48	0+356.44	0+366.51	10021819.74	805351.57
PI:7	N19° 42' 36"E	0°31'57"	200.00	0.93	1.86	1.86	0.00	0.00	0+535.64	0+534.71	0+536.57	10021897.19	805453.61
PI:8	N20° 15' 54"E	0°34'39"	200.00	1.01	2.02	2.02	0.00	0.00	0+800.80	0+799.79	0+801.81	10022146.40	805544.20

LEYENDA EN PLANTA	
	Eje Vía Projectada
	Eje Vía de Replanteo
	Borde de Existente
	Borde de Calzada
	Vivienda

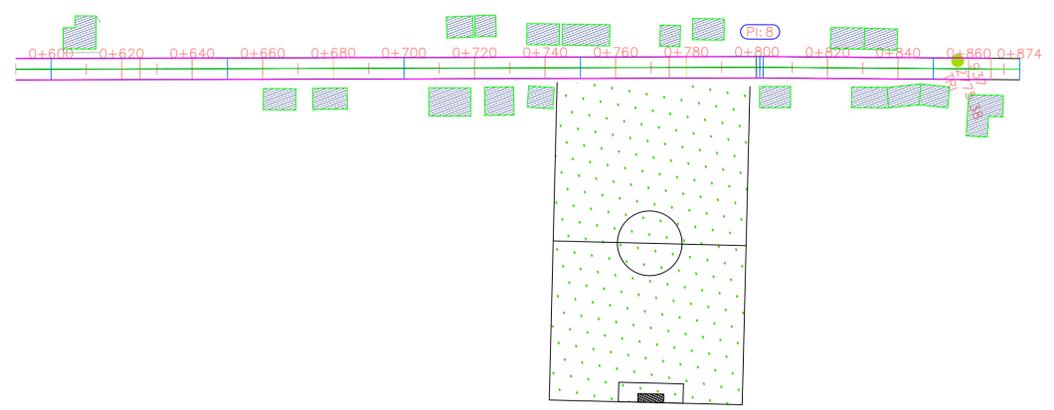


LEYENDA EN PERFIL	
	P.Rasante Vía Projectada
	P.Rasante Vía de Replanteo
	Relleno
	Corte

LEYENDA DE ELEMENTOS DE CURVA	
T	Tangente
L	Longitud de curva circular
CL	Cuerda larga
E	Externa
M	Ordenada media
PI	Punto de intersección de T
PC	Principio curva
PT	Principio de tangente
PI NORTE	Coordenada norte del PI
PI ESTE	Coordenada sur del PI

PERFIL LONGITUDINAL Km: 0+000 - 0+580
Esc 1:1000

Dibujado por Morales Paola.	Revisado por	Proyección	Escala 1:1000
UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO		Diseno Geometrico - Tramo 1	Fecha 5DIC19
DRG-0001		Edición 01	Hoja 01



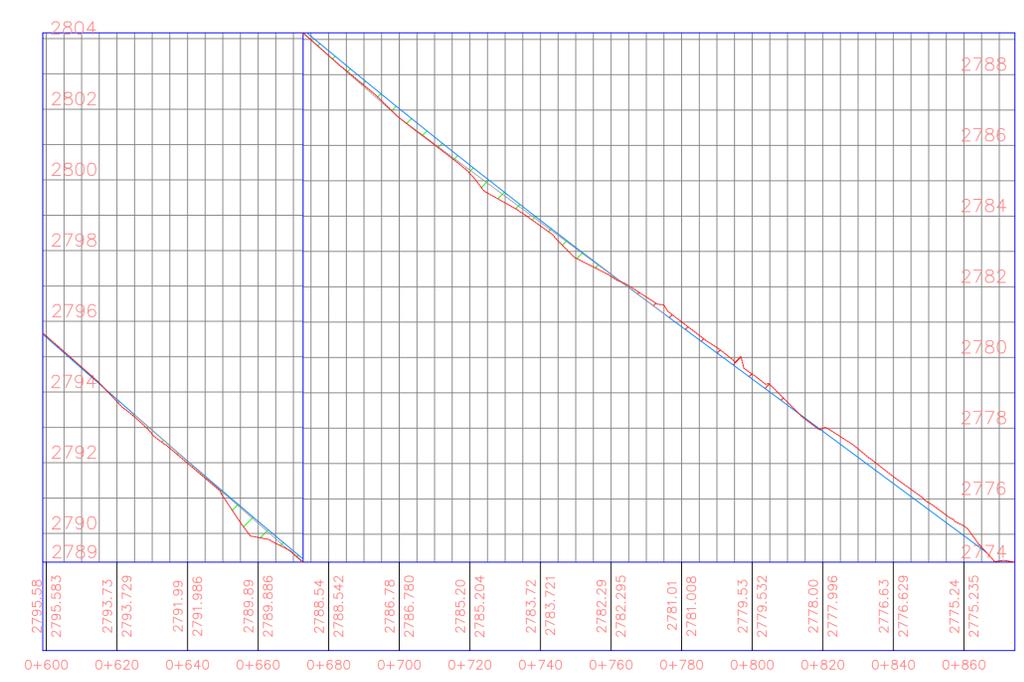
PLANTA
Esc 1:1000

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA													
N° Curva	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	CL	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI: 1	S13° 07' 38"W	13°49'03"	78.79	9.55	19.00	18.96	0.58	0.57	0+041.22	0+031.67	0+050.67	10022000.08	805209.53
PI: 2	S24° 22' 50"W	8°41'21"	61.56	4.68	9.34	9.33	0.18	0.18	0+077.26	0+072.58	0+081.92	10021966.13	805197.15
PI: 3	S25° 38' 21"W	6°10'20"	200.00	10.78	21.55	21.53	0.29	0.29	0+131.23	0+120.44	0+141.99	10021918.79	805171.20
PI: 4	S71° 11' 03"E	3°13'24"	200.00	5.63	11.25	11.25	0.08	0.08	0+234.16	0+228.53	0+239.78	10021866.76	805233.29
PI: 5	S68° 12' 58"E	2°42'44"	200.00	4.73	9.47	9.47	0.06	0.06	0+302.75	0+298.01	0+307.48	10021842.82	805297.57
PI: 6	S68° 18' 11"E	2°53'09"	200.00	5.04	10.07	10.07	0.06	0.06	0+361.48	0+356.44	0+366.51	10021819.74	805351.57
PI: 7	N19° 42' 36"E	0°31'57"	200.00	0.93	1.86	1.86	0.00	0.00	0+535.64	0+534.71	0+536.57	10021897.19	805453.61
PI: 8	N20° 15' 54"E	0°34'39"	200.00	1.01	2.02	2.02	0.00	0.00	0+800.80	0+799.79	0+801.81	10022146.40	805544.20

LEYENDA DE ELEMENTOS DE CURVA	
T	Tangente
L	Longitud de curva circular
CL	Cuerda larga
E	Externa
M	Ordenada media
PI	Punto de intersección de T
PC	Principio curva
PT	Principio de tangente
PI NORTE	Coordenada norte del PI
PI ESTE	Coordenada sur del PI

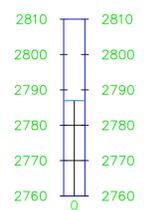
LEYENDA EN PLANTA	
	Eje Vía Proyectada
	Eje Vía de Replanteo
	Borde de Existente
	Borde de Calzada
	Vivienda

LEYENDA EN PERFIL	
	P.Rasante Vía Proyectada
	P.Rasante Vía de Replanteo
	Relleno
	Corte

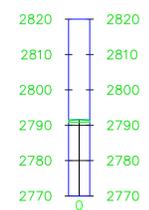


PERFIL LONGITUDINAL Km: 0+600 - 0+860
Esc 1:1000

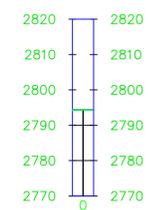
0+000.00



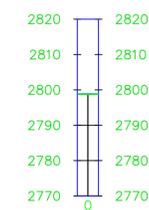
0+050.67



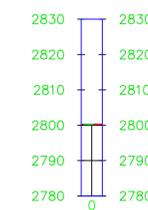
0+081.92



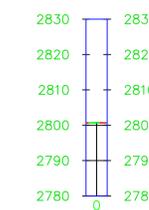
0+131.21



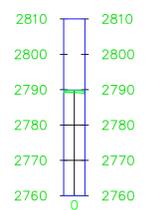
0+150.00



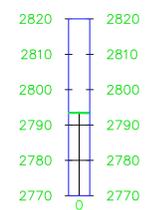
0+157.19



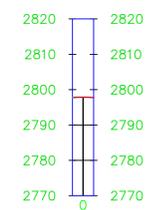
0+031.67



0+072.58



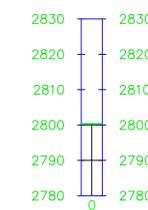
0+120.00



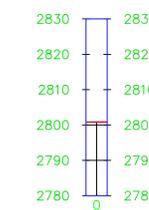
0+141.99



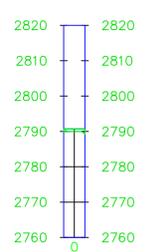
0+151.33



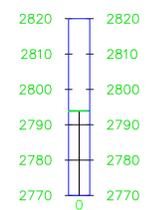
0+159.00



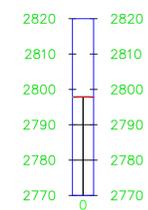
0+041.17



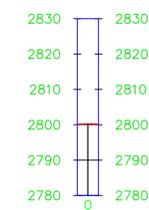
0+077.25



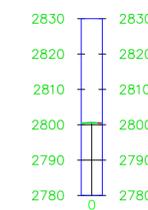
0+120.44



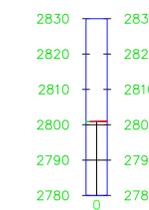
0+148.27



0+154.39



0+160.82

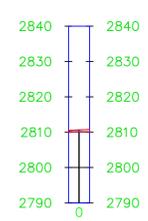


Dibujado por Morales Paola.	Revisado por	Proyección	Escala 1:1000
UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO		Secciones Transversales	Fecha 5DIC19
		DRG-0001	Edición 01 Hoja 01

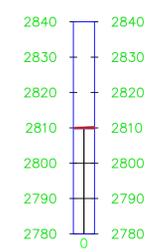


Dibujado por Morales Paola.	Revisado por	Proyección		Escala 1:1000
UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO		Secciones Transversales		Fecha 5DIC19
DRG-0001			Edición 01	Hoja 02

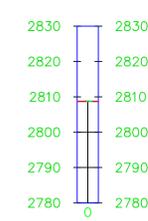
0+423.53



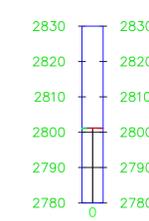
0+433.53



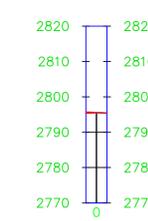
0+450.00



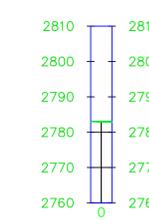
0+535.64



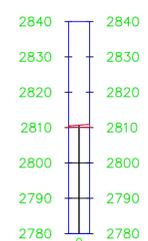
0+600.00



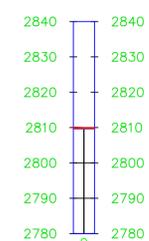
0+750.00



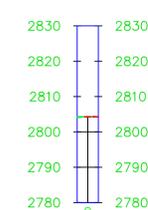
0+426.87



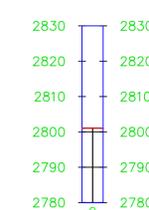
0+435.69



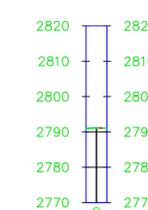
0+500.00



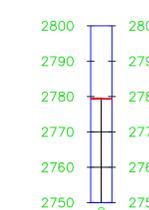
0+536.57



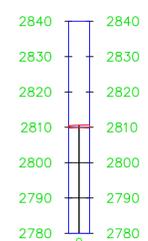
0+650.00



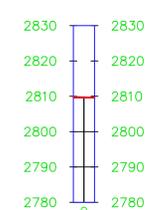
0+799.79



0+430.21



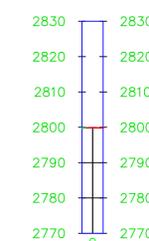
0+437.85



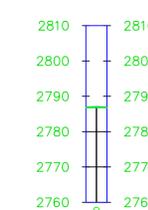
0+534.71



0+550.00



0+700.00



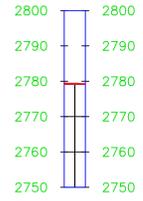
0+800.80



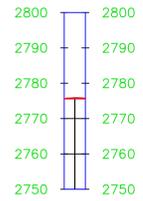
Dibujado por Morales Paola.	Revisado por	Proyección		Escala 1:1000
UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO		Secciones Transversales		Fecha 5DIC19
		DRG-0001	Edición 01	Hoja 03

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+031.67	3.41	0.00	54.00	0.00	54.00	0.00
0+041.17	4.45	0.00	37.29	0.00	91.29	0.00
0+050.67	3.68	0.00	38.58	0.00	129.87	0.00
0+072.58	1.11	0.00	52.46	0.00	182.34	0.00
0+077.25	0.48	0.00	3.71	0.00	186.05	0.00
0+081.92	0.38	0.00	2.01	0.00	188.06	0.00
0+120.00	0.00	0.22	7.25	4.17	195.31	4.17
0+120.44	0.00	0.19	0.00	0.09	195.31	4.26
0+131.21	0.44	0.00	2.35	1.00	197.66	5.26
0+141.99	0.10	1.00	2.86	5.35	200.52	10.61
0+148.27	0.00	0.62	0.30	5.08	200.82	15.69
0+150.00	0.05	0.22	0.04	0.75	200.86	16.44
0+151.33	0.40	0.00	0.29	0.16	201.15	16.61
0+154.39	0.30	0.02	1.02	0.04	202.18	16.65
0+157.19	0.06	0.06	0.51	0.12	202.69	16.77
0+159.00	0.00	0.24	0.05	0.35	202.74	17.11
0+160.82	0.01	0.53	0.00	0.88	202.74	17.99
0+163.57	0.00	0.94	0.01	2.02	202.75	20.02
0+165.34	0.00	1.35	0.00	2.26	202.75	22.27
0+167.11	0.00	6.63	0.00	8.35	202.75	30.62
0+200.00	0.00	4.30	0.00	179.66	202.75	210.28
0+228.53	0.00	0.55	0.00	69.13	202.75	279.41
0+234.16	0.00	0.37	0.00	2.60	202.75	282.01
0+239.78	0.00	0.16	0.01	1.50	202.76	283.51
0+270.00	0.00	1.13	0.04	19.48	202.80	302.99
0+298.01	0.00	0.55	0.00	23.49	202.80	326.48
0+300.00	0.00	0.33	0.00	0.87	202.80	327.35
0+302.75	0.08	0.08	0.11	0.56	202.91	327.91
0+307.48	0.56	0.00	1.54	0.19	204.45	328.10
0+350.00	1.34	0.00	40.53	0.00	244.97	328.10
0+356.44	0.62	0.17	6.33	0.54	251.30	328.64
0+360.00	0.21	0.38	1.47	0.97	252.78	329.61
0+361.47	0.01	0.53	0.17	0.67	252.94	330.28
0+366.51	0.00	5.61	0.04	15.54	252.98	345.81
0+400.00	0.00	1.17	0.03	113.51	253.01	459.32
0+423.53	0.00	3.31	0.00	52.75	253.01	512.07
0+426.87	0.00	4.01	0.00	12.75	253.01	524.82
0+430.21	0.00	4.04	0.00	13.96	253.01	538.78
0+433.53	0.00	2.63	0.00	11.07	253.01	549.85
0+435.69	0.00	2.31	0.00	5.46	253.01	555.31
0+437.85	0.00	1.64	0.00	4.12	253.01	559.43
0+450.00	0.01	0.09	0.03	10.49	253.05	569.92
0+500.00	0.20	0.25	5.08	8.59	258.13	578.51
0+534.71	0.03	0.38	3.99	11.02	262.12	589.53
0+535.64	0.03	0.24	0.03	0.29	262.15	589.81
0+536.57	0.00	0.37	0.01	0.28	262.16	590.10
0+550.00	0.06	0.40	0.43	5.17	262.59	595.27
0+600.00	0.00	0.89	1.59	32.18	264.17	627.45
0+650.00	0.35	0.00	8.67	22.32	272.84	649.77
0+700.00	0.95	0.00	32.36	0.06	305.20	649.82
0+750.00	0.94	0.00	47.29	0.00	352.49	649.82
0+799.79	0.00	1.28	23.50	31.87	375.99	681.69
0+800.80	0.00	1.27	0.00	1.29	375.99	682.98
0+801.81	0.00	1.42	0.00	1.36	375.99	684.34
0+850.00	0.00	1.45	0.00	69.19	375.99	753.53
0+874.44	0.00	0.00	0.00	17.74	375.99	771.27

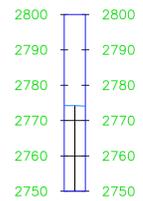
0+801.81



0+850.00



0+874.44



Dibujado por Morales Paola.	Revisado por	Proyección	Escala 1:1000
UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO		Secciones Transversales y Tabla de volumentes	Fecha 5DIC19
		Edición 01	Hoja 04