



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL

“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM PARA EL DISEÑO
GEOMÉTRICO DE LA VÍA SAN FRANCISCO DE ORONGO – EL CONGRESO,
DE 5 Km, CANTÓN ECHEANDÍA, PROVINCIA DE BOLÍVAR”

**DISERTACIÓN DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

Autores:

ELIÁN ANDRÉS ESPÍN TACO

ANDRÉS SEBASTIÁN VERDEZOTO SALTOS

Director:

ING. JUAN PABLO SOLORZANO

QUITO D.M, NOVIEMBRE DE 2022

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por brindarme la sabiduría, inteligencia y fortaleza para seguir adelante y no rendirme ante ninguna dificultad. Que siga siendo él, quien guíe mi camino en toda mi vida profesional Amén.

Agradezco a mis padres por su guía y enseñanza que me permitieron crecer como persona y como profesional. Gracias por ser unos padres maravillosos, hoy este título no es solo mío, también es de ustedes.

Agradezco a mi hermano quien con sus palabras de aliento supo apoyarme en mis altos y bajos de la universidad. Ñaño tu más que nadie sabes toda la dedicación que le puse a la carrera y hoy puedo decir que lo logré.

Agradezco a mis abuelitos que desde el cielo con su infinita misericordia y bendición me ayudaron a seguir adelante a pesar de todas las dificultades.

Agradezco a mis amigos y a mi novia que siempre me acompañaron en toda mi etapa académica, brindándome su buena amistad y amor del cual me ayudó a seguir adelante, incluso en los momentos de desmayo donde estuvieron apoyándome y dándome palabras de ánimo para continuar.

Agradezco a mi prima Lourdes y Germania por estar siempre pendientes de mí, por su ayuda, apoyo incondicional y amor en todos esos momentos difíciles de mi carrera.

Agradezco a mi tutor Ing. Juan Pablo Solórzano por brindarnos todos sus conocimientos y sabiduría para poder culminar con éxito nuestro proyecto.

DEDICATORIA

A mis padres quienes con su amor, trabajo, paciencia y sacrificio me permitieron cumplir un sueño más, quienes fueron la figura más importante en mi etapa académica, por ser ese apoyo que todo hijo quiere tener y enseñarme todos los valores que me servirán de mucho en mi vida profesional.

A mi hermano quien me enseñó que todo sacrificio tiene su recompensa y por ser el apoyo incondicional durante toda mi etapa académica.

A mis abuelitos quienes en la poca etapa académica que me acompañaron me dieron palabras de aliento para seguir adelante.

Elian Espín

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, que, con su infinita bondad y bendición, ha fortalecido mis pasos día a día, ayudándome así a conseguir mi título universitario.

A mi madre, una mujer noble, valiente y guerrera que me ha enseñado a no dejarme vencer por nada, es gracias a usted quien soy ahora, porque supo brindarme buenos valores y cualidades para ser una mejor persona, es usted el pilar fundamental de mi vida, y sé que, con su amor incondicional, comprensión, sacrificio, humildad supo sacarme adelante y guiarme por el camino correcto.

A mis hermanos por acompañarme en este duro camino, por apoyarme desde el principio hasta el fin, por ser tan buenos y admirables y sobre todo por darme tanto amor y ganas de seguir adelante.

Un sincero agradecimiento a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, que me abrió las puertas para poder cursar por sus aulas y así seguir con mi meta, a la Facultad de Ingeniería Civil, y a los docentes que tuve la oportunidad de conocer y de recibir sus conocimientos que perdurarán por siempre.

Y en especial al Ingeniero Juan Pablo Solórzano, tutor de mi disertación por guiarme y solucionar mis inquietudes, sin usted y sus virtudes, su paciencia y constancia este trabajo no lo hubiese logrado tan fácil.

Sebastián Verdezoto

DEDICATORIA

A mi madre, por su gran amor, entrega, abnegación y apoyo incondicional, por ser una mujer guerrera y luchadora, por saber vencer todos los obstáculos en la vida, y por haberme formado como un hombre de bien ante la sociedad, le agradezco de todo corazón por ser el pilar fundamental para cristalizar uno de mis sueños y esperanzas. Mi madre, mi mejor guía, mi mayor orgullo, y mi mejor ejemplo de lucha y perseverancia. No ha sido sencillo el camino hasta ahora, me enorgullece el haber cumplido con una de mis primeras metas, es por eso que este logro y superación se lo dedico con mucho amor a mi Madre Querida. Gracias por siempre confiar en mí, le amo infinitamente.

A mis hermanos, quienes con sus locuras, amor y confianza me inspiran para ser cada día mejor.

A mis familiares, amigos y a mi novia que con una palabra de aliento siempre me apoyaron y de una u otra forma me acompañaron en todos mis sueños y metas.

A mi primo Esteban, que desde el cielo me ha impulsado a seguir adelante y me ha acompañado en todo momento.

Sebastián Verdezoto

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen	14
Abstract	15
CAPITULO I: GENERALIDADES	16
1.1. Introducción	16
1.2. Planteamiento del problema	17
1.3. Justificación.....	18
1.4. Hipótesis.....	19
1.5. Objetivos	19
1.5.1. Objetivo general.....	19
1.5.2. Objetivos específicos.	19
1.6. Alcance.....	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes	21
2.2. Fundamentación teórica	21
2.2.1. Metodología BIM.....	21
2.2.2. Fases de implementación BIM.....	22
2.2.2.1. Fase de conceptualización.....	22
2.2.2.2. Fase de criterios de diseño.	22
2.2.2.3. Fase de diseño detallado.....	23
2.2.2.4. Fase de construcción.	23
2.2.2.5. Fase de operación y mantenimiento.....	23
2.2.3. Modelo tridimensional: 3D BIM.....	24
2.2.3.1. Información geométrica.	24
2.2.3.2. Alineamiento horizontal.....	27
2.2.3.3. Alineamiento vertical.....	35
2.2.3.4. Modelo paramétrico.	43
2.2.3.5. Visualización del proyecto.....	43
2.2.4. Interoperabilidad BIM.....	43
2.2.4.1. Interoperabilidad Civil 3D e InfraWorks.....	44

CAPÍTULO III: ESTUDIO Y DISEÑO VIAL CON LA HERRAMIENTA CIVIL

3D 46

3.1.	Levantamiento topográfico	46
3.2.	Estudio del volumen de tráfico y consideraciones previas para el diseño ...	46
3.2.1.	Estudio de tráfico.	46
3.2.2.	Determinación de los volúmenes de tráfico.	47
3.2.3.	Composición de tráfico.	48
3.2.4.	Tráfico promedio diario anual.....	48
3.2.5.	Tránsito de hora pico (Trigésima hora de diseño).	49
3.2.6.	Proyección de tráfico.....	49
3.2.6.1.	Tráfico atraído.	50
3.2.6.2.	Tráfico generado.	50
3.2.6.3.	Tráfico por desarrollo.....	50
3.2.6.4.	Tráfico Futuro.	50
3.2.7.	Clasificación de las carreteras.....	52
3.2.8.	Diseño geométrico.	53
3.2.9.	Velocidad de diseño.	55
3.2.10.	Velocidad de circulación.....	56
3.2.11.	Alineamiento Horizontal.....	56
3.2.11.1.	Radio mínimo de curvatura horizontal.....	57
3.2.11.2.	Longitud mínima de curvas verticales.	58
3.2.11.3.	Gradiente máxima.	60
3.2.11.4.	Gradiente mínima.....	61
3.2.11.5.	Distancia de visibilidad de parada.....	61
3.2.11.6.	Distancia de visibilidad de rebasamiento.....	62
3.2.11.7.	Sección transversal típica.....	63
3.3.	Estudios de hidrología y drenaje	63
3.3.1.	Diseño de cunetas.....	63
3.3.1.1.	Coefficiente de escorrentía.	66
3.3.1.2.	Intensidad de precipitación pluvial.	66
3.3.1.3.	Caudal de circulación.....	69
3.3.2.	Diseño de alcantarillas.	70
3.3.2.1.	Diámetros mínimos.....	70

3.3.2.2.	Velocidades máximas y mínimas.....	70
3.3.2.3.	Profundidad de la tubería.	70
3.3.2.4.	Cálculo del diámetro de las alcantarillas.....	71
3.4.	Diseño geométrico de la vía implementando la metodología BIM en Civil 3D	75
3.4.1.	Puntos.....	75
3.4.2.	Superficie.	76
3.4.3.	Alineamiento horizontal.....	78
3.4.3.1.	Peralte.....	80
3.4.3.2.	Sobreechancho.....	80
3.4.4.	Alineamiento Vertical.	81
3.4.4.1.	Gradiente longitudinal máxima y mínima.....	83
3.4.4.2.	Curvas verticales.	83
3.4.5.	Creación de obra lineal (Subensamblaje).....	85
3.4.5.1.	Calzada o superficie de rodadura.	86
3.4.5.2.	Bombeo.	86
3.4.5.3.	Espaldón.....	86
3.4.5.4.	Cunetas.....	86
3.4.6.	Creación del corredor.....	87
3.4.7.	Secciones transversales.	89
3.4.8.	Cálculo de movimiento de tierras.	91

CAPITULO IV: IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LA HERRAMIENTA INFRAWORKS..... 93

4.1.	Transformación del modelo desarrollado en planta a una representación en 3D de tipo realista dentro de un entorno BIM aplicando la herramienta InfraWorks ...	93
4.1.1.	InfraWorks.	93
4.1.2.	Interoperabilidad BIM.....	93
4.1.3.	Señalización vial.	96
4.1.3.1.	Señalización vertical.	96
4.1.3.2.	Señalización horizontal.	96
4.1.4.	Obras complementarias.....	97
4.1.5.	ODT (Obras de drenaje transversal).	98
4.1.6.	Modelo paramétrico.	99

4.2.	Análisis de los beneficios que proporciona la herramienta InfraWorks	100
4.3.	Ventajas y desventajas de la aplicación de la herramienta InfraWorks en el estudio y diseño vial.....	101
CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		104
5.1.	Análisis de los impactos generados por la implementación de la metodología BIM en los proyectos de infraestructura vial, así como su nivel de contribución dentro de estos	104
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		106
6.1.	Conclusiones	106
6.2.	Recomendaciones.....	108
BIBLIOGRAFÍA.....		109
ANEXOS		113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Velocidad de diseño	26
Tabla 2.	Velocidad de circulación.....	27
Tabla 3.	Longitud de la Espiral en función de la velocidad de diseño.....	30
Tabla 4.	Coefficiente de fricción longitudinal.....	33
Tabla 5.	Longitud Mínima para Tangente Vertical.....	36
Tabla 6.	Gradientes Medias Máximas.....	37
Tabla 7.	Anchos de la Calzada	39
Tabla 8.	Anchos para Espaldones	39
Tabla 9.	Valores de Bombeo	41
Tabla 10.	Ejemplos de Formatos para la Interoperabilidad BIM.....	45
Tabla 11.	Estudio de tráfico - TPDA.....	47
Tabla 12.	Tasa de crecimiento de tráfico	50
Tabla 13.	Historio del Tráfico Promedio Diario Anual en años	51
Tabla 14.	Tipo de carreteras en función del tráfico proyectado.....	52
Tabla 15.	Tipo de carreteras en función de la jerarquía	53
Tabla 16.	Relación entre la velocidad de diseño y de circulación	55
Tabla 17.	Curvas verticales convexas mínimas	58
Tabla 18.	Curvas verticales cóncavas mínimas.....	59
Tabla 19.	Valores mínimos de diseño del coeficiente "k" para la determinación de las longitudes de curvas verticales convexas mínimas	59
Tabla 20.	Valores mínimos de diseño del coeficiente "k" para la determinación de las longitudes de curvas verticales cóncavas mínimas.....	59
Tabla 21.	Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas	60
Tabla 22.	Valores de diseño de las distancias de visibilidad mínimas para la parada de un vehículo	61

Tabla 23.	Coeficiente de rugosidad de Manning para canales abiertos	64
Tabla 24.	Velocidades y caudales permisibles para distintos valores de pendiente.....	65
Tabla 25.	Coeficientes de escorrentía para distintos factores	66
Tabla 26.	Zonificación de intensidades.....	67
Tabla 27.	Intensidad diaria para periodos de retorno	67
Tabla 28.	Valores de C para la fórmula de Talbot	71
Tabla 29.	Diámetros de Alcantarillas.....	72
Tabla 30.	Levantamiento topográfico.	114
Tabla 31.	Movimiento de tierras.	126
Tabla 32.	Movimiento de tierras del túnel propuesto.....	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Trayectoria de la rueda para determinar el sobreebanco del carril.....	31
Ilustración 2. Distancia de visibilidad de parada.....	34
Ilustración 3. Distancia de visibilidad de Adelantamiento.....	34
Ilustración 4. Secciones Típicas de Cunetas.....	42
Ilustración 5. Apreciación de Cunetas de Coronación.....	42
Ilustración 6. Valores de diseño recomendados para carreteras y caminos vecinales.....	54
Ilustración 7. Sección transversal de la cuneta.....	70
Ilustración 8. Diámetros de Alcantarillas tipo ARMICO.....	73
Ilustración 9. Cabezal de entrada y salida Tipo.....	73
Ilustración 10. Cabezal de salida Tipo.....	74
Ilustración 11. Topografía georreferenciada del proyecto.....	75
Ilustración 12. Triangulación de la superficie.....	76
Ilustración 13. Triangulación de la superficie con longitud máxima de 30 m.....	76
Ilustración 14. Topografía del terreno en vista 3D.....	77
Ilustración 15. Superficie del terreno en rango de colores.....	77
Ilustración 16. Tabla de rangos de colores por cada 20 m de elevación.....	78
Ilustración 17. Trazado de ruta siguiendo las normas MTOP.....	78
Ilustración 18. Tabla de descripción de curvas.....	79
Ilustración 19. Ancho de vía (3 m a cada lado).....	79
Ilustración 20. Cuadro de peraltes y sobreebanco de la vía.....	80
Ilustración 21. Sobreebanco.....	81
Ilustración 22. Perfil longitudinal de la vía.....	81
Ilustración 23. Rasante del proyecto.....	82
Ilustración 24. Bandas del perfil longitudinal.....	82
Ilustración 25. Pendientes menores al 12%.....	83
Ilustración 26. Curvas verticales cóncavas.....	84
Ilustración 27. Curvas verticales convexas.....	84
Ilustración 28. Tabla con los valores K y longitud mínima de curvas verticales.....	85
Ilustración 29. Subensamblaje de la vía y cuadro de configuración.....	85
Ilustración 30. Subensamblaje de la cuneta y cuadro de configuración.....	86
Ilustración 31. Subensamblaje de la sección típica.....	87
Ilustración 32. Sección típica condicional.....	87
Ilustración 33. Sección típica del túnel.....	88

Ilustración 34. Corredor vial.....	88
Ilustración 35. Modelo de vía y terraceo en vista 3D.....	89
Ilustración 36. Secciones transversales.	90
Ilustración 37. Sección transversal de corte.	90
Ilustración 38. Sección transversal de relleno.	91
Ilustración 39. Importación de datos desde Civil 3D a InfraWorks.	93
Ilustración 40. Alineamiento vertical del proyecto.	94
Ilustración 41. Verificación del alineamiento vertical tanto en Civil 3D e InfraWorks.	94
Ilustración 42. Sección Transversal en InfraWorks.....	95
Ilustración 43. Área de desmonte y terraplén en InfraWorks.....	95
Ilustración 44. Señalización vertical del proyecto.....	96
Ilustración 45. Señalización horizontal del proyecto.....	97
Ilustración 46. Alumbrado público, obra complementaria.	97
Ilustración 47. Tránsito vehicular.	98
Ilustración 48. ODT (Obras de drenaje transversal) en InfraWorks.....	98
Ilustración 49. Visualización del modelo final en InfraWorks.....	99
Ilustración 50. Modelo paramétrico en InfraWorks.	99
Ilustración 51. Representación del túnel en InfraWorks.	100

Resumen

El presente trabajo de investigación, “Implementación de la metodología BIM para el diseño geométrico de la vía San Francisco de Orongo – el Congreso, de 5 km, cantón Echeandía, provincia de Bolívar”, trata de demostrar la eficiencia de la metodología BIM aplicada a la ingeniería vial por medio de las herramientas informáticas ingenieriles Civil 3D e InfraWorks en las etapas de conceptualización, criterio de diseño y diseño detallado de proyectos.

En el trabajo de investigación se siguió la metodología constituida por tres factores importantes: Modelo, fase y software (Civil 3D e InfraWorks). Siendo este el caso, se procedió a efectuar un estudio de planeación de estándares BIM, en donde se siguió tres pasos: Evaluación, diagnóstico y diseño del proyecto propuesto.

Para la fase de evaluación se calculó los principales apartados de carácter técnico como lo es: Levantamiento topográfico, estudio de la intensidad del tráfico, estudio de las condiciones hidrológicas y de drenaje como parámetros para el diseño de las cunetas y alcantarillas transversales. Luego de la fase de evaluación se analizó los aspectos del proyecto enfocándonos sobre todo en aquellos que deberían ser mejorados con el fin de poder corregir oportunamente los imprevistos antes de su etapa de ejecución.

Una vez que se hizo el diagnóstico respectivo de los parámetros que regirán el diseño para establecer las principales características a ser mejoradas se procedió con el diseño geométrico de la vía San Francisco de Orongo – El Congreso (5 Km) cantón Echeandía por medio del software Civil 3D donde se resaltó las características más importantes del proyecto en sus tres dimensiones: planta, perfil longitudinal y perfil transversal. Junto con lo anterior se llevó al proyecto a un entorno BIM mediante la interoperabilidad entre Civil 3D e InfraWorks con el fin de visualizar el entorno de trabajo de una forma más realista lo que evitará el surgimiento de imprevistos en la obra y trayendo consigo la reducción de costos.

Palabras claves: BIM, Civil 3D, Infra Works, Interoperabilidad BIM

Abstract

The present research work, "Implementation of the BIM methodology for the geometric design of the San Francisco de Orongo - el Congreso road, 5 km, Echeandía canton, province of Bolívar", tries to demonstrate the efficiency of the BIM methodology applied to road engineering through Civil 3D and InfraWorks engineering software tools in the stages of conceptualization, design criteria and detailed project design.

In the research work, the methodology consisting of three important factors was followed: Model, phase and software (Civil 3D and InfraWorks). This being the case, a BIM standards planning study was carried out, where three steps were followed: Evaluation, diagnosis and design of the proposed project.

For the evaluation phase, the main sections of a technical nature were calculated, such as: Topographic survey, study of traffic intensity, study of hydrological and drainage conditions as parameters for the design of gutters and cross sewers. After the evaluation phase, the aspects of the project were analyzed, focusing above all on those that should be improved to be able to correct unforeseen events in a timely manner before its execution stage.

Once the respective diagnosis of the parameters that will govern the design was made to establish the main characteristics to be improved, the geometric design of the San Francisco de Orongo – El Congreso road (5 km) Echeandía canton was carried out using Civil software. 3D where the most important characteristics of the project in its three dimensions were highlighted: plan, longitudinal profile, and cross section. Along with the above, the project was taken to a BIM environment through the interoperability between Civil 3D and InfraWorks to visualize the work environment in a more realistic way, which will avoid the emergence of unforeseen events in the work and bringing with it the reduction of costs.

Keywords: BIM, Civil 3D, Infra Works, BIM Interoperability

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. Introducción

La historia humana está marcada por constantes cambios que han modernizado su comprensión del mundo y su relación con él, de hecho, un proceso de redescubrimiento es conocido como revoluciones, ya que estas transforman patrones establecidos, modificando así su comportamiento dentro de la sociedad, lo que se puede observar en los ámbitos cultural, social y económico. La revolución hace que las personas desarrollen una mayor adaptabilidad para aceptar y ser parte de las nuevas tendencias globales.

Según el Foro Económico Mundial (WEF), una organización de cooperación internacional público-privada sin fines de lucro dedicada a brindar estrategias para resolver problemas sociales, el mundo se encuentra inmerso en un momento histórico conocido como Revolución, la cuarta revolución industrial o revolución digital. Según Klaus Schwab, economista, ingeniero y fundador de W.E.F., esto es lo que constituye la evolución y el desarrollo tecnológico basado en Internet, quien ha demostrado que toda actividad humana en el futuro tendrá un componente virtual asociado, haciéndola más automatizada. La industria de la construcción civil se ha acostumbrado a este nuevo modelo, ya que actividades como la consultoría y la construcción sufrirán cambios radicales en el uso de la tecnología; Esto abrirá el camino a nuevos materiales, hardware, software, pagos virtuales (blockchains) que cambiarán por completo la forma de hacer los proyectos, lo que significa que la industria y la academia deben desarrollar estrategias para implementar de manera rápida, precisa y eficiente estas nuevas tecnologías para mejorar el flujo de trabajo.

Este trabajo de investigación presenta la aplicación de la metodología BIM (Building Information Modeling) al diseño y documentación de proyectos de infraestructura vial, asumiendo que las rutas de tránsito son parte integral del proyecto en el desarrollo de la región y la necesidad de mejorar los procesos que permitan su desarrollo en la construcción.

Las carreteras son la parte más importante de la infraestructura de transporte en cuanto a la movilización de personas y mercancías, por lo que la construcción de la infraestructura vial debe realizarse de la mejor manera posible, utilizando las herramientas adecuadas, ingeniería de detalle y herramientas de construcción para lograr

seguridad, funcionalidad y tiempo, que optimizan el diseño y la construcción apoyados por nuevos procesos que se basan en la tecnología informática existentes.

Se espera que este trabajo de grado sea utilizado como una herramienta teórico-práctica para ayudar a los lectores a comprender qué es el Building Information Modeling (BIM) y abrir la puerta a la investigación sobre este tema para los estudiantes y para aquellos que quieran mantenerse informados en general a la vanguardia de las metodologías que han sido tomadas en serio, como ley, en muchos países. También se espera que sirva como modelo para entender que el Ecuador puede generar estrategias que contribuyan a la mejora continua de los procesos constructivos y la optimización de la productividad en diferentes ámbitos del orden nacional.

1.2. Planteamiento del problema

Los proyectos constructivos si bien son programados, planificados y calendarizados, estos no se encuentran ajustados a la situación real en la que tendrá lugar su ejecución por lo que llega a generarse una incertidumbre respecto al nivel de precisión bajo el cual estos se llevan a cabo.

En el diseño geométrico de los proyectos de infraestructura vial al igual que en toda rama de la ingeniería, es imprescindible el poder contar con herramientas tecnológicas de alta precisión que permitan detallar de forma exacta y minuciosa las especificaciones del diseño, así como los diferentes detalles de tipo constructivo que registrarán sus avances en obra.

En muchos casos las obras se ven paralizadas por varios inconvenientes que se derivan de ciertos factores provenientes de errores en la fase de planificación dando lugar a imprecisiones en la cuantificación de rubros trayendo como inevitable consecuencia el surgimiento de altos márgenes de error originando así fallas en la elaboración de los presupuestos lo que ocasionará su suspensión.

De acuerdo con lo explicado anteriormente, entonces, se considera que en los proyectos ingenieriles deberá de implementarse la metodología BIM con el objeto de facilitar la toma de decisiones durante la ejecución de estos obteniendo así un enfoque más amplio y preciso acerca de cómo se los va a materializar logrando por consiguiente la reducción de los tiempos de trabajo junto con los muy posibles imprevistos en obra.

Para el caso del trabajo propuesto, se busca llegar a comprobar la efectividad que puede llegar a tener la aplicación de la tecnología BIM aplicada en el diseño geométrico de la vía que conecta las comunidades San Francisco de Orongo y El

Congreso a través de la implementación de las herramientas computacionales Civil 3D e Infra Works, programas desarrollados por la compañía Autodesk, de las cuales se cuenta con licencia estudiantil para el desarrollo del proyecto.

1.3. Justificación

La tecnología ha experimentado avances significativos e indiscutibles en los últimos veinte años por lo que esta juega un papel de fundamental importancia en la generación de proyectos constructivos y su posterior ejecución. En los tiempos recientes se ha popularizado tanto entre constructores como en consultores el empleo de la metodología BIM – Building Information Modeling (Modelado de Información de Construcción), misma que viene siendo un sistema de gestión de los proyectos constructivos basado en el uso de un modelo tridimensional de tipo virtual relacionado con las bases de datos. El BIM ofrece la gran ventaja de producir y almacenar la totalidad de la información necesaria que permiten operar en todas las fases que conforman el ciclo constructivo de los proyectos.

La tecnología BIM, por lo tanto, constituye una alternativa constructiva por medio de la cual se pueden llegar a detectar las diferentes anomalías que podrían surgir en la fase constructiva real, expresado de otra forma, la referida tecnología viene siendo una herramienta informática que establece un modelo de simulación del proceso de ejecución de un proyecto.

En lo referente al tema de disertación propuesto, la implementación de la metodología BIM en los diseños geométricos de infraestructuras viales constituirá un recurso de alta efectividad, el mismo que permitirá obtener resultados precisos y confiables eliminando así los márgenes de error en los procesos de planillaje y, por ende, en los costos presupuestarios. La metodología BIM además viene siendo una herramienta de invaluable utilidad en los procesos de calendarización, programación, fiscalización y seguimiento de obras, lo que permitirá que el avance de estas vaya de acuerdo con las fechas de ejecución de fases programadas llegando a cumplirse con los tiempos asignados, y, en el mejor de los casos, adelantándose a estos.

Por todo lo explicado anteriormente, la implementación de la metodología BIM en los proyectos de infraestructura vial constituirá un aporte de relevante significancia para su diseño y ejecución generando así la optimización de tiempo y recursos.

1.4. Hipótesis

La metodología BIM aplicada en el diseño geométrico de proyectos de infraestructura vial por medio de las herramientas Civil 3D e Infra Works generará resultados confiables y precisos, lo que permitirá la identificación de los posibles problemas que puedan llegar a suscitarse durante la ejecución de las obras, garantizando así la calidad y confiabilidad de los diseños.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general.

Comprobar la efectividad de la metodología BIM mediante el empleo de las herramientas computacionales Civil 3D e Infra Works aplicadas en el estudio y diseño geométrico de la vía San Francisco de Orongo – El Congreso (5,0 Km), cantón Echeandía, provincia de Bolívar.

1.5.2. Objetivos específicos.

- Efectuar el estudio topográfico de la zona colindante con las comunidades San Francisco de Orongo y El Congreso del cantón Echeandía, provincia de Bolívar para posteriormente efectuar el respectivo diseño geométrico de la vía carrozable que conecte a las referidas comunidades, todo ello aplicando la metodología BIM a través de las herramientas computacionales Civil 3D e InfraWorks.
- Transformar el modelo desarrollado en planta a una representación en 3D de tipo realista por medio de la herramienta computacional InfraWorks en la etapa del diseño y análisis del proyecto.
- Analizar los efectos de la aplicación de la metodología BIM en la Ingeniería civil y de forma particular en el diseño y ejecución de los proyectos viales.

1.6. Alcance

Por medio del tema de disertación de grado presentado, sus proponentes se enfocarán en demostrar la eficiencia de la metodología BIM aplicada por medio de las herramientas informáticas ingenieriles Civil 3D e InfraWorks en las etapas de conceptualización, criterios del diseño y diseño detallado de proyectos viales, aplicando para el caso en estudio el diseño geométrico de la vía San Francisco de Orongo – El Congreso, la misma que tendrá una extensión de 5,0 Km. Junto con lo anterior, se pretende comprobar la eficacia de la aplicación de la metodología BIM en el diseño de proyectos de ingeniería vial como una herramienta que permitirá la identificación

inmediata y precisa de los problemas que podrán surgir en obra antes de la etapa de ejecución y determinar de forma simultánea tanto los impactos positivos como negativos que pueden generarse en el entorno del proyecto.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En el Ecuador la metodología BIM todavía es incipiente debido a que los proyectos son planificados en forma convencional basándose generalmente en la planificación de los proyectos teniendo como base el control general del estado de los mismos cuando todos sus componentes han concluido con su correspondiente etapa.

Las principales causas de los problemas en los proyectos durante el desarrollo de la etapa constructiva de acuerdo a la experiencia de muchos profesionales en la materia tienen su origen en muchos factores estando entre los más corrientes la falta de planificación, falta de procesos, escaso nivel de cooperación entre el grupo de profesionales participantes en la planificación y desarrollo de los proyectos, limitado conocimiento y uso de las herramientas tecnológicas y bajo nivel de constructividad. (BIM Community, 2018, pág. 18)

Sin embargo, los problemas anteriores pueden ser solucionados por medio de la implementación de procesos y metodologías BIM debido a que gracias a estas es posible tener una visualización general del proyecto por medio de la integración de las diferentes disciplinas en las que se basan tanto la ejecución como el desarrollo del mismo, facilitándose de esta forma la delimitación y la definición de la totalidad de los detalles que integran el proyecto antes de su fase constructiva. (Castro, 2016, pág. 15)

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. Metodología BIM.

BIM (Building Information Modeling) es una metodología por medio de la cual es posible efectuar simulaciones de carácter digital en base al manejo sincronizado de la información en la que se basará la ejecución de un proyecto constructivo. (Campero & Alarcón, 2014, pág. 5)

La metodología BIM es un sistema de gestión informativa, el mismo que se encarga de la producción y almacenamiento de la información para en base a esta llegar a operar en la totalidad de las fases de vida útil de los proyectos. (Guzmán, 2014, pág. 15)

Por medio de la metodología BIM es posible combinar una multiplicidad de disciplinas como la ingeniería sanitaria, estructural, hidráulica, vial, eléctrica, geológica, arquitectura, decoración, etc. siendo todas estas integradas en un modelo de tipo virtual en donde se almacena la información, misma que irá desde los factores interventores en

el proceso, el modelaje propio del proyecto constructivo, los aspectos técnicos relacionados con cada una de las ramas técnicas por medio de las cuales se llevará a cabo la ejecución del proyecto, las respectivas fases de ejecución, mantenimiento, administración, programación, financiamiento, entre las más importantes. Debido a todo lo anterior, la metodología BIM está considerada como un modelo de tipo bidimensional. (Galindo, 2018, pág. 13)

El BIM como metodología de trabajo, se encuentra reconocido por ser una metodología de tipo corporativa, además de que está considerada como una herramienta que combina los factores más influyentes en los procesos de planificación, diseño, construcción, fiscalización y manutención del proyecto, debido a todo ello, será posible lograr una gestión comunicativa totalmente positiva, facilitándose así la toma de decisiones inmediatas y acertadas que agilizarán todas y cada una de las etapas de los proyectos reduciendo de forma considerable su tiempo de entrega.

El BIM vendrá siendo el conjunto de metodologías de trabajo respaldadas en el manejo coordinado y continuo de la información mediante el empleo de una o varias bases de datos compatibles en donde sea posible el almacenamiento de toda la información requerida para poder llevar a cabo el proyecto concebido. (Acuña F. , 2016, pág. 9)

2.2.2. Fases de implementación BIM.

2.2.2.1. Fase de conceptualización.

Esta fase es el resultado de recopilar y analizar toda la información que define el proyecto, dando lugar a la primera idea de proyecto. En esta fase se pueden proponer diferentes alternativas para lograr el objetivo del proyecto. Se han realizado varios escenarios, donde se utilizan diseños conceptuales para el análisis, y luego se seleccionan ideas o diseños que representan los mejores intereses de integración con los objetivos del proyecto.

En esta fase, es necesario utilizar una herramienta informativa de diseño BIM para evaluar la alternativa propuesta y, por lo tanto, como ayuda para seleccionar la mejor opción. (Acuña F. , 2016, pág. 17)

2.2.2.2. Fase de criterios de diseño.

En la fase de criterios de diseño, el diseño comienza a tomar forma. Las principales opciones son evaluadas, probadas y seleccionadas.

Se elige la mejor alternativa desde el diseño conceptual, se comienza el diseño detallado y se estudia la estructura y los componentes del diseño en detalle. Además, incluye la aplicación de normas técnicas y ajustes de soporte técnico al diseño conceptual para obtener el diseño final.

Se recomienda que el diseño conceptual BIM sea compatible con la herramienta BIM de diseño final para aprovechar la máxima cantidad de características geométricas e información contenida en el diseño conceptual. La continuidad y consistencia de los datos son elementos fundamentales de la metodología BIM. (Acuña F. , 2016, pág. 17)

2.2.2.3. Fase de diseño detallado.

Dentro de la fase de diseño detallado se muestra información específica del proyecto, lo que significa que se debe describir a detalle los estudios de la zona donde va a ser implantada la vía con el objetivo de resolver todas las decisiones claves del proyecto definidos en la fase de conceptualización y así, acercarlo a un diseño aplicable a la realidad. (Acuña Correa, 2016, pág. 25)

Esta etapa se caracteriza por la determinación de la geometría horizontal y vertical a través de un correcto uso de la normativa técnica vial vigente, lo cual permite asegurar que la vía preste los niveles de servicio y seguridad necesarios para su uso.

La normativa vial vigente es asistida a través de un correcto uso de las herramientas BIM, lo cual permitirá optimizar los diseños de la fase de conceptualización logrando así, que los datos de prediseño sean procesados y aprovechados. (Acuña Correa, 2016, pág. 26)

2.2.2.4. Fase de construcción.

La fase de construcción empieza luego de haber definido e identificado todos los puntos que denotan el diseño del proyecto vial. Aquí, se lleva a cabo un seguimiento minucioso de la evolución del proyecto a través de un control logístico basado en programación de obra mediante el uso de herramientas BIM.

El uso de estas herramientas BIM trae consigo el extraer información cuantificable, lo cual permite caracterizar los materiales para los elementos modelados. (Acuña Correa, 2016, pág. 19)

2.2.2.5. Fase de operación y mantenimiento.

Esta etapa empieza luego de haber concluido la fase de construcción, lo cual implica el periodo de mayor extensión en la vida útil del proyecto ya que sin duda parte

de los costes van dirigidos a esta fase para garantizar su correcta funcionalidad y durabilidad.

El tener consigo la documentación y la información del proyecto permite tener una correcta gestión de sus componentes, lo cual implica prevenir cualquier fallo provocado por los fenómenos físicos, ambientales o causados por el hombre. (Sanz Izquierdo & Garcia Ahumada, s.f)

La aplicación de la metodología BIM y los datos obtenidos en tiempo real permiten optimizar el correcto funcionamiento de la infraestructura lo cual lleva consigo el ajuste y actualización que se puede dar durante su vida útil por causa de su uso o mantenimiento. (Acuña Correa, 2016, pág. 19)

2.2.3. Modelo tridimensional: 3D BIM.

2.2.3.1. Información geométrica.

Tráfico promedio diario anual (TPDA)

Comprende una unidad de medida, la cual nos permite conocer el volumen de tráfico que comprende la carretera a estudio. Sin embargo, para determinar el TPDA es importante considerar ciertos puntos los cuales se detallan a continuación:

- Cuando la vía es en un solo sentido, el conteo vehicular se lo hace únicamente en ese sentido.
- Cuando la vía es en doble sentido, el conteo vehicular se lo deberá hacer en los dos sentidos, sin embargo, al finalizar el día el volumen de tráfico de un sentido será igual al otro sentido.
- En el caso de autopistas, el cálculo del TPDA se lo hace para cada sentido de circulación debido a que interviene el flujo direccional que comprende el 1% de vehículos en cada sentido de la vía.

La forma apropiada para determinar el TPDA es tener los datos que nos proporcione una estación de conteo permanente, lo cual nos permitiría saber las variaciones diarias, semanales o mensuales del sitio. Sin embargo, resulta complicado tener estaciones permanentes en todas las rutas, lo que resulta estimar por una semana el TPDA semanal aplicando un muestreo de 24 horas diarias por lo menos 4 días a la semana que incluyan sábado y domingo (Freire Ruiz, 2020, pág. 13).

Cada información que se obtenga de la recolección de datos en campo se los debe procesar para poder comparar el volumen de tránsito de los días ordinarios con

respecto a los fines de semana para poder hacer un ajuste y así poder obtener el TPDA semanal (MTOP, 2003).

Variaciones del tráfico

Hace referencia a ciertos factores que nos permite establecer una relación entre las observaciones puntuales y actuales de tráfico de los datos estadísticos que se obtuvo con anticipación, permitiendo así, determinar el TPDA del año en el que se realice el estudio. Se puede considerar esta relación siempre y cuando la población se mueva acorde a un hábito, lo cual según la estructura social se mantiene constante, permitiendo calcular el TPDA en base a muestreo (MTOP, 2003).

Existen ciertos factores de variación que intervienen en el cálculo del TPDA a partir de una muestra, los cuales son:

- **Factor Horario (FH).** _ permite transformar el volumen de tráfico que haya registrado durante el estudio a VOLUMEN DIARIO PROMEDIO.
- **Factor Diario (FD).** _ permite transformar el volumen de tráfico promedio diario en VOLUMEN SEMANAL PROMEDIO.
- **Factor Semanal (FS).** _ permite transformar el volumen de tráfico promedio semanal en VOLUMEN MENSUAL PROMEDIO.
- **Factor Mensual (FM).** _ permite transformar el volumen de tráfico promedio mensual en TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL.

$$TPDA = T_0 * FH * FD * FS * FM$$

Donde:

$T_0 = \text{Tráfico Observado}$

Velocidad de Diseño

Es la velocidad máxima que el vehículo puede circular con total seguridad considerando las condiciones atmosféricas del sitio y un tránsito óptimo. Los valores de velocidad de diseño se basan a partir de las condiciones físicas y topográficas del terreno, del grado de importancia de la vía, los volúmenes de tránsito y uso de la tierra, tomando siempre en consideración que su valor sea lo más seguro y eficiente posible. A partir del valor que se tome de velocidad de diseño se puede calcular los elementos geométricos de la vía tanto para el alineamiento horizontal como vertical (Freire Ruiz, 2020).

El tener una topografía irregular puede obligar al diseñador a realizar cambios en la velocidad de diseño en ciertos tramos de vía. Sin embargo, es importante tener en

claro que la introducción de una velocidad de diseño mayor o menor no se lo debe hacer repetitivamente, sino a una distancia que permita al conductor cambiar de velocidad gradualmente. En dos tramos continuos con velocidades de diseño distintas, su diferencia no debe ser mayor a 20 km/h, lo cual es importante colocar una adecuada señalización para indicar el cambio de velocidad (MTO, 2003).

Tabla 1. Velocidad de diseño

Velocidad de Diseño en Km/h						
Clase de Carretera	Valor Recomendable			Valor Absoluto		
	Llano	Ondulado	Montañoso	Llano	Ondulado	Montañoso
RI o RII	120	110	90	110	90	80
I	110	100	80	100	80	70
II	110	100	80	100	80	60
III	110	80	60	90	70	50
IV	90	70	60	80	60	40
V	70	60	50	50	40	40
Los valores recomendados se emplearán cuando el TPDA es cercano al Límite superior de la Respectiva categoría de la vía.						
Los valores absolutos se emplearán cuando el TPDA es cercano al límite inferior de la respectiva categoría de la vía o cuando la topografía es escarpada.						

Fuente: (MTO, 2003)

Velocidad de Circulación

Se entiende como velocidad de circulación a la velocidad real a la cual va el vehículo dentro de un tramo de carretera, su valor se obtiene de la relación que existe entre la distancia recorrida y el tiempo de circulación del vehículo o la relación entre la suma de las distancias recorridas de todos los vehículos para la suma de los tiempos recorridos correspondientes.

La calidad de servicio que proporciona una vía a los usuarios depende mucho de la velocidad de circulación, por tal razón como un requisito de diseño es importante conocer la velocidad a la cual va a circular los vehículos para diferentes volúmenes de tránsito.

Para calcular el volumen de circulación, este depende mucho de la velocidad de tránsito lo cual se detalla a continuación:

Para volúmenes de tránsito menores a 1000

$$V_c = 0,8 * V_d + 6,5$$

Para volúmenes de tránsito entre 1000 y 3000

$$V_c = 1,32 * V_d^{0,89}$$

Donde:

$$Vd = \text{Velocidad de diseño, } \frac{km}{h}$$

Tabla 2. Velocidad de circulación

Velocidad de diseño km/h	Velocidad de Circulación km/h		
	Volumen de Tránsito Bajo	Volumen de Tránsito Intermedio	Volumen de Tránsito Alto
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	78	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

Fuente: (MTO, 2003)

2.2.3.2. *Alineamiento horizontal.*

El alineamiento horizontal comprende una proyección detallada del eje del proyecto sobre un plano horizontal, implica una serie de elementos los cuales constan las tangentes y las curvas ya sean circulares o de transición. Para definir el alineamiento horizontal, este depende de muchos factores de los cuales se destaca la topografía, las características del terreno tanto hidrológicas como mecánicas, las condiciones de drenaje y el potencial mecánico de los materiales de sitio.

Tangente

En el plano horizontal se define a la tangente como la prolongación de las rectas que unen las curvas, la intersección de estas rectas tangentes proyectadas se lo llama PI y el ángulo que da origen por la intersección entre las tangentes se lo define como α (alfa). Las tangentes intermedias largas es la causa principal de los accidentes por lo cual está condicionada su longitud, esta se define como la distancia entre la curva anterior final y el inicio de la siguiente (MTO, 2003).

Curvas circulares

Se entiende como los arcos circulares que permiten la unión de dos tangentes consecutivas en el plano horizontal, estas pueden ser simples o compuestas (MTO, 2003).

- **Grado de Curvatura.** - es el ángulo que se forma a partir de un arco de 20 metros, de su valor máximo depende la seguridad del conductor junto con el peralte máximo y la velocidad de diseño (MTOP, 2003).

$$\frac{G_C}{20} = \frac{360}{2\pi R}$$

- **Radio de Curvatura.** - está en función del grado de curvatura, lo cual se identifica con el símbolo “R”

$$R = \frac{360 * 20}{2\pi G_C}$$

$$R = \frac{1145,92}{2G_C}$$

Radio mínimo de curvatura horizontal

Esta en función del máximo peralte (e) adoptado y el coeficiente de fricción lateral correspondiente (f), lo que permite una mayor seguridad en el tránsito dependiendo de la velocidad de diseño. Comprende el menor valor de radio de curvatura horizontal, el empleo de este valor obligará el uso de peraltes que sobrepasen los límites permitidos para la operación de vehículos, su valor se lo puede calcular con la siguiente fórmula:

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

Donde:

Rmin = Radio mínimo de la curva horizontal, m.

V = Velocidad de diseño, km/h

e = Peralte

f = Coeficiente de fricción transversal de acuerdo a la ecuación:

$$f = 0,19 - 0,000626 * Vd$$

Para adoptar el valor de radio mínimo es importante tener en cuenta ciertos criterios los cuales son:

- Cuando las características del terreno son de tipo montañosa escarpada.
- Cuando son vías urbanas
- Cuando existe una intersección entre caminos

- Cuando existe una aproximación a un cruce de accidente de tipo orográfico e hidrográfico.

Curvas de Transición

Son curvas que permiten una unión gradual del tramo de tangente con la curva circular, estas se las utiliza tanto para la prolongación del peralte y del sobreebanco. Se caracterizan por que en las curvas de transición se desarrollan de manera continua el cambio en el valor del radio de curvatura y en la aceleración centrífuga, lo cual varían de forma constante. Esta variación está en función de la longitud de la espiral ya que su variación se torna más repentino cuando el valor de la longitud es más corto (MTOPI, 2003).

Para efectuar una mejor transición es recomendable utilizar la espiral de Euler o clotoide, con el fin de aumentar la seguridad en las vías permitiendo un mejor control del vehículo al ingreso en la curva y así evitar que se salga de su carril.

Entre los elementos que se destacan en las curvas de transición son:

- **Longitud de la espiral.** - Es la distancia medida sobre la curva, lo cual se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$Le = 0,072 * \frac{V^3}{R * C}$$

Donde:

Le = Longitud mínima de la espiral medida en metros (m)

V = Velocidad de diseño (km/h)

R = Radio de la curva circular medida en metros (m)

C = Coeficiente de comodidad y seguridad.

Para determinar la longitud de la espiral como un criterio práctico se lo puede hacer a partir de una suposición de la distancia necesaria para el desarrollo del peralte aplicando la siguiente expresión:

$$Le = \frac{a * e}{P} * a * e * m$$

Donde:

a = Semiancho de la calzada en tangente para caminos de dos carriles.

e = Peralte de la curva circular en valor absoluto.

P = Pendiente longitudinal de la orilla de la calzada con respecto al eje del camino

m = Talud de la orilla de la calzada respecto al eje del camino.

$$m = 1,5627 * V + 75$$

Tabla 3. Longitud de la Espiral en función de la velocidad de diseño

VALORES MÍNIMOS RECOMENDABLES DE LA LONGITUD DE LA ESPIRAL														
(Le = 0,036 V ³ /R)														
Vd (km/h)	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120
Rmin (m)	18	20	25	30	42	56	75	110	160	210	275	350	430	520
Le min (m)	30	30	40	52	55	59	60	70	80	90	95	100	110	120

Fuente: (MTOPI, 2003)

Peralte

Un vehículo al recorrer una trayectoria circular, este es empujado hacia afuera debido al efecto de una fuerza centrífuga “F”. Esta fuerza es contrarrestada por las fuerzas tanto en x e y del peso (P) del automotor debido a la acción del peralte y la fricción que genera entre las llantas y la calzada (Freire Ruiz, 2020, pág. 43).

La fuerza centrífuga “F” se lo puede obtener a partir de la siguiente expresión:

$$F = \frac{m * V^2}{R} = \frac{P * V^2}{g * R}$$

Donde:

P = Peso del vehículo (kg)

V = Velocidad de diseño (m/s)

g = gravedad

R = Radio de la curva circular (m)

Magnitud del Peralte

El empleo de un peralte adecuado permite que el vehículo circule con total seguridad y comodidad en curvas horizontales, por tal razón los valores de peralte no deben sobrepasar los límites máximos ya establecidos, ya que si un valor es muy alto puede provocar el deslizamiento del vehículo hacia el interior de la curva mientras circula a baja velocidad.

Ciertos criterios son importantes a considerar para utilizar los valores máximos del peralte y así evitar:

- Un progresivo desgaste de la calzada tanto en camino de tierra, subbase, debido a una alta incidencia de agua sobre la calzada.
- Una mala distribución del peso de las ruedas del automotor tanto pesados como livianos.

- El deslizamiento del vehículo hacia el interior de la curva mientras circula a baja velocidad.

Sobreancho

El implementar un sobreancho en la calzada permite una mayor seguridad para el vehículo al momento de ingresar en una curva horizontal, si bien es cierto el vehículo al describir la curva sus ruedas traseras describen una trayectoria diferente a sus ruedas delanteras. El ancho adicional colocado depende de las condiciones en la cual se encuentra la vía y la curva, su valor se lo puede determinar a través de distintos métodos empíricos (MTOPI, 2003).

MTOPI 2003 establece una expresión para calcular el sobreancho lo cual se lo define a continuación:

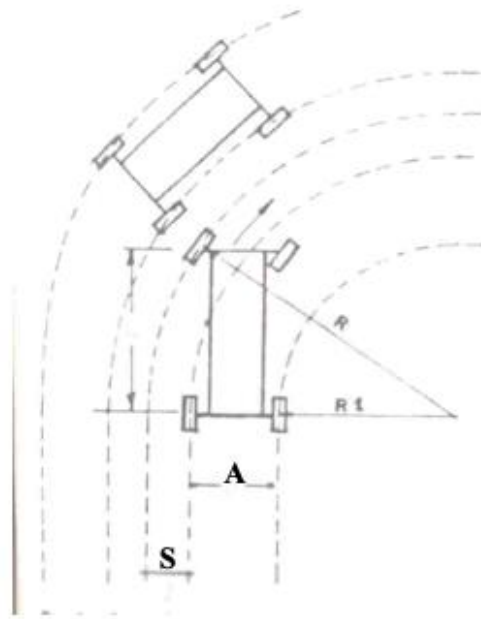


Ilustración 1. Trayectoria de la rueda para determinar el sobreancho del carril.

Fuente: (MTOPI, 2003)

$$S = R - \sqrt{R^2 - L^2}$$

Donde:

R = Radio de curvatura medida en metros (m)

A = Ancho del vehículo medido en metros (m)

S = Sobreancho medido en metros (m)

V = Velocidad de diseño en (km/h)

N = Número de carriles

Otro método convencional para el cálculo del sobreebanco es la que establece la AASHTO, lo cual considera los siguientes factores:

El ancho del vehículo de diseño

$$U = u + \sqrt{R^2 - L^2}$$

Donde:

u = Ancho normal de un vehículo el mismo que varía de 2,45 m a 2,60 m

L = La distancia entre el eje anterior y el eje posterior se asume 6,10 m

R = Radio de curvatura

El espacio lateral que necesita cada vehículo:

Ancho de calzada (m)	Valor de C
6	0,6
6,5	0,7
6,7	0,75
7,3	0,9

El avance del voladizo delantero del vehículo sobre el carril adyacente mientras gira

$$FA = \sqrt{R^2 + A(2L + A)} - R$$

El sobreebanco adicional de seguridad que claramente se puede observar que depende del radio de curvatura y la velocidad de diseño.

$$Z = \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Distancia de visibilidad

Se considera distancia de visibilidad al tramo de vía que el conductor logra observar hacia adelante mientras transita. Este tramo de vía permite que el usuario tenga mayor seguridad y una mejor eficiencia de operación del vehículo al transitar.

- **Distancia de visibilidad de parada (Dvp).** - Es la distancia que permite al conductor detenerse en cualquier punto con total seguridad cuando presenten algún riesgo que ponga en peligro a los acompañantes, lo cual transita a la velocidad de diseño. El tramo de vía que recorre el vehículo durante la maniobra se divide en dos distancias D1 y D2 (Cárdenas Grisales, 2013).

- **Distancia de recorrida durante la maniobra de percepción – reacción (D1).**
- Esta distancia depende de muchos factores los cuales se destacan los cambios climáticos, la magnitud del obstáculo, las condiciones físicas del conductor, entre otras. Si embargo, experimentalmente se ha obtenido valores de 1,5 y 1 segundo para el tiempo de percepción y reacción respectivamente. En Ecuador el valor que se ha considerado es 2, 5 segundos, lo cual se obtuvo la siguiente expresión (Freire Ruiz, 2020).

$$D1 = 0,694 V$$

Donde:

$$V = \text{Velocidad de diseño en km/h}$$

- **Distancia recorrida por el vehículo desde el momento en que se aplican los frenos hasta el momento en que se detiene (D2).** - Esta distancia comprende el tramo que recorre el vehículo desde el momento en que el conductor frena hasta cuando se detiene por completo con un movimiento uniformemente desacelerado, con una velocidad inicial de la de diseño y una velocidad final igual a cero (Cárdenas Grisales, 2013). Siendo este el caso, se aplica la siguiente expresión:

$$D2 = \frac{V^2}{254 fl}$$

Donde:

$$V = \text{Velocidad de diseño (km/h)}$$

$$fl = \text{Fricción longitudinal}$$

Tabla 4. Coeficiente de fricción longitudinal

Velocidad de diseño km/h	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Coeficiente de fricción longitudinal	0,44	0,4	0,37	0,35	0,33	0,32	0,315	0,31	0,305	0,3

Fuente: (MTOP, 2003)

La suma de los valores tanto de D1 como D2 da como resultado la distancia de visibilidad de parada:

$$Dvp = D1 + D2$$

$$D_{vp} = 0,694 V + \frac{V^2}{254 fl}$$

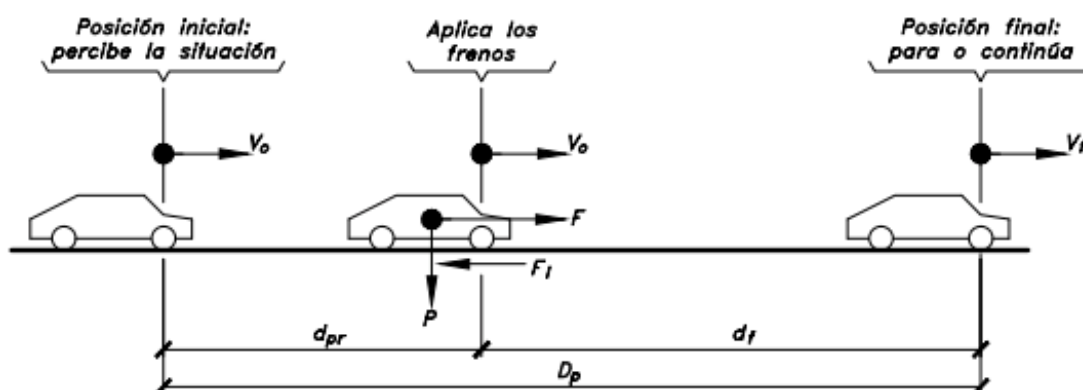


Ilustración 2. Distancia de visibilidad de parada.

Fuente: (Cárdenas Grisales, 2013)

Distancia de Adelantamiento

Es la distancia suficiente a la cual el conductor puede rebasar un vehículo que está en su propio carril con total seguridad sin provocar una interferencia a un tercero que se moviliza en sentido contrario. Sin embargo, es importante aclarar que la distancia de visibilidad únicamente se considerará en carriles de doble sentido.

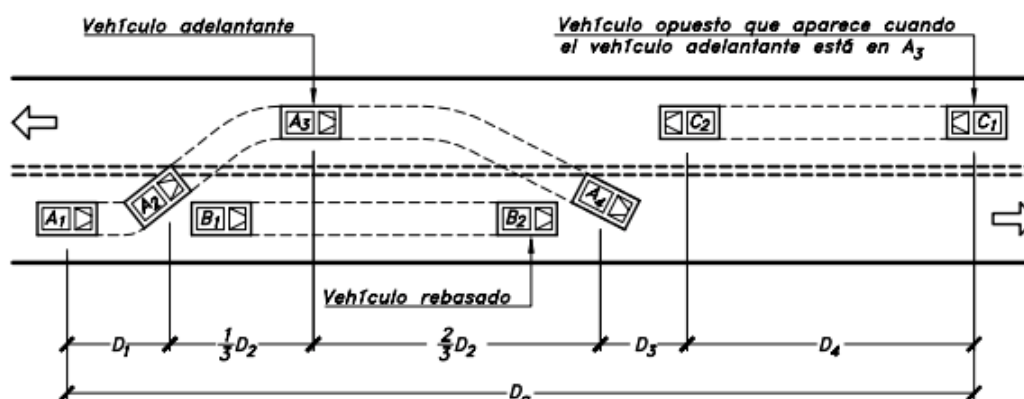


Ilustración 3. Distancia de visibilidad de Adelantamiento.

Fuente: (Cárdenas Grisales, 2013)

Para calcular la distancia de adelantamiento se consideró como guía los valores que se especifica en el Manual AASHTO.

$$D_r = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

Para el cálculo de la distancia D1 recorrida al momento de la maniobra inicial se calcula mediante la siguiente expresión:

$$D1 = 0,287 * t_1 * \left(V - m + \frac{at_1}{2} \right)$$

Donde:

t_1 = *Tiempo de la maniobra inicial en segundos*

a = *Promedio de aceleración del vehículo al iniciar el adelantamiento (km/h/s)*

V = *Velocidad del vehículo de adelantamiento (km/h)*

m

= *Diferencia de velocidad entre el vehículo de adelantamiento y el adelantado*

Para el cálculo de D2 que comprende la distancia que recorre el vehículo de adelantamiento desde que se cruza al carril contrario hasta que regresa a su propio carril se lo calcula con la siguiente expresión:

$$D2 = 0,287 * V * t_2$$

Donde:

t_2 = *Tiempo que tarde el vehículo adelantante desde que se cruza al carril contrario hasta que regresa a su propio carril (seg). Este tiempo puede variar entre 9,3 y 10,4 seg.*

V = *Velocidad del vehículo de adelantamiento.*

Para determinar D3 que comprende la distancia de seguridad entre el vehículo adelantante y el que viene en sentido contrario se toman valores que comprenden entre 30 y 90 metros basados en ciertos estudios (Cárdenas Grisales, 2013, pág. 407).

Para el valor de D4 que comprende la distancia que recorre el vehículo que viene en sentido contrario al vehículo de adelantamiento se lo calcula con la siguiente expresión (Cárdenas Grisales, 2013, pág. 407):

$$D4 = \frac{2}{3} * D2$$

2.2.3.3. Alineamiento vertical.

La sección longitudinal de la carretera es tan importante como la alineación transversal y debe estar directamente relacionada con la velocidad de diseño, las curvas horizontales y las distancias de visibilidad. En cualquier caso, no se debe sacrificar el perfil vertical para obtener una buena alineación horizontal (MTO, 2003).

Tangentes Verticales

- **Pendiente Mínima**

En particular, la pendiente mínima longitudinal de la rasante debe garantizar un fácil escurrimiento de las aguas lluvia para que pueda correr sin obstáculos en las superficies de rodadura y en las cunetas. La pendiente mínima para asegurar un buen funcionamiento de las cunetas debe ser de al menos 0,5% y 0,3% cuando se diseñe en un terreno plano, teniendo en cuenta los diferentes factores hidrológicos del terreno.

- **Pendiente Máxima**

La pendiente máxima de tangente vertical está directamente relacionada con la velocidad a la que circulan los vehículos, y la velocidad indicada, por regla general, depende en gran medida del tipo de carretera diseñada.

- **Longitud Mínima**

La longitud mínima de las tangentes verticales que tenga una velocidad especificada inferior o igual a 40 km/h será equivalente a la distancia recorrida en 7 segundos a la velocidad especificada, medida como una proyección horizontal, de PIV a PIV, donde la velocidad definida por encima de 40 km/h, no podrá ser una longitud menor a la distancia recorrida en 10 segundos a esa velocidad.

Tabla 5. Longitud Mínima para Tangente Vertical

Velocidad de diseño de la tangente vertical Km/h	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Longitud mínima de la tangente vertical (m)	40	60	80	140	170	195	225	250	280	305	335	360

Fuente: (Ruiz, 2020)

Gradientes

Por regla general, las gradientes aceptadas dependen directamente de la topografía del terreno y deben mantenerse con valores lo más bajos posible para garantizar velocidades razonables de circulación y así facilitar el control del vehículo. De acuerdo con la velocidad de diseño, que depende del volumen de tráfico y de la naturaleza del terreno, la siguiente tabla muestra la gradiente media máxima aceptable.

Tabla 6. Gradientes Medias Máximas

Valores de Diseño de las Gradientes Longitudinales Máximas (%)						
Clases de Carreteras	Valores Recomendables			Valores Absolutos		
	Llano	Ondulado	Montañoso	Llano	Ondulado	Montañoso
RI o RII	2	3	4	3	4	6
I	3	4	6	3	5	7
II	3	4	7	4	6	8
III	4	6	7	6	7	9
IV	5	6	8	6	8	12
V	5	6	8	6	8	14

Fuente: (MTOPI, 2003)

Curvas Verticales

Son curvas que nos ayudan a conectar dos tangentes verticales consecutivas, proporcionando una transición cómoda y segura a los cambios de gradiente, teniendo en cuenta la distancia de visibilidad y la velocidad de diseño.

Por otro lado, dado que la longitud de la carretera se mide en un plano horizontal y la gradiente es relativamente plana, no hay error al suponer una parábola de eje vertical centrada en el punto PIV (MTOPI, 2003). Las ordenadas de la parábola con respecto a su tangente varían proporcionalmente al cuadrado de la distancia horizontal a partir del punto de tangencia y se la expresa de la siguiente manera:

$$Y = \left[\frac{X}{L} \right]^2 * h = \left[\frac{2X}{L} \right]^2 * h$$

Donde h es la ordenada en el punto máximo PIV:

$$h = \frac{AL}{800}$$

Donde:

A = Diferencia algebraica de gradientes, y se la expresa en porcentaje.

X = Distancia horizontal que se mide desde el punto de tangencia hasta la ordenada, y se la expresa en metros.

L = Longitud de la curva vertical, y se la expresa en metros.

Curvas Verticales Convexas

La longitud mínima de la curva vertical se determina en función de los requisitos de visibilidad al detener el vehículo, teniendo en cuenta que la altura de los ojos del

conductor es de 1,15 metros y la altura del objeto visible en la calzada es de 0,15 metros (MTOP, 2003). Esta longitud se expresa de la siguiente manera:

$$L = \frac{A * S^2}{426}$$

Donde:

L = Longitud de la curva vertical convexa, se expresa en metros.

A = Diferencia algebraica de las gradientes, se expresa en porcentaje.

S = Distancia de visibilidad para cuando se detiene un vehículo, se expresa en metros.

Curvas Verticales Cóncavas

Por razones de seguridad, las curvas verticales cóncavas deben ser lo suficientemente largas para que la longitud de la luz de los faros del vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad necesaria para detener el vehículo (MTOP, 2003). Esta longitud se expresa de la siguiente manera:

$$L = \frac{A * S^2}{122 + 3,5 * S}$$

La fórmula anterior se basa en la altura del faro del vehículo de 60 cm y la inclinación hacia arriba de los rayos de luz en relación con el eje longitudinal del vehículo.

Secciones Transversales Típicas

La sección transversal típica que se toma para una carretera depende casi por completo del tráfico y del terreno y, por lo tanto, de la velocidad de diseño más apropiada para esa carretera.

La sección transversal de la vía corresponde a una sección normal al alineamiento horizontal que determina la posición y tamaño de cada elemento que conforma una determinada vía en un punto cualquiera y su relación con la naturaleza del terreno (Ruiz, 2020).

Varios son los elementos que conforman la sección transversal de la carretera, donde las dimensiones correspondientes deben tener en cuenta aspectos como la importancia de la vía, el volumen y composición del tráfico, la velocidad de diseño, las condiciones del terreno, etc.

Carril o Calzada

Es una de las partes de la capa de rodadura predeterminada para vehículos en el tráfico unidireccional o bidireccional y puede incluir varios carriles (Ruiz, 2020).

El ancho del carril o la calzada depende principalmente del volumen de tráfico que soportará la vía, y podemos resumir estos anchos en la siguiente tabla:

Tabla 7. Anchos de la Calzada

Ancho de Calzada		
Clases de Carretera	ANCHO DE CALZADA (m)	
	Recomendable	Absoluto
RI o RII	7,3	7,3
I	7,3	7,3
II	7,3	6,5
III	6,7	6
IV	6	6
V	4	4

Fuente: (MTOPI, 2003)

Espaldón

Los espaldones tienen varias funciones, entre las principales se encuentran:

1. Proporcionar estacionamiento temporal para vehículos fuera de la carretera o al costado de la carretera.
2. Da al conductor una sensación de amplitud, lo que contribuye a una conducción más fácil y menos estresante.
3. Distancia de visibilidad mejorada en curvas horizontales.
4. Mejora de la capacidad de la carretera, contribuyendo así, a aumentar la velocidad de manera uniforme.
5. Da un soporte lateral sobre el pavimento.

Tabla 8. Anchos para Espaldones

Valores de Diseño para el Ancho de Espaldones						
Clase de Carretera	Valor Recomendable			Valor Absoluto		
	Llano	Ondulado	Montañoso	Llano	Ondulado	Montañoso
RI o RII	3	3	2,5	3	3	2
I	2,5	2,5	2	2,5	2	1,5
II	2,5	2,5	1,5	2,5	2	1,5
III	2	1,5	1	1,5	1	0,5
IV	2	1,5	1	1,5	1	0,5
V	NO SE CONSIDERA ESPALDÓN					

Fuente: (MTOPI, 2003)

Hablando de la pendiente transversal, en los espaldones puede variar del 3 al 6 por ciento dependiendo del tipo de superficie utilizada. Como regla general se utiliza una pendiente del 4% (MTOPI, 2003).

Taludes

Los taludes de corte y de relleno son importantes para la seguridad y la buena apariencia de una vía, donde también afectan sus costos de mantenimiento. Si bien su diseño depende de las condiciones del terreno y de las características geométricas de la vía, la elección del talud debe ser objeto de un análisis particular cada vez, teniendo en cuenta la naturaleza del terreno, las condiciones topográficas y geológicas existentes (MTO, 2003).

Sistema de Drenaje

Los caminos alteran el flujo natural, especialmente en pendientes pronunciadas donde se cruzan corrientes de agua. Estos cambios requieren diferentes soluciones de drenaje. Muchos problemas de drenaje se pueden evitar durante la planificación y el diseño de carreteras, por lo que la planificación de un sistema de drenaje es imprescindible (Ruiz, 2020), a continuación, se presentan diferentes métodos de drenaje:

Drenaje Transversal

Cuando se habla de drenaje transversal, es importante saber que se debe interrumpir la circulación del agua en su cauce natural lo menos posible, sin causar un aumento indebido en los niveles del agua por la posible sedimentación o aceleración debido a las erosiones aguas abajo.

A menudo, se colocarán pequeños puentes o pasos elevados sobre muchos cauces constantes con secciones transversales pequeñas. Los pasos elevados suelen ser prefabricados de madera, mixtos (madera-acero) o losas de hormigón armado, con luces de 4 a 10 m, incluyendo un vano, con estribos también de hormigón armado, su principal ventaja frente a tuberías o cañerías es que no está conectado a tierra ni obstruido y tiene mejor rendimiento hidráulico, obviamente más caro, pero garantizamos la mejor apariencia y la mejor calidad de trabajo (Ruiz, 2020).

Drenaje Longitudinal

Para hablar de drenaje longitudinal, tenemos que saber que este incluye obras de captación y de defensa, cuya ubicación deberá determinarse calculando el área hidráulica requerida, el tipo de sección, la longitud, la pendiente y la disposición del fondo, así como seleccionando el tipo de sitio de construcción (MTO, 2003).

Este drenaje longitudinal evita que el agua se acumule en el borde de un camino o acera, permitiendo así que el agua fluya mediante un canal, cuneta o debajo de una

plataforma para facilitar el drenaje hacia abajo. Según el caso y el tipo de tramo se utilizarán distintos tipos de drenajes longitudinales (Ruiz, 2020).

Bombeo

En la capa de rodadura es la pendiente transversal, hecha desde la rasante a un lado o al otro lado de la vía para drenar el agua de lluvia y evitar que se acumule el agua, llevándola así, hacia sus espaldones. El bombeo adecuado debe garantizar un drenaje adecuado de la rasante con una pendiente mínima, para que el conductor no se sienta incómodo e inseguro (Ruiz, 2020).

Tabla 9. Valores de Bombeo

Tipo de Superficie		BOMBEO
Muy buena	Superficie de concreto hidráulico o asfáltico colocada con extendedoras mecánicas	2%
Buena	Superficie de mezcla asfáltica colocada con terminadora. Carpeta de riegos	2 - 3%
Regular / Mala	Superficie de tierra o grava	2 - 4%

Fuente: (MTO, 2003)

Alcantarillas

El diseño de las alcantarillas debe tener en cuenta las características de la cuenca hidráulica que se va a drenar y la vía de servicio. Las alcantarillas son canales cerrados de varias formas, construidos por encima y por debajo de la superficie de la carretera para canalizar el agua hacia los cauces naturales. En base a las condiciones topográficas del corredor de la autopista, se puede suponer que las alcantarillas se utilizarán para drenar planicies o áreas de inundación (Ruiz, 2020).

Cunetas

En secciones transversales en terreno abierto, en terraplenes y en algunos casos en medio de taludes, lo más adecuado es colocar cunetas a uno o ambos lados de la calzada, tratando de minimizar su tamaño para que se mueva lo menos posible volúmenes de tierra.

Las cunetas tienen un papel importante en las carreteras ya que, recogerán el agua de su propia plataforma y de los taludes, transfiriendo el agua a los puntos de drenaje. Las cunetas triangulares son más fáciles de construir y menos propensas a acumular sedimentos; sin embargo, es más costoso de mantener porque el fondo es difícil de limpiar y, si no se cubre, sus taludes se erosionarán muy rápidamente (Ruiz, 2020).

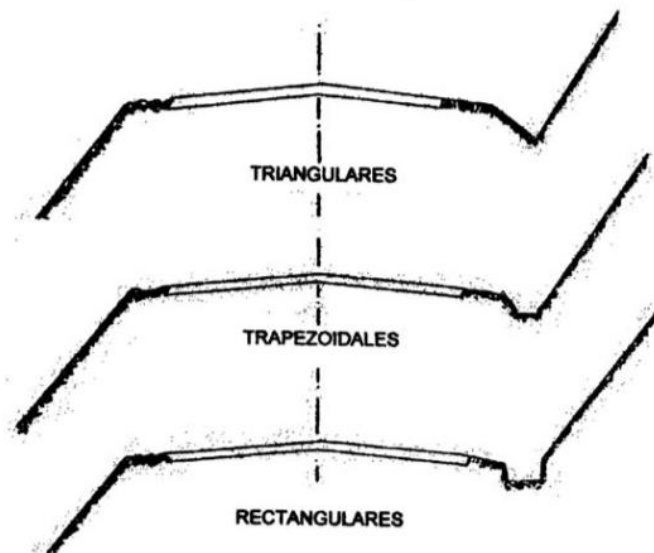


Ilustración 4. Secciones Típicas de Cunetas.

Fuente: (MTOPI, 2003)

Cunetas de Coronación

Estos son canales excavados en el terreno natural que se encuentran aguas arriba, justamente en las coronas de las laderas de corte para recolectar el agua superficial que fluye aguas abajo desde elevaciones más altas para evitar la erosión de los taludes, el aumento de la escorrentía y el material arrastrado en la cuneta. La distancia mínima entre las contracunetas y las coronas de corte será de 5,00 m o igual a la altura de la zanja si es superior a 5,00 m (Ruiz, 2020).

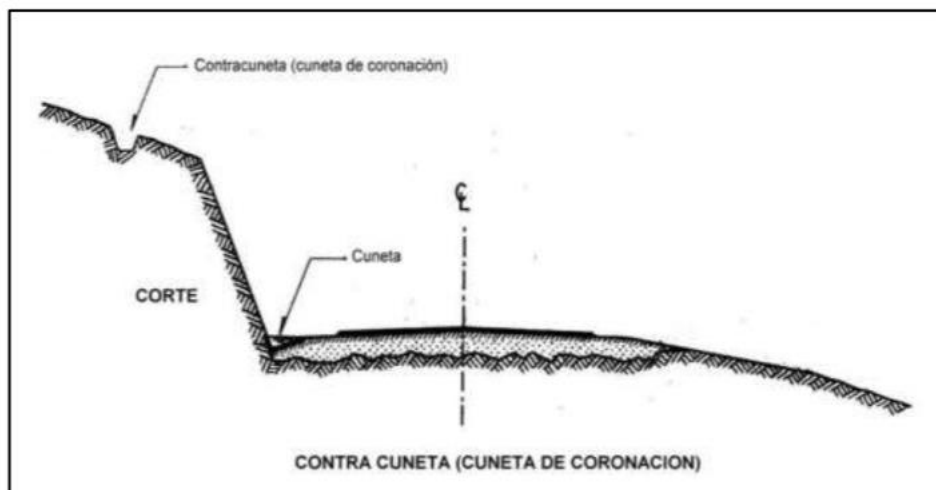


Ilustración 5. Apreciación de Cunetas de Coronación.

Fuente: (MTOPI, 2003)

2.2.3.4. Modelo paramétrico.

Un modelo paramétrico es una de las razones por las que existe la tecnología BIM. Aquí el sistema muestra su potencial y la principal diferencia con un CAD o sistema de modelado convencional, ya que los parámetros aportan dinamismo y flexibilidad al proceso. Si bien causan un poco de dificultad en la creación de elementos, por otro lado, hacen que sea mucho más fácil modificarlos, codificarlos y medirlos. El modelado paramétrico, es un método que define todo el proceso de diseño, no solo los resultados individuales, como lo hace un diseño CAD estándar. Este método se puede utilizar para identificar y capturar automáticamente muchas opciones de diseño diferentes.

Una vez que se tiene listo un modelo paramétrico con el software BIM de nuestra preferencia, se puede desarrollar y refinar para usarlo en proyectos futuros, lo que nos permite automatizar algunos trabajos repetitivos en el proceso de diseño. Y con herramientas como lo es InfraWorks, se podrán crear modelos paramétricos incluso si los usuarios tienen habilidades de programación limitadas (Allplan Bimplus, 2020).

Los enfoques de diseño que nos brinda un modelo paramétrico y los procesos de producción automatizados brindan a los diseñadores la capacidad para descifrar la complejidad del diseño y los componentes. Al vincular el modelo paramétrico a la metodología BIM, es posible integrar proyectos geoméricamente complejos con el proceso BIM (Building Information Modeling).

2.2.3.5. Visualización del proyecto.

La visualización del proyecto nos permite observar modelos a lo largo del proceso de diseño y construcción para analizar cada detalle de la obra que se vaya a realizar, evitando así, fallas futuras y aspectos negativos en el mismo. El objetivo de esta visualización es obtener diseños seguros y confiables que tengan una alta durabilidad.

La metodología BIM nos permite crear rápidamente imágenes y videos a lo largo del proyecto para garantizar que los espacios, los materiales y los acabados se definan correctamente (Studio Modelo Integrado, s.f).

2.2.4. Interoperabilidad BIM.

La mayor ventaja de la interoperabilidad entre herramientas BIM es el uso de información extraída de los modelos, convirtiendo así el informe en un documento, en

diferentes formatos, que puede ser utilizado para tabulación en hojas de cálculo, en instrumentación o para intercambio entre plataformas BIM.

2.2.4.1. *Interoperabilidad Civil 3D e InfraWorks.*

El nuevo InfraWorks 360 ofrece interoperabilidad mejorada con Civil 3D, la capacidad de diseñar en un contexto más rico y realista del entorno del proyecto y una ingeniería de detalles más fina, donde se podrá optimizar el diseño y mejorar los resultados de los proyectos con BIM de próxima generación para plataformas de infraestructura.

La interoperabilidad es un requisito previo para crear BIM multidimensional, ya que se pueden aprovechar fuentes ricas en datos como ReCap, archivos DWG, superposiciones de ráster y OpenStreetMap con InfraWorks 360 y Civil 3D, y modelar diseños con mayor precisión, más rápido y antes del ciclo de vida del proyecto.

Así es como un modelo desarrollado con Autodesk Civil 3D se puede evaluar efectivamente sus conceptos de diseño y usar estos modelos más tarde con InfraWorks 360 para crear diseños detallados y documentos de construcción sin perder mucha información importante.

Hay varios formatos relacionados con BIM que se utilizan para exportar archivos digitales entre software de diferentes proveedores. De esta manera podremos importar datos de Autodesk InfraWorks a Autodesk Civil 3D haciendo referencia a un modelo local de Autodesk InfraWorks o un archivo IMX que se haya exportado desde InfraWorks. Donde también, se podrá importar datos de Civil 3D a InfraWorks vinculando un archivo DWG de Civil 3D como fuente de datos. A continuación, presentamos varios formatos que se usan comúnmente en procesos BIM (Arboleda & Valencia Rivera, 2012).

Tabla 10. Ejemplos de Formatos para la Interoperabilidad BIM

ESPECIALIDAD	EXTENSIÓN	EJEMPLO DE SOFTWARE
CAD	DXF, DWF, DWX, DWG, DXF, SAT, IGES, IFC	AutoCAD, Mesas de dibujo 2D
BIM	RVT, RTD, NWC, formatos basados en ISO - STEP	Autodesk Revit, Autodesk Robot, Autodesk InfraWorks 360, Autodesk Navisworks
GEOREFERENCIAS	GEO	AutoCAD Civil 3D, Google Earth
MICROSOFT	XLS	Excel
OTROS	TXT, CSV, DAT	Intercambio entre software

Fuente: (Arboleda & Valencia Rivera, 2012)

Al prepararse para intercambiar objetos entre un modelo de InfraWorks y un dibujo de Civil 3D, se deberán utilizar el mismo tipo de unidad. De forma predeterminada, los modelos de InfraWorks utilizan unidades métricas. Al preparar el archivo de configuración de objetos en Civil 3D, hay que asegurarse de que los catálogos de piezas que se especifique para la utilidad y el plan de red de alcantarillado tengan las mismas unidades que se usan en el modelo de InfraWorks, en otras palabras, los dibujos de Civil 3D deben tener un sistema de coordenadas específico para poder exportar datos a InfraWorks.

CAPÍTULO III: ESTUDIO Y DISEÑO VIAL CON LA HERRAMIENTA CIVIL 3D

3.1. Levantamiento topográfico

La topografía es un factor importante en el diseño físico de una vía, ya que afecta directamente a varias características como son: el alineamiento horizontal, pendientes, distancia de visibilidad y secciones transversales. Por eso, se debe realizar un buen levantamiento del lugar en donde se realizará nuestro proyecto tomando en cuenta que tipo de terreno es, que para nuestro caso será de tipo montañoso.

Para el estudio de cualquier proyecto vial, la topografía es fundamental porque integra aspectos físicos del terreno o sitio, dándole elementos clave de diseño tales como diseño horizontal y vertical, pendientes, distancia de visibilidad y rebasamiento, secciones transversales, peraltes, radios de curvaturas, y sobrecanchos necesarios para mejorar la geometría del camino.

Se considera muy valioso tener sumo cuidado al recolectar los datos de campo, ya que de su precisión y calidad dependerá el diseño exacto del proyecto en oficina, por lo que en este proyecto se abscisó el terreno cada 20 m en tangentes y cada 10 m en las curvas, para replantear el eje. La franja de terreno tiene unos 50 m de ancho a cada lado del eje de la vía existente y en puntos clave del proyecto.

En el caso de nuestro proyecto se menciona que la topografía nos fue facilitada por el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia Bolívar, la cual fue levantada con ayuda de una estación total y utilizando el método de polígono fundamental, tomadas por una persona especializada con cargo de topógrafo, donde dichos puntos fueron transformados y exportados de la estación en formato cvs y entregados a nosotros en formato xlsx, como se lo aprecia en la tabla 30, para realizar el respectivo diseño geométrico de la vía.

3.2. Estudio del volumen de tráfico y consideraciones previas para el diseño

3.2.1. Estudio de tráfico.

El diseño de una carretera o su tramo debe basarse en datos de tráfico para compararlo con la capacidad, que es el número máximo de vehículos que puede transitar en la carretera. Por lo tanto, el movimiento afecta directamente las características del diseño geométrico.

3.2.2. Determinación de los volúmenes de tráfico.

Para determinar el volumen de tráfico de la vía que conecta a las parroquias San Francisco de Orongo – El Congreso, realizamos cálculos en un punto o estación estratégica, lo que permite identificar los vehículos que circulan en ambos sentidos, clasificándolos así en livianos, camiones o buses.

Para realizar el conteo se tomó en consideración 7 días de la semana durante un período de 12 horas que van cada 15 minutos por cada hora, según lo determinan las reglas del MTOP, teniendo en cuenta los días de mayor tráfico y los períodos con mayor circulación de vehículos; El día de mayor actividad es el domingo 21 de agosto de 2022 y durante las horas pico de 15:00 a 16:00 horas.

Tabla 11. Estudio de tráfico - TPDA

INVENTARIO DE TRÁFICO DE LA VÍA QUE CONECTA A LAS PARROQUIAS SAN FRANCISCO DE ORONGO - EL CONGRESO									
UBICACIÓN: CANTÓN ECHEANDÍA, PROVINCIA BOLÍVAR					COTA: 0+300				
FECHA: DOMINGO 21 DE AGOSTO DEL 2022				CLIMA: NUBLADO - LLUVIOSO			CONTADOR: AUTORES		
HORA		LIVIANOS		BUSES	CAMIONES			TOTALES	ACUMULADOS
INICIO	FIN	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS		C-2P	C-2G	C-3		
6:00	6:15	0	0	0	1	0	0	1	1
6:15	6:30	0	1	0	0	0	0	1	2
6:30	6:45	0	2	0	0	0	0	2	4
6:45	7:00	0	4	0	0	0	0	4	8
7:00	7:15	1	1	0	3	0	0	5	5
7:15	7:30	0	0	0	0	1	0	1	6
7:30	7:45	0	0	0	1	0	0	1	7
7:45	8:00	0	2	0	1	0	0	3	10
8:00	8:15	0	1	0	2	0	0	3	3
8:15	8:30	2	3	0	1	0	0	6	9
8:30	8:45	0	1	0	1	0	0	2	11
8:45	9:00	0	3	0	2	0	0	5	16
9:00	9:15	0	3	0	1	0	0	4	4
9:15	9:30	1	1	0	0	0	0	2	6
9:30	9:45	0	1	0	1	0	0	2	8
9:45	10:00	1	3	0	1	0	0	5	13
10:00	10:15	0	2	0	1	0	0	3	3
10:15	10:30	0	4	0	0	0	0	4	7
10:30	10:45	0	2	0	0	0	0	2	9
10:45	11:00	0	6	0	0	0	0	6	15
11:00	11:15	0	2	0	0	0	0	2	2
11:15	11:30	1	3	0	1	0	0	5	7
11:30	11:45	0	1	0	1	0	0	2	9

11:45	12:00	0	3	0	0	0	0	3	12
12:00	12:15	0	1	0	0	0	0	1	1
12:15	12:30	0	1	0	1	0	0	2	3
12:30	12:45	0	5	0	0	0	0	5	8
12:45	13:00	0	3	0	0	0	0	3	11
13:00	13:15	0	0	0	1	0	0	1	1
13:15	13:30	0	0	0	1	0	0	1	2
13:30	13:45	0	3	0	1	0	0	4	6
13:45	14:00	1	2	0	2	0	0	5	11
14:00	14:15	1	4	0	0	0	0	5	5
14:15	14:30	0	2	0	1	0	0	3	8
14:30	14:45	0	3	0	0	0	0	3	11
14:45	15:00	1	4	0	2	0	0	7	18
15:00	15:15	1	4	0	2	1	0	8	8
15:15	15:30	3	5	0	0	0	0	8	16
15:30	15:45	2	4	0	1	0	0	7	23
15:45	16:00	0	1	0	0	0	0	1	24
16:00	16:15	0	4	0	0	0	0	4	4
16:15	16:30	0	4	0	0	0	0	4	8
16:30	16:45	1	0	0	0	0	0	1	9
16:45	17:00	3	3	0	1	0	0	7	16
17:00	17:15	1	1	0	0	0	0	2	2
17:15	17:30	0	1	0	2	0	0	3	5
17:30	17:45	0	1	0	0	0	0	1	6
17:45	18:00	0	0	0	2	0	0	2	8
		20	105	0	35	2	0	162	
		125			37				
		77.16%			22.84%				

Elaborado: Autores

3.2.3. Composición de tráfico.

Los vehículos que se apreciaron durante el conteo se clasifican en: livianos, buses y camiones. En este proyecto, la tasa de tráfico es de 77,16% automóviles, 0% autobuses y 22,84% camiones.

3.2.4. Tráfico promedio diario anual.

Para determinar el tráfico diario anual promedio (TPDA), calcularemos según el método de la "Trigésima hora de diseño" para el volumen de tráfico actual, y luego pronosticaremos el volumen de tráfico durante el período de diseño que vaya a tener nuestra vía.

3.2.5. Tránsito de hora pico (Trigésima hora de diseño).

Para calcular el TPDA actual se utilizará el método anteriormente propuesto, considerando las condiciones actuales de la vía:

Tomando en cuenta las especificaciones técnicas de la MTOP 2003, y sabiendo que la vía se encuentra en una zona rural se considerará el 15% como porcentaje del TPDA.

Vehículos livianos

$$TPDA \text{ actual} = \frac{\text{Número de vehículos livianos en la hora pico}}{\% TPDA}$$

$$TPDA \text{ actual} = \frac{20}{0,15} \text{ vehículos/día}$$

$$TPDA \text{ actual} = 133 \text{ vehículos/día}$$

Buses

$$TPDA \text{ actual} = \frac{\text{Número de buses en la hora pico}}{\% TPDA}$$

$$TPDA \text{ actual} = \frac{0}{0,15} \text{ vehículos/día}$$

$$TPDA \text{ actual} = 0 \text{ vehículos/día}$$

Camiones

$$TPDA \text{ actual} = \frac{\text{Número de camiones en la hora pico}}{\% TPDA}$$

$$TPDA \text{ actual} = \frac{4}{0,15} \text{ vehículos/día}$$

$$TPDA \text{ actual} = 27 \text{ vehículos/día}$$

$$TPDA \text{ actual} = 133 + 0 + 27 = 160 \text{ vehículos/día}$$

Por lo tanto, el TPDA (tráfico promedio diario anual) que circula por la vía que conecta a estas dos parroquias es de 160 vehículos por día.

3.2.6. Proyección de tráfico.

Es importante tener en claro que para determinar el tráfico proyectado se debe realizar un análisis a detalle del tráfico atraído, el tráfico generado, el tráfico por desarrollo y el tráfico futuro.

3.2.6.1. *Tráfico atraído.*

Comprende una cierta parte del tráfico que frecuentará la vía a diseño, debido al mejoramiento que se dará y se lo calcula de la siguiente manera:

$$TG = 10\% \text{ del Tráfico Futuro}$$

3.2.6.2. *Tráfico generado.*

Se presente en el primer año de funcionamiento de la vía y comprende el aumento del volumen de tráfico que se dará por el desarrollo del sector. Se calcula de la siguiente forma:

$$TG = 20\% \text{ del Tráfico Futuro}$$

3.2.6.3. *Tráfico por desarrollo.*

Se refiere a un tráfico estimando, con una probabilidad muy baja de que aparezca en el futuro, lo cual únicamente sirve para mejorar la vía. Se puede calcular de la siguiente forma:

$$TG = 5\% \text{ del Tráfico Futuro}$$

3.2.6.4. *Tráfico Futuro.*

En base a una estimación para el periodo de diseño, el tráfico futuro comprende el número de usuarios que circularán en la vía. Sin embargo, es importante saber que la estimación se lo realiza en base al volumen de tráfico que actualmente circula sobre la carretera en estudio (Santander Ledesma, 2017).

En el país el crecimiento de tránsito se basa principalmente en la tasa de crecimiento observado con respecto al consumo de gasolina y diésel e incluso del desarrollo del parque automotor.

Tabla 12. Tasa de crecimiento de tráfico

Periodo	Tipo de Vehiculos		
	Livianos	Buses	Camiones
2010-2015	4,47	2,22	2,18
2015-2020	3,97	1,97	1,94
2020-2025	3,57	1,78	1,74
2025-2030	3,25	1,62	1,58
2030-2035	3,25	1,62	1,58
2035-2040	3,25	1,62	1,58
2040-2045	3,25	1,62	1,58

Fuente: (MTO, 2003)

Según la tasa de crecimiento establecida en el MTOP 2003, los volúmenes de tráfico que se muestra en la sección 4.1.3.3.1 con un periodo de diseño de 20 años se los calculó de la siguiente forma:

Vehículos livianos

$$TF = TPDA_{actual} * (1 + i)^n$$

$$TF = 133 * (1 + 0,0325)^{20}$$

$$TF = 252 \text{ vehiculos/día}$$

Buses

$$TF = TPDA_{actual} * (1 + i)^n$$

$$TF = 0 * (1 + 0,0162)^{20}$$

$$TF = 0 \text{ vehiculos/día}$$

Camiones

$$TF = TPDA_{actual} * (1 + i)^n$$

$$TF = 27 * (1 + 0,0158)^{20}$$

$$TF = 37 \text{ vehiculos/día}$$

$$TF_{Total} = 252 + 0 + 37 = 289 \text{ vehiculos/día}$$

Luego de haber realizado la estimación del tráfico futuro se determinó que en la vía que conduce a la parroquia San Francisco de Orongo, El Congreso ingresarán 289 vehículos por día.

A continuación, se detalla el histórico de tráfico promedio diario anual (TPDA) proyectado para cada año del periodo de diseño.

Tabla 13. Historio del Tráfico Promedio Diario Anual en años

Histórico de TPDA en años							
Años	% de Crecimiento			Tráfico Promedio Diario Anual			
	Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	Total
2022	3,57	1,78	1,74	133	0	27	160
2023	3,57	1,78	1,74	138	0	27	165
2024	3,57	1,78	1,74	143	0	28	171
2025	3,57	1,78	1,74	148	0	28	176
2026	3,25	1,62	1,58	151	0	29	180
2027	3,25	1,62	1,58	156	0	29	185
2028	3,25	1,62	1,58	161	0	30	191

2029	3,25	1,62	1,58	166	0	30	197
2030	3,25	1,62	1,58	172	0	31	202
2031	3,25	1,62	1,58	177	0	31	208
2032	3,25	1,62	1,58	183	0	32	215
2033	3,25	1,62	1,58	189	0	32	221
2034	3,25	1,62	1,58	195	0	33	228
2035	3,25	1,62	1,58	202	0	33	235
2036	3,25	1,62	1,58	208	0	34	242
2037	3,25	1,62	1,58	215	0	34	249
2038	3,25	1,62	1,58	222	0	35	257
2039	3,25	1,62	1,58	229	0	35	264
2040	3,25	1,62	1,58	237	0	36	272
2041	3,25	1,62	1,58	244	0	36	281
2042	3,25	1,62	1,58	252	0	37	289

Elaborado: Autores

3.2.7. Clasificación de las carreteras.

De acuerdo a las normas de diseño del MTOP para el criterio de las bases de la estructura de la red vial del país del nuevo milenio, se presenta la relación entre la función del volumen del tráfico y la clasificación de las carreteras.

Mediante el análisis del TPDA actual y del proyectado se estableció que corresponde a un tipo de vía de IV Orden-Vecinal, puesto que el TPDA proyectado a 20 años se encuentra entre 100-300 vehículos/día, lo cual se puede observar en las tablas 15 y 16.

Tabla 14. Tipo de carreteras en función del tráfico proyectado

Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA
R-I o R-II	Más de 8000
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 a 3000
III	De 300 a 1000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado de 15 a 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista. Para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúa el diseño definitivo debe usarse tráfico en vehículos equivalentes.

Fuente: (MTOP, 2003)

Tabla 15. Tipo de carreteras en función de la jerarquía

Función	Clases de Carreteras (MTOPI)	TPDA (1) (Año Final de Diseño)
Corredor Arterial	RI-RII (2)	>8000
Colectora	I	3000-8000
	II	1000-3000
	III	300-1000
Vecinal	IV	100-300
	V	<100

Fuente: (MTOPI, 2003)

3.2.8. Diseño geométrico.

Actualmente las condiciones geométricas de la vía a estudio se encuentran en un estado desfavorable, lo cual necesita ser mejorada, por esta razón el objetivo de realizar los estudios de esta vía es de elevar el servicio de la misma a una vía con características de clase IV que corresponde a caminos vecinales con un volumen de tráfico promedio diario anual de 100 a 300 vehículo por día, proyectado a 20 años.

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPI) en su afán de estandarizar las condiciones de las vías ha normado parámetros y rangos de los elementos más importante del diseño vial dentro del país, lo cual se detalla a continuación en la figura 6.



República del Ecuador
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

VALORES DE DISEÑO RECOMENDADOS PARA CARRETERAS DE
DOS CARRILES Y CAMINOS VECINALES DE CONSTRUCCIÓN

	CLASE I 3 000 - 8 000 TPDA ⁽¹⁾			CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA ⁽¹⁾			CLASE III 300 - 1 000 TPDA ⁽¹⁾			CLASE IV 100 - 300 TPDA ⁽¹⁾			CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾			
	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	LL	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	LL	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	LL	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	LL	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	LL	
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	90	70	90	80	60	40	80	60	50	35	25 ⁽²⁾	
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	275	160	275	210	110	42	210	110	75	110	30	
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	135	90	135	110	70	110	70	55	40	
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	640	490	345	270	480	290	210	150	110	
Peralte	MAXIMO = 10%															
Coefficiente "K" para: ⁽³⁾	0,5%															
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	
Gradiente longitudinal ⁽⁴⁾ máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	6	8	4	6	7	9	5	
Gradiente longitudinal ⁽⁴⁾ mínima (%)	0,5%															
Ancho de pavimento (m)	7,3	7,3		7,0	6,70		6,70	6,00		6,00	6,00		6,00		4,00 ⁽⁸⁾	
Clase de pavimento	Carpeta Asfáltica y Hormigón															
Ancho de espaldones ⁽⁵⁾ estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0															
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 ⁽⁶⁾ - 4,0															
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO															
Carga de diseño	HS - 20 - 44; HS - MOP; HS - 25															
Ancho de la calzada (m)	SERA LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES															
Ancho de Aceras (m) ⁽⁷⁾	0,50 m mínimo a cada lado															
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3° de la Ley de Caminos y el Art. 4° del Reglamento aplicativo de dicha Ley															
	LL = TERRENO PLANO 0 = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO															

- 1) El TPDA indicado es el volumen promedio anual de tráfico diario proyectado a 15 - 20 años, cuando se proyecta un TPDA en exceso de 7 000 en 10 años debe investigarse la necesidad de construir una autopista. (Las normas para esta serán parecidas a las de la Clase I, con velocidad de diseño de 10 K.P.H. más para clase de terreno - Ver secciones transversales típicas para más detalles. Para el diseño definitivo debe considerarse el número de vehículos equivalentes.
- 2) Longitud de las curvas verticales: $L = KA$, en donde K = coeficiente respectivo y A = diferencia algebraica de gradientes, expresado en tanto por ciento. Longitud mínima de curvas verticales: $L_{min} = 0,60 V$, en donde V es la velocidad de diseño expresada en kilómetros por hora.
- 3) En longitudes cortas menores a 500 m, se puede aumentar el gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos, solamente para las carreteras de Clase I, II y III. Para Caminos Vecinales (Clase IV) se puede aumentar el gradiente en 1% en terrenos ondulados y 3% en terrenos montañosos, para longitudes menores a 750 m.
- 4) Se puede adoptar una gradiente longitudinal de 0% en rellenos de 1 m. a 6 m. de altura, previo análisis y justificación.
- 5) Espaldón pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía. (Ver Secciones Típicas en Normas). Se ensanchará la calzada 0,50 m más cuando se prevé la instalación de guarda caminos.
- 6) Cuando el espaldón está pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía.
- 7) En los casos en los que haya bastante tráfico de peatones, usense dos aceras completas de 1,20 m de ancho.
- 8) Para tramos largos con este ancho, debe ensancharse la calzada a intenalos para proveer refugios de encuentro vehicular.
- 9) Para los caminos Clase IV y V, se podrá utilizar $V_0 = 20$ Km/h y $R = 15$ m siempre y cuando se trate de aprovechar infraestructuras existentes y relieve difícil (escarpado).

NOTA: Las Normas anotadas "Recomendables" se emplearán cuando el TPDA es cerca al límite superior de las clases respectivas o cuando se puede implementar sin incurrir en costos de construcción. Se puede variar algo de las Normas Absolutas para una determinada clase, cuando se considere necesario el mejorar una carretera existente siguiendo generalmente el trazado actual.

Ilustración 6. Valores de diseño recomendados para carreteras y caminos vecinales.

Fuente: (MTOP, 2003)

3.2.9. Velocidad de diseño.

La velocidad de diseño depende de muchos factores los cuales se destaca la topografía del terreno, el volumen de tráfico y las condiciones físicas del terreno. Todos estos valores deben ser lo más cercano posible a la seguridad durante el recorrido del usuario en la vía.

La velocidad de diseño es un valor muy importante ya que de esta depende el cálculo de los elementos geométricos de la vía para el alineamiento horizontal y vertical. En el apartado anterior se determinó el TPD, lo cual conociendo sus resultados se logró especificar el tipo de carretera a diseñar y por ende se pudo especificar el valor de velocidad de diseño que depende de la intensidad de tráfico, los factores económicos y la topografía.

Tabla 16. Relación entre la velocidad de diseño y de circulación

Categoría	Velocidad de diseño en Km/h											
	Básica				Permisibles en tramos Difíciles				Relieve Montañoso			
	(Relieve llano)				(Relieve Ondulado)				(Relieve Montañoso)			
	Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependiendo de la velocidad	
	Rec.	Abs.	Rec.	Abs.	Rec.	Abs.	Rec.	Abs.	Rec.	Abs.	Rec.	Abs.
RI o RII	120	110	100	95	110	90	95	85	90	80	90	80
I	110	100	100	90	100	80	90	80	80	60	80	60
II	100	90	90	85	90	80	85	80	70	50	70	50
III	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
IV	80	60	80	60	60	35	60	35	35	25	50	25
V	60	50	60	50	50	35	50	35	35	25	40	25

Fuente: (MTO, 2003)

Según la tabla 17 donde especifica la relación entre los valores de diseño recomendados y absolutos para relieve montañoso se adoptó un valor de 40 km/h como velocidad de diseño para la vía que conecta las comunidades San Francisco de Orongo y El Congreso.

3.2.10. Velocidad de circulación.

Si bien es cierto la velocidad de circulación nos permite conocer la calidad de la vía, por tal razón, por fines de diseño, es importante saber la velocidad a la cual se espera que los vehículos circulen para diferentes volúmenes de tráfico.

La AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportación), bajo ciertos criterios recomienda calcular la velocidad de circulación como un porcentaje de la velocidad de diseño lo cual se especifica a continuación:

Para volúmenes de tráfico bajos con un TPDA menor a 1000 vehículos/día se usará la siguiente ecuación:

$$Vc = 0,8 * Vd + 6,5$$

Donde:

Vc = Velocidad de circulación en km/h

Vd = Velocidad de diseño en km/h

Solución aplicada al presente estudio:

$$TPDA = 289 \frac{\text{vehículos}}{\text{día}} < 1000 \frac{\text{vehículos}}{\text{día}}$$

$$Vc = 0,8 * Vd + 6,5$$

$$Vc = 0,8 * 40 \frac{\text{km}}{\text{h}} + 6,5$$

$$Vc = 38,5 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cong 40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

La velocidad de circulación adoptada es de 40 km/h.

3.2.11. Alineamiento Horizontal.

El alineamiento horizontal se enfoca en mantener una circulación interrumpida de los vehículos conservando la misma velocidad directriz en gran parte de la longitud de la carretera.

En el trazado del alineamiento horizontal de la vía originó 36 curvas horizontales simples, con sus correspondientes definiciones de longitud de curva, ángulo de deflexión y radio de curvatura.

3.2.11.1. **Radio mínimo de curvatura horizontal.**

Es el mínimo valor del radio de curva, lo cual permite al conductor viajar con total seguridad a una velocidad de diseño dado, este valor es importante fijarlo para asegurar que exista suficiente visibilidad y evitar un deslizamiento transversal.

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

Donde:

R_{min} = Radio mínimo de la curva horizontal, m.

V = Velocidad de diseño, km/h

e = Peralte

f = Coeficiente de fricción transversal de acuerdo a la ecuación:

$$f = 0,19 - 0,000626 * Vd$$

Solución aplicada al presente estudio

$$Vd = 40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$e = 8 \%$, según la figura 6: Valores de diseño recomendados para carreteras

$$f = 0,19 - 0,000626 * 40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$f = 0,19 - 0,000626 * 40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$f = 0,16496$$

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

$$R = \frac{\left(40 \frac{\text{km}}{\text{h}}\right)^2}{127 (0,08 + 0,16496)}$$

$$R = \frac{\left(40 \frac{\text{km}}{\text{h}}\right)^2}{127 (0,08 + 0,16496)}$$

$$R = 51,43 \text{ m} \cong 50 \text{ m}$$

El radio mínimo de curvatura horizontal adoptado es 50 m

Alineamiento vertical.

La sección longitudinal de la carretera es tan importante como la alineación transversal y debe estar directamente relacionada con la velocidad de diseño, distancias de visibilidad, como también curvas horizontales.

Un camino en un proyecto se define como un conjunto de gradientes conectadas por curvas simples cuando cumplen condiciones tangenciales.

Por lo tanto, en este diseño estamos hablando de pendientes longitudinales y las curvas que las conectan. Estas pendientes deben calcularse en valores mínimos que dependen de una serie de factores.

Para la determinación del alineamiento vertical de la vía se han establecido las gradientes longitudinales que van conectadas con la velocidad de diseño derivada de la clase de vía en estudio y la naturaleza en la topografía, se tiene un valor de diseño de 12% como máximo y 0.50% como valor mínimo, según la figura 6: Valores de diseño recomendados para carreteras.

Las gradientes longitudinales de la vía son enlazadas con curvas verticales parabólicas simples con el eje vertical centrado en los puntos de intersección de las gradientes PIV.

3.2.11.2. Longitud mínima de curvas verticales.

Las longitudes mínimas de las curvas verticales convexas y cóncavas se dan de acuerdo con los valores recomendados en las Tablas 7.8, 7.9, 7.10 y 7.11, tomados de la norma de Diseño Geométrico de Carreteras del MTOP, dando el valor K para una vía tipo IV en terreno montañoso.

Tabla 17. Curvas verticales convexas mínimas

CURVAS VERTICALES CONVEXAS MÍNIMAS			
VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA LA PARADA "s" (m)	COEFICIENTE $K = S^2/426$	
		CALCULADO	RECOMENDADO
20	20	0,94	1
25	25	1,47	2
30	30	2,11	3
35	35	2,88	4
40	40	3,76	5
45	50	5,87	6
50	55	7,1	7
60	70	11,5	12
70	90	19,01	19
80	110	28,4	28
90	135	42,78	43
100	160	60,09	60
110	180	76,06	80
120	220	113,62	115

Fuente: (MTOP, 2003)

Tabla 18. Curvas verticales cóncavas mínimas

CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS MÍNIMAS			
VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA LA PARADA "s" (m)	COEFICIENTE $K = S^2 / (122 + 3,5 * S)$	
		CALCULADO	RECOMENDADO
20	20	2,08	2
25	25	2,98	3
30	30	3,96	4
35	35	5,01	5
40	40	6,11	6
45	50	8,42	8
50	55	9,62	10
60	70	13,35	13
70	90	18,54	19
80	110	23,87	24
90	135	30,66	31
100	160	37,54	38
110	180	43,09	43
120	220	54,26	54

Fuente: (MTO, 2003)

Tabla 19. Valores mínimos de diseño del coeficiente "k" para la determinación de las longitudes de curvas verticales convexas mínimas

VALORES MÍNIMOS DE DISEÑO DEL COEFICIENTE "K" PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS LONGITUDES DE CURVAS VERTICALES CONVEXAS MÍNIMAS						
CLASE DE CARRETERA	VALOR RECOMENDADO			VALOR ABSOLUTO		
	LL	O	M	LL	O	M
R - I O R - II > 8000 TPDA	115	80	43	80	43	28
I 3000 a 8000 TPDA	80	60	28	60	28	12
II 1000 a 3000 TPDA	60	43	19	43	28	7
III 300 a 1000 TPDA	43	28	12	28	12	4
IV 100 a 300 TPDA	28	12	7	12	3	2
V Menos de 100	12	7	4	7	3	2

Fuente: (MTO, 2003)

Tabla 20. Valores mínimos de diseño del coeficiente "k" para la determinación de las longitudes de curvas verticales cóncavas mínimas

VALORES MÍNIMOS DE DISEÑO DEL COEFICIENTE "K" PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS LONGITUDES DE CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS MÍNIMAS						
CLASE DE CARRETERA	VALOR RECOMENDADO			VALOR ABSOLUTO		
	LL	O	M	LL	O	M
R - I O R - II > 8000 TPDA	115	80	43	80	43	28
I 3000 a 8000 TPDA	80	60	28	60	28	12
II 1000 a 3000 TPDA	60	43	19	43	28	7
III 300 a 1000 TPDA	43	28	12	28	12	4
IV 100 a 300 TPDA	28	12	7	12	3	2
V Menos de 100	12	7	4	7	3	2

Fuente: (MTO, 2003)

La longitud mínima absoluta de las curvas verticales convexas y cóncavas se obtiene multiplicando la velocidad de diseño en km/h por un factor de 0,60 para obtener la longitud de la curva en metros.

$$Lev\ min = 0,60 * Vd$$

Donde:

Lev min = La longitud mínima de curva vertical, metros

Vd = Velocidad de diseño, Km/h

Solución aplicada al siguiente estudio:

$$Vd = 40\ Km/h$$

$$Lev\ min = 0,60 * Vd = 0,60 * \left(40 \frac{Km}{h}\right) = 24\ m$$

Para este caso, la longitud mínima que se adopta para las curvas verticales convexas y cóncavas es de 30 m.

3.2.11.3. Gradiente máxima.

En general, la gradiente a tomar depende directamente de la topografía del terreno y debe mantenerse con valores lo más bajos posible para garantizar la suficiente velocidad adecuada de circulación y comodidad para la conducción.

Según la velocidad de diseño, y sabiendo que dependen del volumen de tráfico y de la naturaleza del terreno, la siguiente tabla muestra las gradientes medias máximas aceptables.

Tabla 21. Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas

TPDA	CLASE DE CARRETERA	DISTANCIA DE VISIBILIDAD (M)					
		RECOMENDABLE			ABSOLUTO		
		LL	O	M	LL	O	M
MÁS DE 8000	R-I R-II	2	3	4	3	4	6
DE 3000 A 8000	I	3	4	6	3	5	7
DE 1000 A 3000	II	3	4	7	4	6	8
DE 300 A 1000	III	4	6	7	6	7	9
DE 100 A 300	IV	5	6	8	6	8	10
MENOS DE 100	V	5	6	8	6	8	14

Fuente: (MTO, 2003)

En este caso escogeremos una gradiente longitudinal máxima del 12% debido a las condiciones que existen en el lugar. De los levantamientos topográficos existentes, cabe señalar que las pendientes altas aumentan cuando las vías son largas o cuando los tamaños reducen la posibilidad de que un vehículo pueda rebasar, por lo que se ha

estandarizado la longitud de la gradiente crítica a utilizar, donde, de acuerdo con las recomendaciones de la norma, es necesario utilizar grandes pendientes en tramos cortos.

3.2.11.4. *Gradiente mínima.*

Ahora, escogeremos un valor de 0,5% de gradiente longitudinal mínima. Es importante saber que, se puede aplicar un pendiente del 0% en caso de que tengamos rellenos de un metro o más y cuando la superficie de la carretera, en este caso el pavimento, tenga una gradiente transversal suficiente para drenar el agua de lluvia hacia un lado.

3.2.11.5. *Distancia de visibilidad de parada.*

En el diseño de carreteras, consideramos una característica esencial que es la distancia de visibilidad de parada, que es la distancia mínima necesaria para cuando un conductor que viaja a la velocidad de diseño vea un objeto en su camino y pueda detener su vehículo antes de alcanzarlo. Esta distancia deberá ser facilitada en cualquier punto del recorrido; para ello, el estado húmedo del pavimento, que determina el coeficiente de rozamiento longitudinal, es un criterio de diseño.

Tabla 22. Valores de diseño de las distancias de visibilidad mínimas para la parada de un vehículo

DISTANCIA MÍNIMA (m) PARA PAVIMENTOS MOJADOS						
CLASE DE CARRETERA	TOPOGRAFÍA					
	RECOMENDADO			ABSOLUTO		
	LL	O	M	LL	O	M
RI o RII > 8000 (TPDA)	220	180	135	180	135	110
I 3000 - 8000 (TPDA)	180	160	110	160	110	70
II 1000 - 3000 (TPDA)	160	135	90	135	110	55
III 300 - 1000 (TPDA)	135	110	70	110	70	40
IV 100 - 300 (TPDA)	110	70	55	70	35	25
V < 100 (TPDA)	70	55	40	55	35	25

Fuente: (MTOP, 2003)

Como nuestra vía en estudio es de clase IV tenemos una distancia mínima absoluta de 25 metros aproximadamente, y como está ubicada en un terreno montañoso lo calculamos con la siguiente ecuación que está basada en las normas de diseño geométrico del MTOP:

$$DVP = 0,7 * Vd + \frac{Vd^2}{254 * f}$$

Donde:

$DVP =$ Distancia de visibilidad de parada, m

$Vd =$ Velocidad de diseño, Km/h

$f =$ Coeficiente de fricción longitudinal de acuerdo a la ecuación:

$$f = \frac{1,15}{Vd^{0,3}}$$

Para el presente estudio la solución es la siguiente:

$$Vd = 40 \frac{Km}{h}$$

$$f = \frac{1,15}{\left(40 \frac{Km}{h}\right)^{0,3}} = 0,38026$$

$$DVP = 0,7 * Vd + \frac{Vd^2}{254 * f} = DVP = 0,7 * \left(40 \frac{Km}{h}\right) + \frac{\left(40 \frac{Km}{h}\right)^2}{254 * (0,38026)} = 44,58 m$$

Por lo tanto, adoptamos una distancia de visibilidad de parada de 50 m.

3.2.11.6. Distancia de visibilidad de rebasamiento.

Para poder encontrar la distancia de visibilidad de rebasamiento se la tiene que determinar teniendo en cuenta una longitud de la carretera que sea necesaria para que el conductor pueda realizar una maniobra de rebasamiento, siempre y cuando se encuentre en condiciones de seguridad.

La distancia de visibilidad de rebasamiento para nuestro tipo de vía es de 110 m de acuerdo a las normas del MTOP, la cual no es muy aplicada debido a las características topográficas del terreno natural. Por tanto, esta vía estará correctamente señalizada ya que es muy sinuosa, evitando de esta manera accidentes, la cual la calcularemos con la siguiente ecuación:

$$DVR = 9,54 * Vd - 218$$

Donde:

$DVR =$ Distancia de visibilidad de rebasamiento, m

$Vd =$ Velocidad de diseño, Km/h

Para el presente estudio la solución es la siguiente:

$$Vd = 40 \frac{Km}{h}$$

$$DVR = 9,54 * Vd - 218 = 9,54 * \left(40 \frac{Km}{h}\right) - 218 = 163,60 m$$

Por lo tanto, adoptamos una distancia de visibilidad de rebasamiento de 165 m.

3.2.11.7. Sección transversal típica.

De acuerdo con las recomendaciones, se determinó que la sección transversal de esta vía debe ser de 6,00 m, además del ancho de cuneta de 1,50 m (0,75 m a cada lado) dando un total de ancho de la sección transversal de 7,50 m. Sabemos también que las cunetas están revestidas con hormigón y tiene una profundidad de 0,30 m desde la rasante.

La pendiente horizontal de la calzada se fija en un 2% por tratarse de un pavimento asfáltico. En curvas horizontales, las curvas se realizarán con peraltes hasta el 10% recomendado en la norma de diseño de carreteras y haciéndolas crecer a lo largo de la longitud de la curva, y rotando la vía alrededor de su eje.

3.3. Estudios de hidrología y drenaje

3.3.1. Diseño de cunetas.

Las cunetas también conocidas como zanjas están constituidas de forma paralela a las bermas, las cuales pueden ser revestidas o no. Permiten conducir el agua pluvial de las vías con el objetivo de facilitar el drenaje superficial longitudinal.

Sin embargo, es importante tener en claro que el diseño depende mucho del análisis hidráulico del sitio. (Cárdenas Grisales, 2013)

Según las condiciones climáticas y la topografía del terreno a estudio se decidió trabajar con una forma triangular por ser una prolongación de la superficie de rodamiento y a su vez brindar mayor seguridad al usuario.

El diseño de las cunetas tiene como principio la hidráulica de canales abiertos con flujo uniforme, razón por la cual fue necesario aplicar la fórmula de Manning y la ecuación de continuidad.

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}}$$
$$Q = A * V$$
$$R = \frac{A}{PM}$$

Donde:

$V =$ Velocidad (m/s)

$n =$ Coeficiente de rugosidad de Manning, adimensional

$J =$ Pendiente hidráulica (%)

$Q =$ Caudal de diseño (m³/s)

$A = \text{Área de la sección (m}^2\text{)}$

$PM = \text{Perímetro mojado (m)}$

$R = \text{Radio hidráulico (m)}$

Tabla 23. Coeficiente de rugosidad de Manning para canales abiertos

Coeficiente de Rugosidad	
Tipo de Recubrimiento	n
Tierra lisa	0,02
Césped con más de 15 cm de profundidad de agua	0,04
Césped con menos de 15 cm de profundidad de agua	0,06
Revestimiento rugoso de piedra	0,04
Cuneta revestida de hormigón	0,016

Fuente: (French, 1988)

Solución aplicada al presente estudio:

$$n = 0,016$$

Sección adoptada de cuneta:

$$Base = 0,75 \text{ m}$$

$$Altura = 0,30 \text{ m}$$

Área de la sección:

$$A = \frac{Base * Altura}{2}$$

$$A = \frac{0,75 \text{ m} * 0,30 \text{ m}}{2}$$

$$A = 0,1125 \text{ m}^2$$

Perímetro mojado:

$$P = 0,67 \text{ m} + 0,34 \text{ m} = 1,01 \text{ m}$$

Radio hidráulico:

$$R = \frac{A}{PM}$$

$$R = \frac{0,1125 \text{ m}^2}{1,01 \text{ m}}$$

$$R = 0,11139 \text{ m}$$

Luego de obtener los valores del área y radio hidráulico reemplazamos en la ecuación de Manning para determinar el caudal en función de la pendiente:

$$Q = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}} * A$$

$$Q = \frac{1}{0,016} * 0,11139^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}} * 0,1125 \text{ m}^2$$

$$Q = 1,62778 * J^{\frac{1}{2}}$$

Para obtener el valor de la velocidad reemplazamos en la siguiente ecuación:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{1,62778 * J^{\frac{1}{2}}}{0,1125}$$

$$V = 14,469 * J^{\frac{1}{2}}$$

A continuación, se muestra la siguiente tabla que representa los caudales y velocidades admisibles para distintos valores de pendiente:

Tabla 24. Velocidades y caudales permisibles para distintos valores de pendiente

J (%)	V (m/s)	Q (m3/s)
0,5	1,023	0,115
1	1,447	0,163
1,5	1,772	0,199
2	2,046	0,230
2,5	2,288	0,257
3	2,506	0,282
3,5	2,707	0,305
4	2,894	0,326
4,5	3,069	0,345
5	3,235	0,364
5,5	3,393	0,382
6	3,544	0,399
6,5	3,689	0,415
7	3,828	0,431
7,5	3,962	0,446
8	4,092	0,460
8,5	4,218	0,475
9	4,341	0,488
9,5	4,460	0,502
10	4,575	0,515
10,5	4,688	0,527
11	4,799	0,540
11,5	4,907	0,552
12	5,012	0,564
12,5	5,116	0,576
13	5,217	0,587
13,5	5,316	0,598
14	5,414	0,609

Elaborado: Autores

3.3.1.1. *Coefficiente de escorrentía.*

Para el cálculo del coeficiente de escorrentía (C) se tomó como referencia las tablas propuestas de distintos manuales y normas:

Tabla 25. Coeficientes de escorrentía para distintos factores

Factores		C
Por la topografía	Plano con pendiente de 0,2-0,6 m/km	0,3
	Moderada con pendiente de 3,0-4,0 m/km	0,2
	Colinas con pendiente 30-50 m/km	0,1
Por el tipo de suelo	Arcilla compactada impermeable	0,1
	Combinación de limo y arcilla	0,2
	Suelo limo arenoso no muy compactado	0,4
Por la capa vegetal	Terrenos cultivados	0,1
	Bosques	0,2

Fuente: (French, 1988)

Usando los datos de la tabla propuesta se obtuvo el coeficiente de escurrimiento mediante la siguiente fórmula:

$$C = 1 - \sum C'$$

Donde:

C' = Valores de escurrimiento debido a diferentes factores que influyen directamente en la escorrentía

$$C = 1 - \sum C'$$

$$C = 1 - (C_{topografía} + C_{suelo} + C_{vegetal})$$

$$C = 1 - (0,2 + 0,2 + 0,1)$$

$$C = 0,5$$

3.3.1.2. *Intensidad de precipitación pluvial.*

El estudio de lluvias intensas, publicado por el INAMHI (2019), presenta curvas y ecuaciones de intensidad de precipitación el cual está basado en registros pluviográficos, pluviométricos y regionalización de intensidades máximas, para determinar las curvas IDF características de la zona en la cual se encuentra la vía que conecta las comunidades San Francisco de Orongo y El Congreso.

De acuerdo al mencionado estudio, se delimitó la zona donde se va a llevar a cabo el proyecto lo cual se determinó que pertenece a la Zona 63 dentro del mapa de zonificación de intensidades de la demarcación de Guayas.

Los valores de intensidad máxima en 24 horas se los obtuvo a partir de un análisis estadístico realizado a los datos de precipitación máxima en 24 horas disponibles para la estación pluviométrica Echeandía (M0383).

Según estudios realizados por el INAMHI, la fórmula para calcular la intensidad de lluvia dentro de la estación pluviométrica M0383 es:

Tabla 26. Zonificación de intensidades

Zona	Código	Nombre de la Estación	Duración	Ecuación
63	M0383	Echeandia	5 min < 43,97 min	$I_{TR} = 43.244 * Id_{TR} * t^{-0.264}$
			43,97 min < 1440 min	$I_{TR} = 274,03 * Id_{TR} * t^{-0.752}$

Fuente: (INAMHI, 2019)

Los valores de intensidad máxima en 24 horas para varios periodos de retorno se los tomó de la Tabla No.3 del INAMHI (2019), Id_{TR} , los cuales se presentan a continuación:

Tabla 27. Intensidad diaria para periodos de retorno

TR (años)	Id (mm/h)
2	4,3
5	5,67
10	6,56
25	7,65
50	8,56
100	9,25

Fuente: (INAMHI, 2019)

Para encontrar el tiempo de concentración de la lluvia en minutos se utilizará la siguiente ecuación:

$$tc = 0,0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Donde:

tc = Tiempo de concentración (min)

L = Longitud del área de drenaje (m)

H = Desnivel entre el inicio de la cuenca y el punto de descarga (m).

$$H = L * i$$

Donde:

i = pendiente del talud

Solución aplicada al presente estudio:

Para calcular el tiempo de concentración en primer lugar se obtuvo el desnivel entre el inicio de la cuenca y el punto de descarga (H), donde se decidió trabajar con una pendiente de tramo $i = 10 \%$ y una distancia máxima de drenaje $L = 500 \text{ m}$.

$$H = L * i$$

$$H = 500 \text{ m} * 0,10$$

$$H = 50 \text{ m}$$

A continuación, se obtuvo el valor del tiempo de concentración:

$$tc = 0,0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

$$tc = 0,0195 \left(\frac{(500 \text{ m})^3}{50 \text{ m}} \right)^{0,385}$$

$$tc = 5,67 \text{ min}$$

Para el tiempo de concentración en el talud se decidió trabajar con una pendiente de tramo $i = 20 \%$ y una distancia máxima de drenaje $L = 650 \text{ m}$.

$$H = 650 \text{ m} * 0,20$$

$$H = 130 \text{ m}$$

Se obtuvo el valor del tiempo de concentración:

$$tc = 0,0195 \left(\frac{(650 \text{ m})^3}{130 \text{ m}} \right)^{0,385}$$

$$tc = 5,31 \text{ min}$$

Tiempo de concentración total:

$$tc = 5,67 \text{ min} + 5,31 \text{ min}$$

$$tc = 10,98 \text{ min}$$

Con los valores calculados procedemos a definir la intensidad de precipitación pluvial utilizando la fórmula ya descrita anteriormente:

$$tc = 10,98 \text{ min}$$

$$Id_{TR} = 9,25 \text{ mm/h}$$

$$I_{TR} = 43,244 * Id_{TR} * t^{-0,264}$$

$$I_{TR} = 43,244 * 9,25 \text{ mm/h} * (10,98 \text{ min})^{-0,264}$$

$$I_{TR} = 212,4949 \text{ mm/h}$$

3.3.1.3. Caudal de circulación.

Para poder obtener el caudal que circula por la cuneta fue necesario aplicar el método racional, el cual es aplicado para estimar el caudal máximo en cunetas de menor dimensión longitudinal, que no excedan a 400 Ha.

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q = Caudal máximo esperado, m^3/s

C = Coeficiente de escurrimiento, adimensional

I = Intensidad de precipitación pluvial, mm/h

A = Área de la cuneta, Ha

Solución aplicada al presente estudio:

$$C = 0,5$$

$$I = 212,4949 \text{ mm/h}$$

El área de drenaje de la cuneta para un carril es:

$$A = (\text{Ancho de calzada} + \text{Ancho de cuneta}) * \text{Longitud}$$

$$A = (3 \text{ m} + 1 \text{ m}) * 5000 \text{ m}$$

$$A = 20000 \text{ m}^2$$

$$A = 2 \text{ Ha}$$

Con los valores calculados procedemos a definir el caudal máximo esperado:

$$Q = \frac{0,5 * 212,4949 \text{ mm/h} * 2 \text{ Ha}}{360}$$

$$Q = 0,5902 \text{ m}^3/s$$

$$Q_{\text{admisible}} = 0,609 \text{ m}^3/s$$

El caudal máximo solicitado que se puede esperar en un periodo de retorno de 100 años es $0,5902 \text{ m}^3/s$, siendo este menor que el caudal admisible $0,609 \text{ m}^3/s$, por lo que se cumple que el diseño de la cuneta es óptimo y satisfactorio.

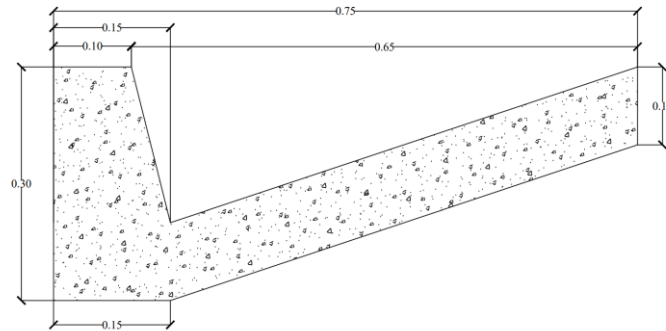


Ilustración 7. Sección transversal de la cuneta.

Fuente: Autores

3.3.2. Diseño de alcantarillas.

El propósito de un sistema de drenaje es evitar que el agua fluya sobre la carretera. Existen dos orígenes por los cuales el agua llega en exceso: uno es por corrientes superficiales (ríos) y otra es de origen pluvial. Para las aguas de escorrentía superficial, el sentido del agua con la carretera es casi perpendicular, y debido a esto es que se utiliza un drenaje transversal, dependiendo el caudal que vaya a presentar. Por otro lado, cuando se trata de aguas pluviales se debe encaminar el agua hacia las orillas de la carretera, tomando una correcta pendiente que vaya en sentido transversal; a esta se le conoce con el nombre de bombeo normal y generalmente la pendiente es del 3% (Lluman, 2014).

3.3.2.1. Diámetros mínimos.

El diámetro mínimo que establece el MOP-001-E (manual de diseño de carreteras) es de 0,45 metros, al tratarse de una tubería colectora de agua lluvia.

3.3.2.2. Velocidades máximas y mínimas.

Para alcantarillado pluvial, la velocidad de flujo en líneas de alcantarillado no debe ser mayor de 3,00 m/s, al tratarse de tuberías de concreto, de esta manera se proporciona una acción de auto limpieza, es decir, que va a tener la capacidad de arrastre de partículas. Como en épocas de verano no hará caudal, para este caso no existirá una velocidad de flujo mínima (Lluman, 2014).

3.3.2.3. Profundidad de la tubería.

La profundidad mínima de instalación de la tubería debe ser tal que el material de relleno no genere daños en los conductos por carga viva y también de impacto (Lluman, 2014). Para realizar el diseño de un sistema de alcantarillado de drenaje pluvial

se debe seguir todas las consideraciones de profundidades mínimas que establece el MTOP:

Tráfico normal = 1,00 metro

Tráfico pesado = 1,20 metros

3.3.2.4. *Cálculo del diámetro de las alcantarillas.*

Para determinar el diámetro de las alcantarillas, es necesario calcular primero el área hidráulica con el método de TALBOT, ya que esta se recomienda justamente para caminos vecinales, porque se adapta para zonas que no cuentan con datos hidrológicos completos.

$$Ah = \frac{0,183 * C * A^{\frac{3}{4}} * I}{100}$$

Donde:

Ah = Área hidráulica que deberá tener la alcantarilla, m²

C = Coeficiente de escurrimiento Talbot, adimensional

I = Intensidad de precipitación pluvial para cualquier periodo de retorno, mm/h

A = Número de hectáreas tributarias, Ha

Tabla 28. Valores de C para la fórmula de Talbot

CARACTERÍSTICA TOPOGRÁFICA DE LA CUENCA	C
Montañoso y Escarpado	1
Con mucho lomerío	0,8
Con lomerío	0,6
Muy Ondulado	0,5
Poco Ondulado	0,4
Casi Plana	0,3
Plana	0,2

Fuente: (French, 1988)

Una vez obtenido el valor del área hidráulica se procede a calcular el diámetro de la alcantarilla dentro del mismo método de TALBOT con la siguiente fórmula tomada de (French, 1988):

$$D = \sqrt{\frac{4 * Ah}{\pi}}$$

Solución aplicada al presente estudio:

A continuación, se presenta la solución para el cálculo de diámetro requerido, presentado en la siguiente tabla y utilizando las siguientes ecuaciones:

$$tc = 0,0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

$$I_{TR} = 43,244 * Id_{TR} * t^{-0,264}$$

$$Ah = \frac{0,183 * C * A^{\frac{3}{4}} * I}{100}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * Ah}{\pi}}$$

Tabla 29. Diámetros de Alcantarillas

Nº	Ubicación	Área de Aporte A (Ha)	Tiempo de concentración tc (min)	Intensidad de lluvia I (mm/h)	Coefficiente de escorrentía C	Área Hidráulica Ah (m2)	Diámetro calculado (m)	Diámetro asumido (m)
2	0+307	3,74	1,64	322,79	1	1,59	1,42	1,8
3	0+598	3,17	1,57	326,33	1	1,42	1,34	1,8
4	0+997	4,86	2,00	306,05	1	1,83	1,53	1,8
5	1+280	2,90	1,54	328,18	1	1,34	1,30	1,8
6	1+674	4,99	1,98	306,83	1	1,87	1,54	1,8
7	1+891	5,78	1,25	346,38	1	2,36	1,73	1,8
8	2+333	3,79	2,17	299,74	1	1,49	1,38	1,8
9	2+618	3,53	1,54	327,71	1	1,54	1,40	1,8
10	2+891	3,13	1,49	330,59	1	1,42	1,35	1,8
11	3+166	6,65	1,50	330,10	1	2,50	1,78	1,8
12	3+817	2,97	2,92	277,06	1	1,15	1,21	1,8
13	4+136	7,33	1,68	320,29	1	2,61	1,82	1,8
14	4+679	4,08	2,54	287,46	1	1,51	1,39	1,8

Elaborado: Autores

Para nuestro tipo de vía se decidió diseñar con alcantarillas metálicas corrugadas ÁRMICO, ya que nos ayudará de mejor manera a solucionar posibles problemas de drenaje transversal que puedan existir en esta. Por razones de uniformidad se adopta el diámetro de 1,80 metros para todas las alcantarillas basándonos en diámetros reales mostrados en la figura 7 y se determina la necesidad de construir cabezales de entrada y de salida.

mm	Código	mm	Código
1100	2006607	1200	2010303
1150	2010297	1500	2010304
1200	2006608	1550	2006665
1250	2006610	1700	2006667
1300	2006611	1750	2010306
1350	2006612	1800	2006669
1400	2006615	1950	2006673
1450	2010298	2000	2006674
1500	2006617	2050	2010307
		2100	2010308

Ilustración 8. Diámetros de Alcantarillas tipo ARMICO.

Fuente: (Durman, 2017)

La geometría de los cabezales definidos para los accesos se muestra a continuación en las figuras 9 y 10.

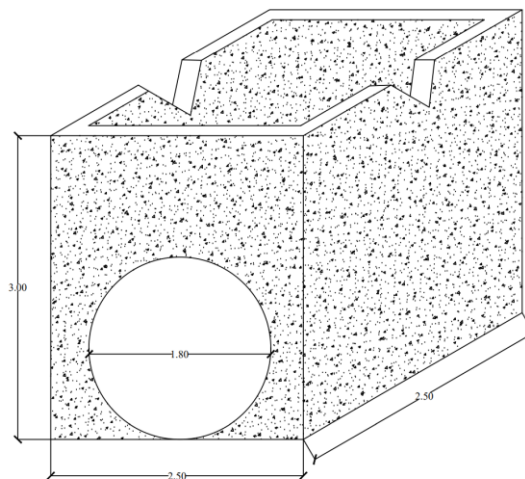


Ilustración 9. Cabezal de entrada y salida Tipo.

Fuente: Autores

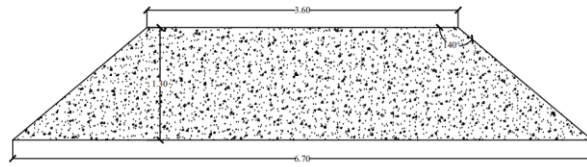
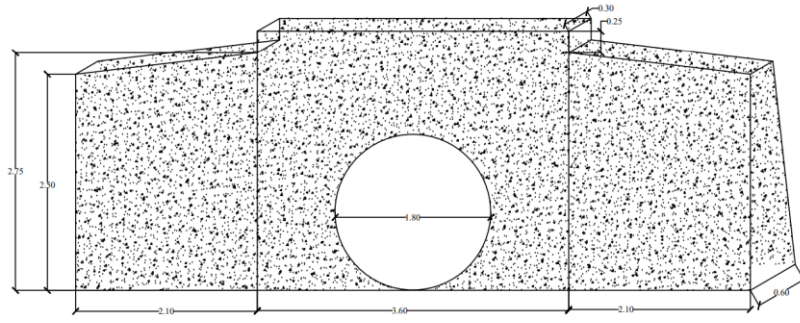


Ilustración 10. Cabezal de salida Tipo.

Fuente: Autores

3.4. Diseño geométrico de la vía implementando la metodología BIM en Civil 3D

Una vez que se ha llegado al respectivo diagnóstico de los parámetros que registrarán el diseño y se hayan establecido las principales características a ser mejoradas, se procederá con el diseño geométrico de la vía San Francisco de Orongo – El Congreso (5 Km) cantón Echeandía por medio del software Civil 3D. En esta fase serán establecidas las características más importantes de la infraestructura vial en sus tres dimensiones: planta, perfil longitudinal y perfil transversal. Junto con lo anterior se analizarán los requerimientos geométricos basados en el estudio de Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).

3.4.1. Puntos.

Como primer paso para llevar el levantamiento topográfico a Civil 3D fue necesario configurar la zona donde se va a trabajar, en este caso fue la zona 17S en coordenadas UTM-WGS84 para poder georreferenciar el proyecto. Del mismo modo se especificó las claves descriptivas, clasificando los puntos como: “Franco Derecho” “Franco Izquierdo” para la vía existente, mientras que, para la nube de puntos en general se especificó como “Terreno Natural”

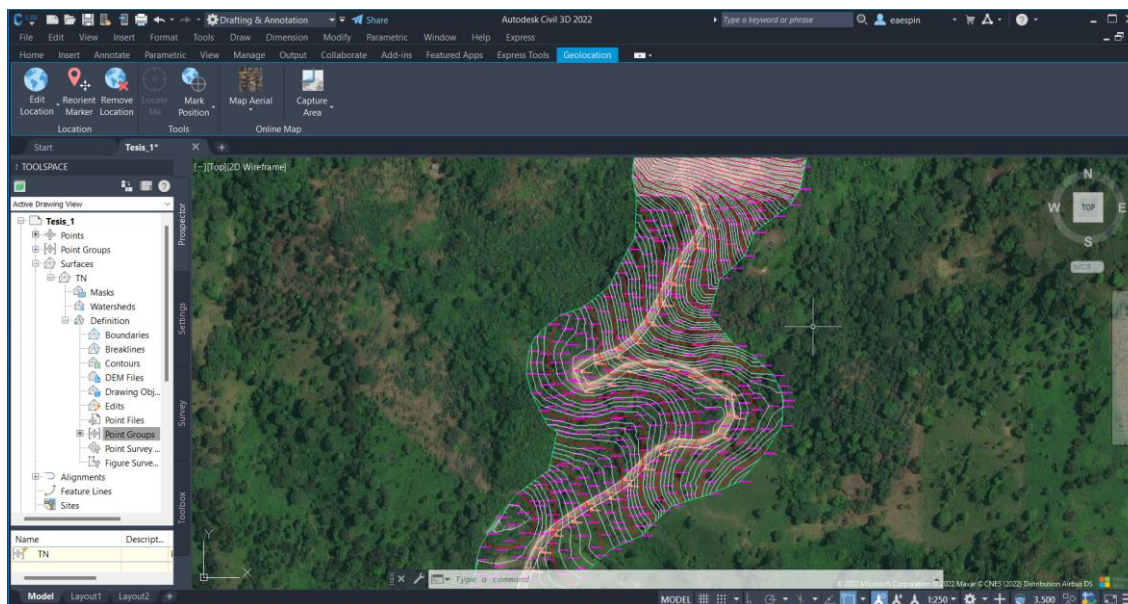


Ilustración 11. Topografía georreferenciada del proyecto.

Fuente: Autores

3.4.2. Superficie.

Una vez ingresados los puntos al software Civil3D, se procedió a generar la superficie del grupo de puntos. Posterior a ello, se logró observar que la superficie generada no coincidía totalmente con la superficie real, procediendo a realizar una triangulación para poder corregir todos los picos que no pertenecían al modelo real.

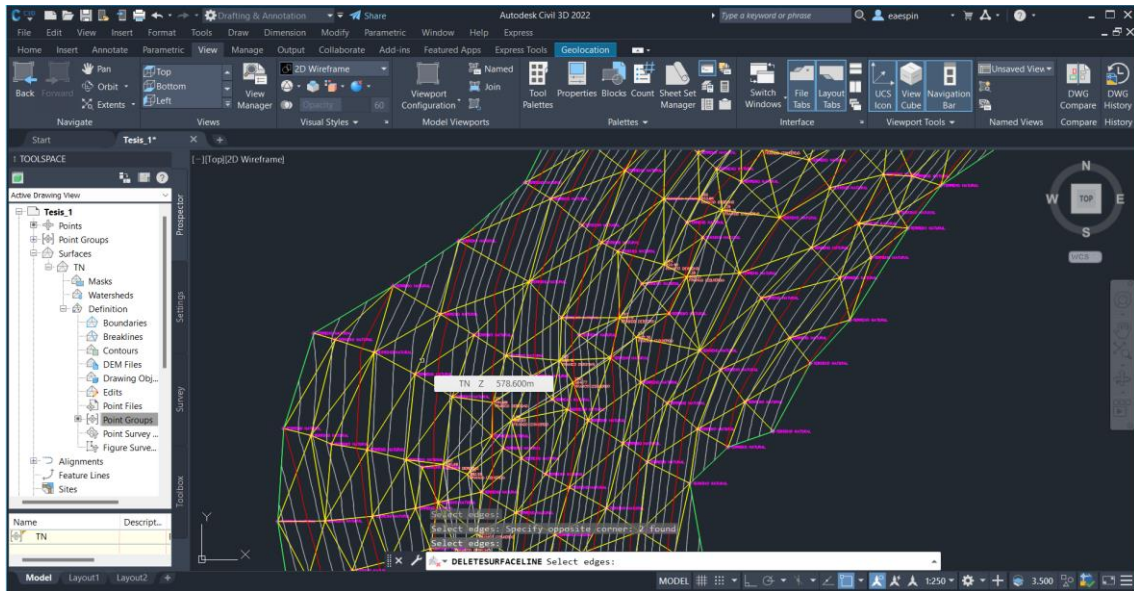


Ilustración 12. Triangulación de la superficie.

Fuente: Autores

La triangulación se lo configuró para que tenga una longitud máxima de 30 m, con el fin de evitar que el programa tome puntos lejanos y así lograr que la superficie se acople de mejor forma al terreno real del proyecto.

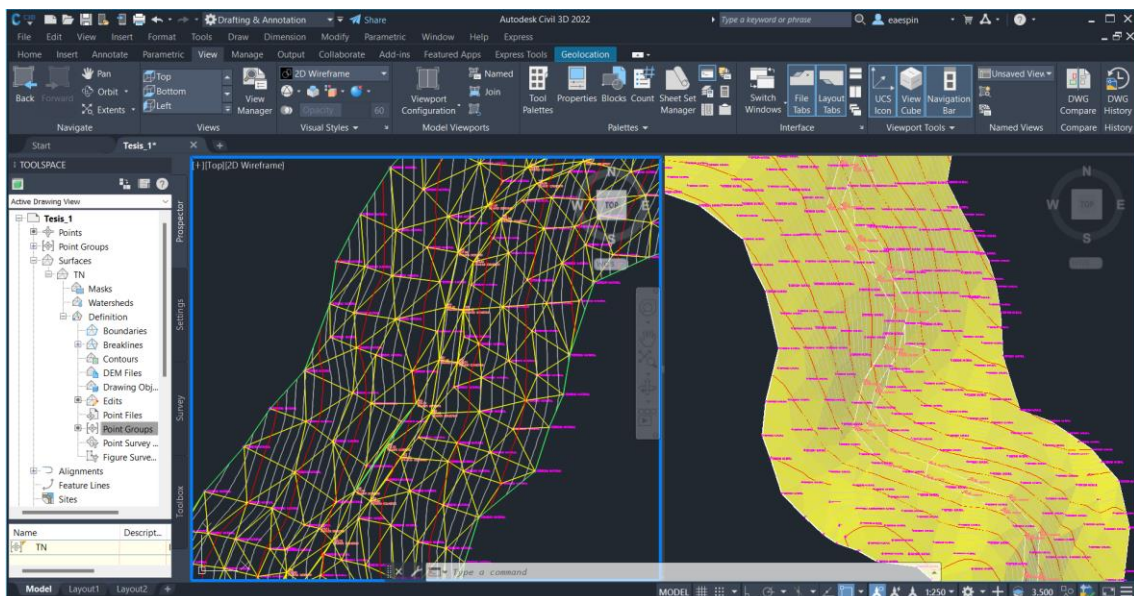


Ilustración 13. Triangulación de la superficie con longitud máxima de 30 m.

Fuente: Autores

Con la opción “Object View” se fue verificando la topografía del terreno, tomando en consideración que la vía y los taludes existentes se puedan observar claramente, con el objetivo de evitar mas adelante volumenes de corte o relleno no existentes.

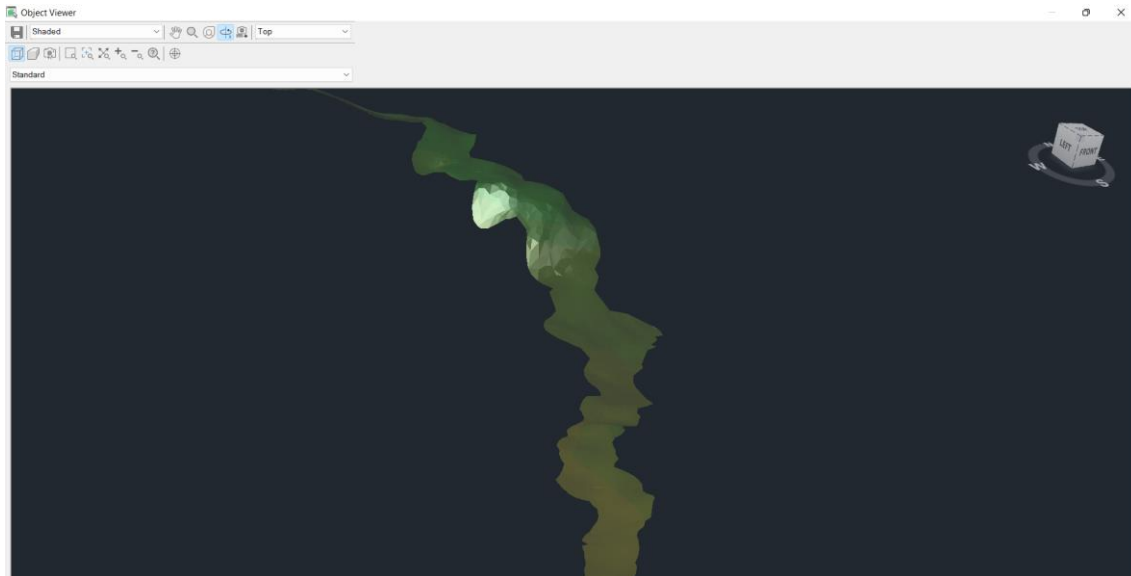


Ilustración 14. Topografía del terreno en vista 3D.

Fuente: Autores

Para realizar el trazado de la ruta se decidió hacerlo a través de un análisis de ruta por rango de colores, logrando así obtener un trazado optimo y eficiente.

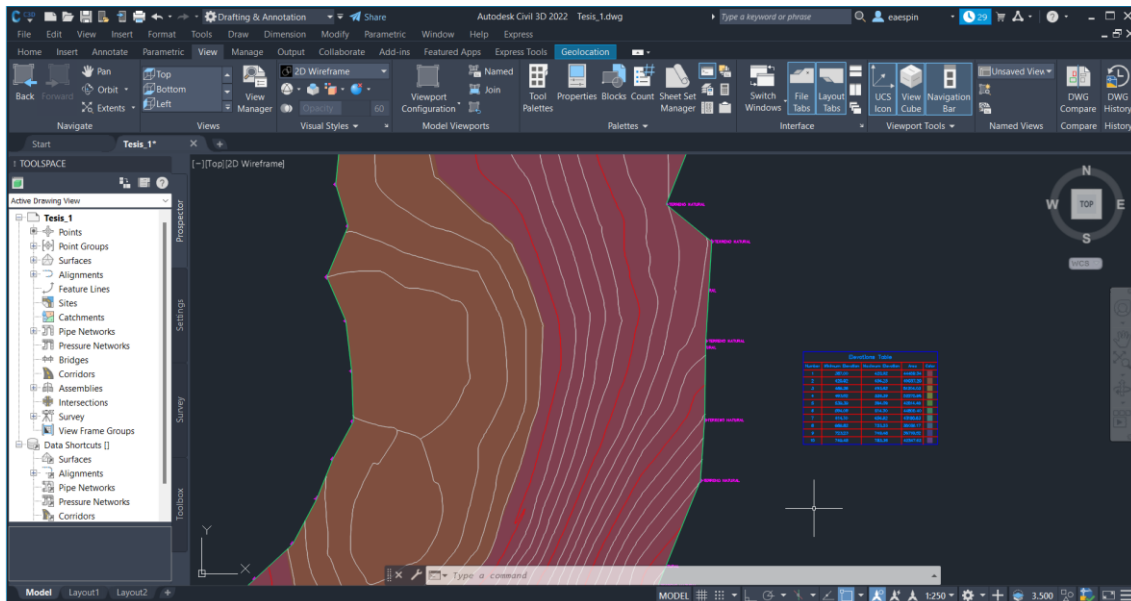


Ilustración 15. Superficie del terreno en rango de colores.

Fuente: Autores

Se estableció el rango de colores para delimitar elevaciones cada 20 m, y así evitar que el trazado de ruta tenga pendientes muy elevadas.

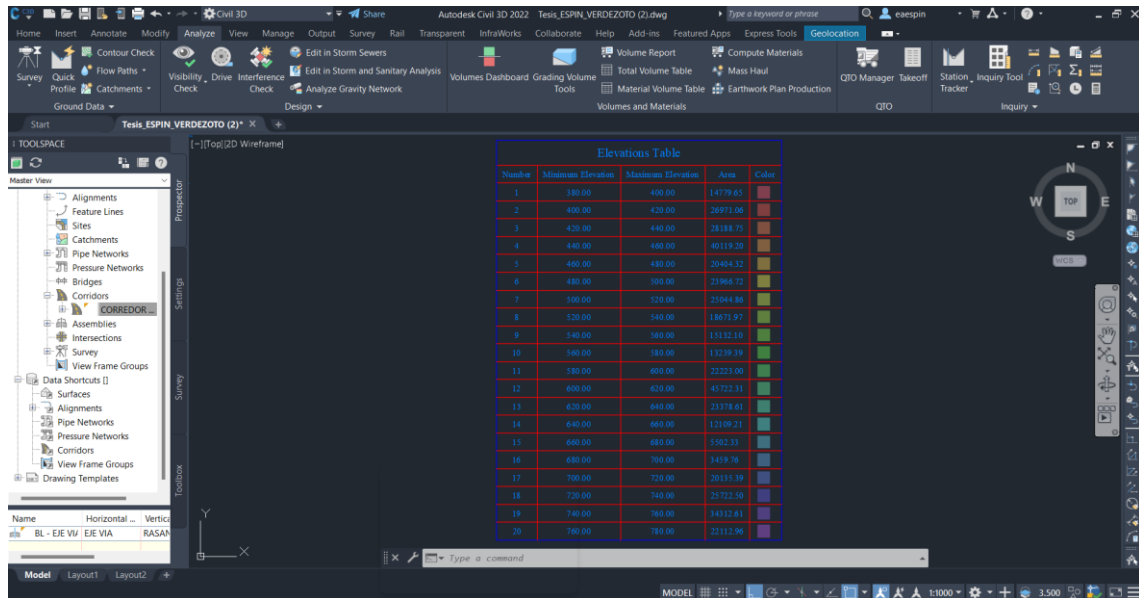


Ilustración 16. Tabla de rangos de colores por cada 20 m de elevación.

Fuente: Autores

3.4.3. Alineamiento horizontal.

Para el trazado del alineamiento horizontal se lo realizó dibujando una polilínea en vista de planta sobre la superficie por rango de colores, tratando de evitar las pendientes muy elevadas. Aquí se trató de seguir la ruta de la vía ya existente en lo más cercano posible.

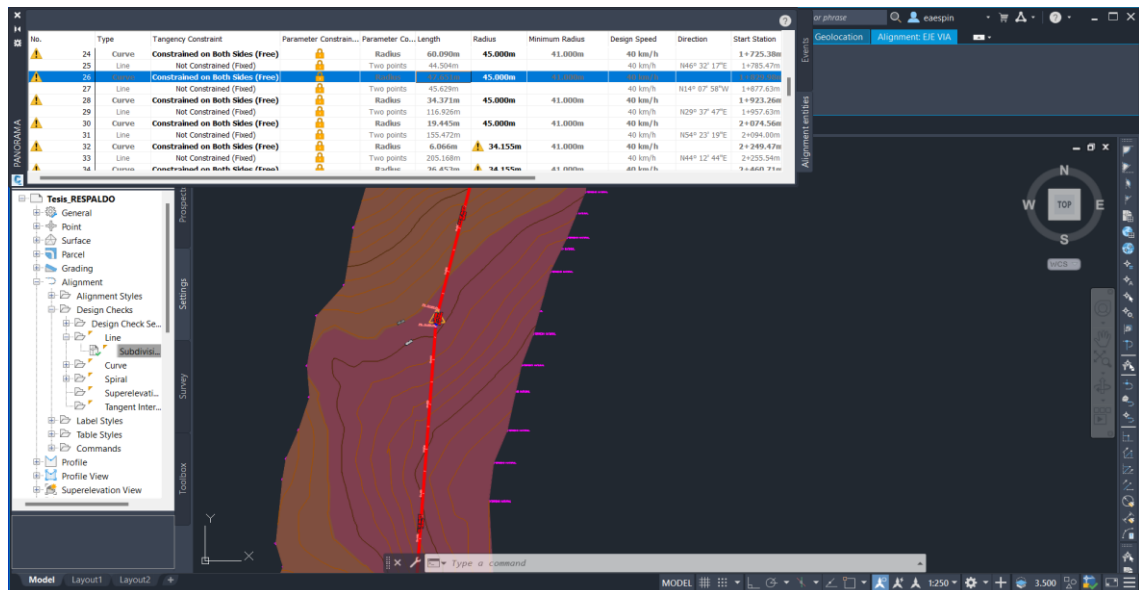


Ilustración 17. Trazado de ruta siguiendo las normas MTOP.

Fuente: Autores

Para el diseño se decidió trabajar con curvas simples que tengan un radio mínimo de curvatura de 50 m, de acuerdo con el estudio realizado. Este valor se puede ver reflejado en la tabla de descripción de curvas.

Type	Tangency Constraint	Parameter Constr...	Parameter Ca...	Length	Radius	Minimum Radius	Design Speed
1	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	109.320m			40 km/h
2	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	30.437m	50.000m	41.000m	40 km/h
3	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	89.170m			40 km/h
4	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	18.790m	50.000m	41.000m	40 km/h
5	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	18.865m			40 km/h
6	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	34.578m	50.000m	41.000m	40 km/h
7	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	38.844m			40 km/h
8	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	42.679m	50.000m	41.000m	40 km/h
9	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	172.144m			40 km/h
10	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	9.182m	50.000m	41.000m	40 km/h
11	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	83.519m			40 km/h
12	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	40.948m	50.000m	41.000m	40 km/h
13	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	212.860m			40 km/h
14	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	14.410m	50.000m	41.000m	40 km/h
15	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	68.915m			40 km/h
16	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	34.474m	50.000m	41.000m	40 km/h
17	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	209.536m			40 km/h
18	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	17.390m	50.000m	41.000m	40 km/h
19	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	117.362m			40 km/h
20	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	28.202m	50.000m	41.000m	40 km/h
21	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	112.888m			40 km/h
22	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	63.613m	50.000m	41.000m	40 km/h
23	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	21.166m			40 km/h
24	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	66.767m	50.000m	41.000m	40 km/h
25	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	37.638m			40 km/h
26	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	52.945m	50.000m	41.000m	40 km/h
27	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	40.695m			40 km/h
28	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	28.190m	50.000m	41.000m	40 km/h
29	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	113.821m			40 km/h
30	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	21.606m	50.000m	41.000m	40 km/h
31	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	132.964m			40 km/h
32	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	8.888m	50.000m	41.000m	40 km/h
33	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	187.295m			40 km/h
34	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	38.724m	50.000m	41.000m	40 km/h
35	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	53.289m			40 km/h
36	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	35.943m	50.000m	41.000m	40 km/h
37	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	183.969m			40 km/h
38	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	29.896m	50.000m	41.000m	40 km/h
39	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	74.817m			40 km/h
40	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	34.498m	50.000m	41.000m	40 km/h
41	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	96.258m			40 km/h
42	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	11.880m	50.000m	41.000m	40 km/h
43	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	114.252m			40 km/h
44	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	23.174m	50.000m	41.000m	40 km/h
45	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	79.995m			40 km/h
46	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	Radius	29.743m	50.000m	41.000m	40 km/h

Ilustración 18. Tabla de descripción de curvas.

Fuente: Autores

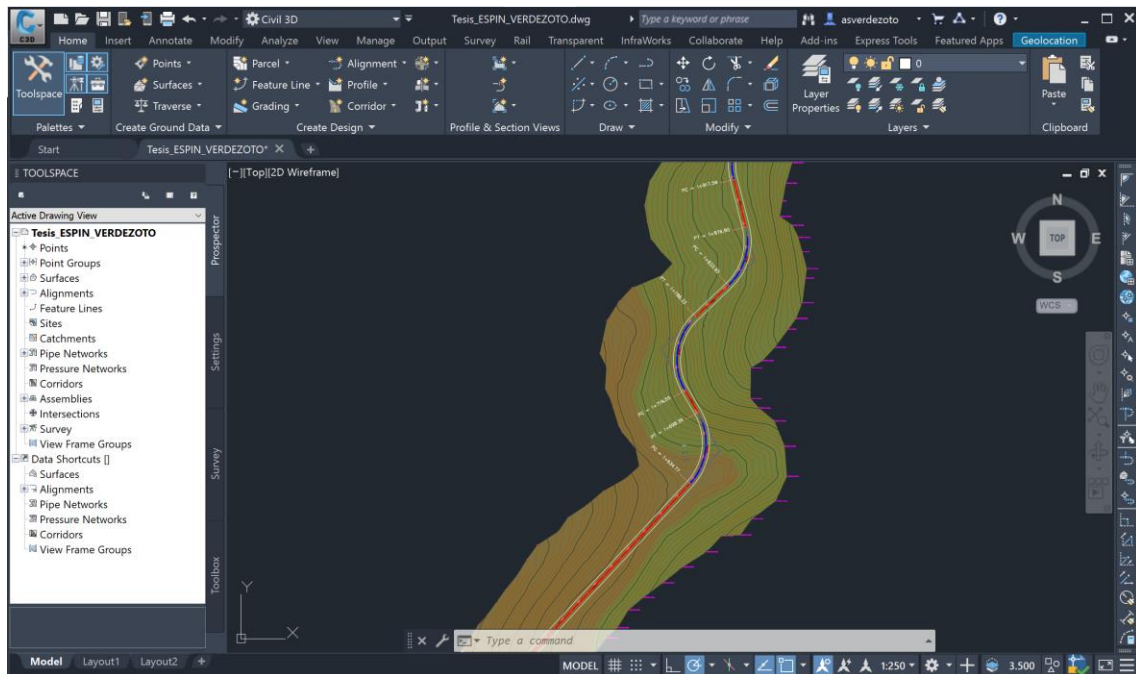


Ilustración 19. Ancho de vía (3 m a cada lado).

Fuente: Autores

3.4.3.1. *Peralte.*

De acuerdo a la velocidad de diseño de 40 km/h y a la topografía de la vía que es de tipo montañosa clase IV se determinó que para este diseño el peralte de la vía va a tener un valor máximo de 8% y como mínimo valor tendrá el porcentaje de inclinación del bombeo, el cual mediante el programa se lo podrá automatizar para todas las curvas existentes.

Superelevation	Start	End	Le...	0v...	Left Outs...	Curve 5m...	Left Outs...	Curve 5m...	Right Ou...	Curve 5m...	Right Ou...	Curve 5m...
Transition In...	0+0...	0+0...	% 61...									
End Norm...	0+0...	0+0...	%									
Runout	0+0...	0+0...	% 10...									
End Nor...	0+0...	0+0...	%									
Level Cr...	0+0...	0+0...	%									
Runoff	0+0...	0+0...	% 41...									
Level Cr...	0+0...	0+0...	%									
Reverse ...	0+0...	0+0...	%									
Low Sho...	0+1...	0+1...	%									
Begin C...	0+1...	0+1...	%									
Begin Fu...	0+1...	0+1...	%									
Transition O...	0+1...	0+0...	% 51...									
Runoff	0+1...	0+0...	% 41...									
End Full ...	0+1...	0+1...	%									
End Curve	0+1...	0+1...	%									
Low Sho...	0+1...	0+1...	%									
Reverse ...	0+1...	0+1...	%									
Level Cr...	0+1...	0+1...	%									
Runout	0+1...	0+0...	% 10...									
Level Cr...	0+1...	0+1...	%									
Begin N...	0+1...	0+1...	%									
Transition In...	0+1...	0+0...	% 51...									
Runout	0+1...	0+0...	% 10...									
End Nor...	0+1...	0+1...	%									
Level Cr...	0+2...	0+2...	%									
Runoff	0+2...	0+0...	% 41...									
Level Cr...	0+2...	0+2...	%									
Reverse ...	0+2...	0+2...	%									
Begin C...	0+2...	0+2...	%									
Begin Fu...	0+2...	0+2...	%									
Transition O...	0+2...	0+0...	% 0.0...									
End Full S...	0+2...	0+2...	%									
Transition In...	0+2...	0+0...	% 0.0...									
Begin Full	0+2...	0+2...	%									
Transition O...	0+2...	0+0...	% 0.0...									
End Full S...	0+2...	0+2...	%									
Transition In...	0+3...	0+0...	% 0.0...									
Begin Full	0+3...	0+3...	%									

Ilustración 20. Cuadro de peraltes y sobreanchos de la vía.

Fuente: Autores

3.4.3.2. *Sobreancho.*

El diseño del sobreancho en todas las curvas de nuestra vía se lo aplicó de manera automatizada en Civil 3D tomando como referencia el ancho de vía de 3,00 m a cada lado y utilizando la norma “AASHTO 2018 Metric eMax 8%”, todo esto con la finalidad de poder calcular el ancho adicional por cada curva horizontal.

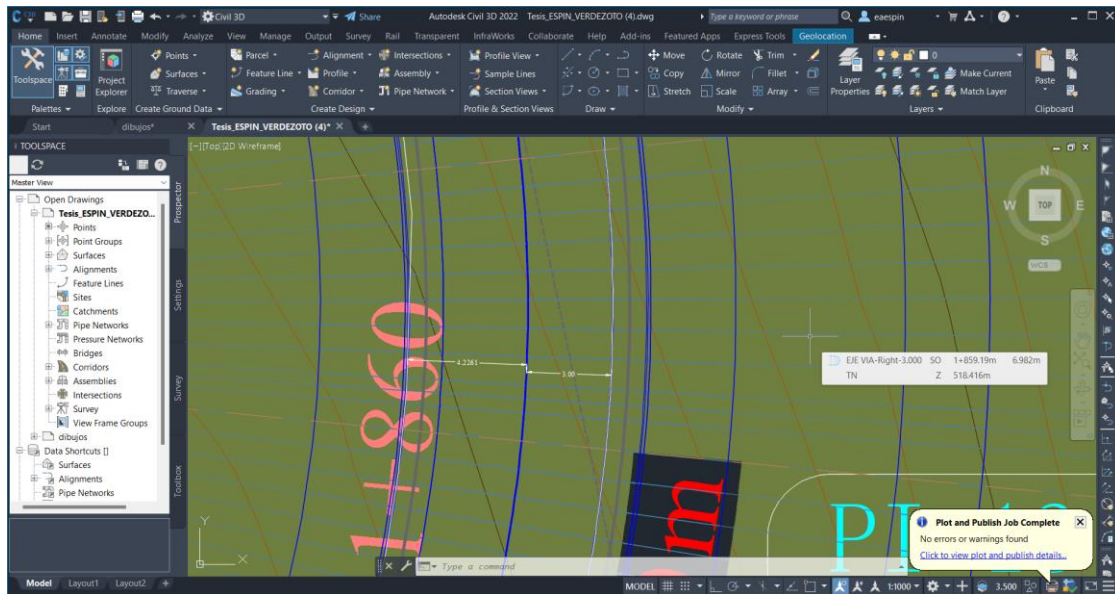


Ilustración 21. Sobreanchos.

Fuente: Autores

3.4.4. Alineamiento Vertical.

De manera automatizada se creó el perfil longitudinal de la vía, aquí se procedió a dibujar la línea rasante, considerando la velocidad de diseño y la distancia de visibilidad, donde también se colocaron las bandas en la parte inferior del perfil, que son los parámetros del alineamiento horizontal.

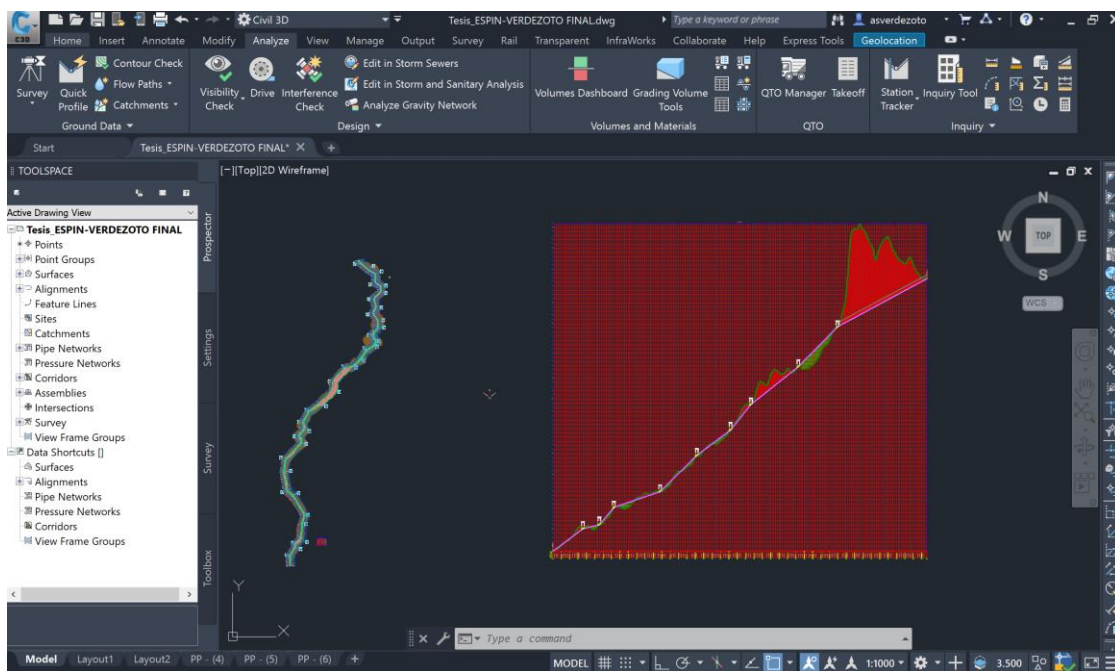


Ilustración 22. Perfil longitudinal de la vía.

Fuente: Autores

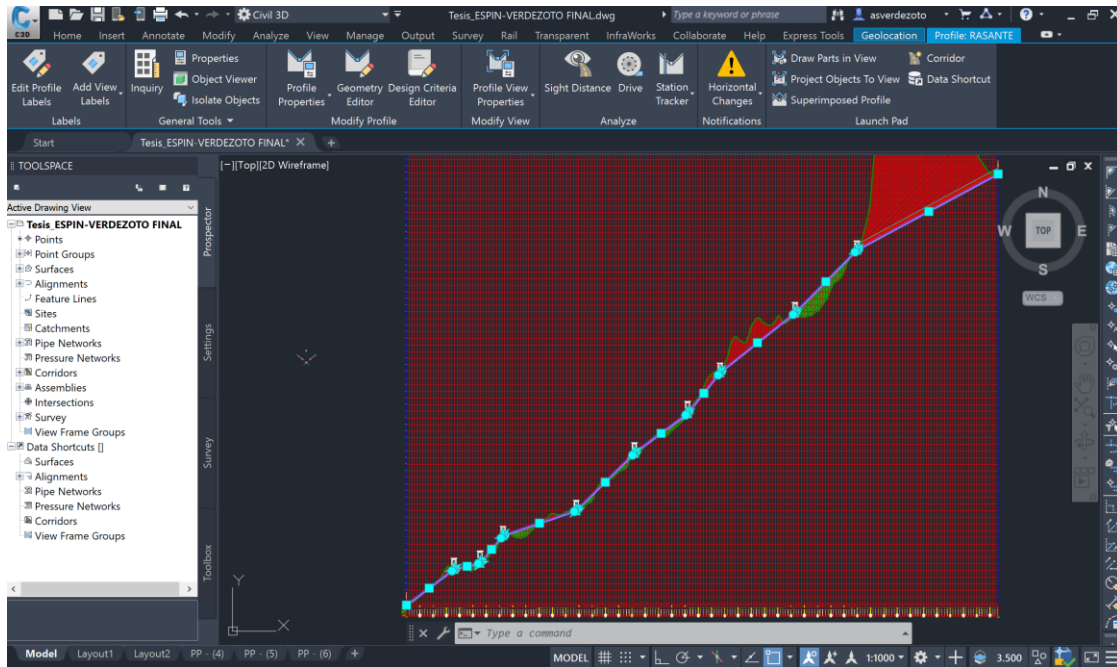


Ilustración 23. Rasante del proyecto.

Fuente: Autores

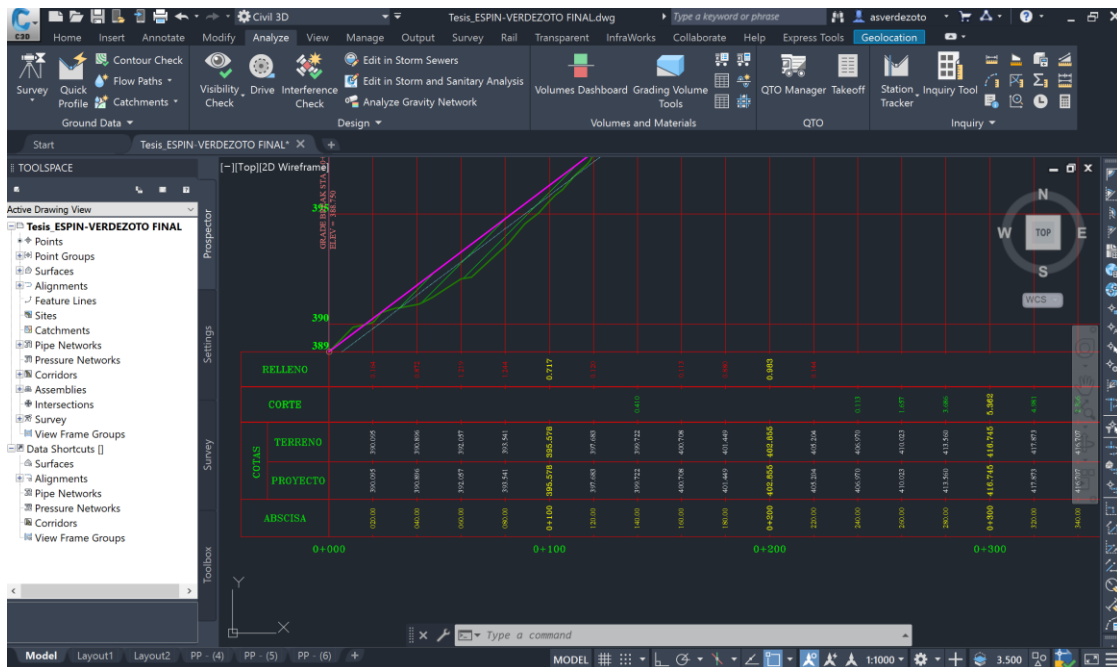


Ilustración 24. Bandas del perfil longitudinal.

Fuente: Autores

3.4.4.1. *Gradiente longitudinal máxima y mínima.*

Una vez que se ha especificado la rasante, se verificó el cumplimiento de la gradiente máxima, como nuestra vía es de clase IV, con una topografía montañosa y una velocidad de diseño de 40km/h, según la figura 6 la máxima gradiente que se puede colocar en la rasante es de 12%, con lo cual Civil 3D nos permitió ajustar los valores por cada tramo de rasante de nuestra vía.

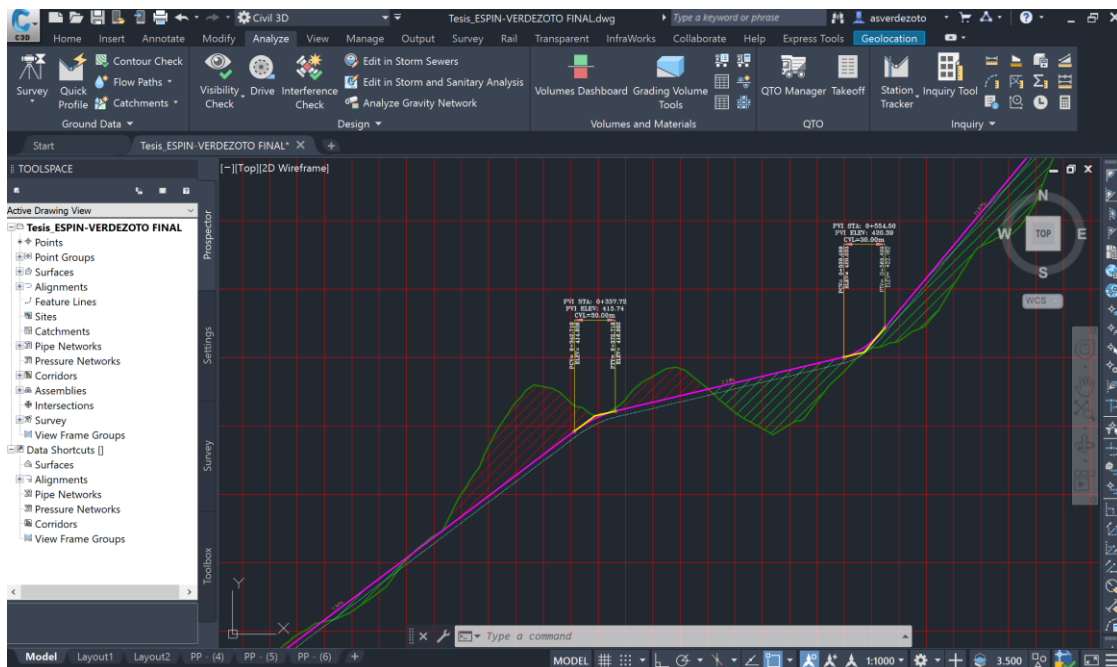


Ilustración 25. Pendientes menores al 12%.

Fuente: Autores

3.4.4.2. *Curvas verticales.*

Para el caso de las curvas verticales se tomó en cuenta que la gradiente de entrada y salida sea mayor al 0,5%, esto nos permitió obtener un valor real para el parámetro de curva K. Estas curvas se dividieron en dos tipos: cóncavas y convexas, todas diseñadas con una longitud mínima de 30m.

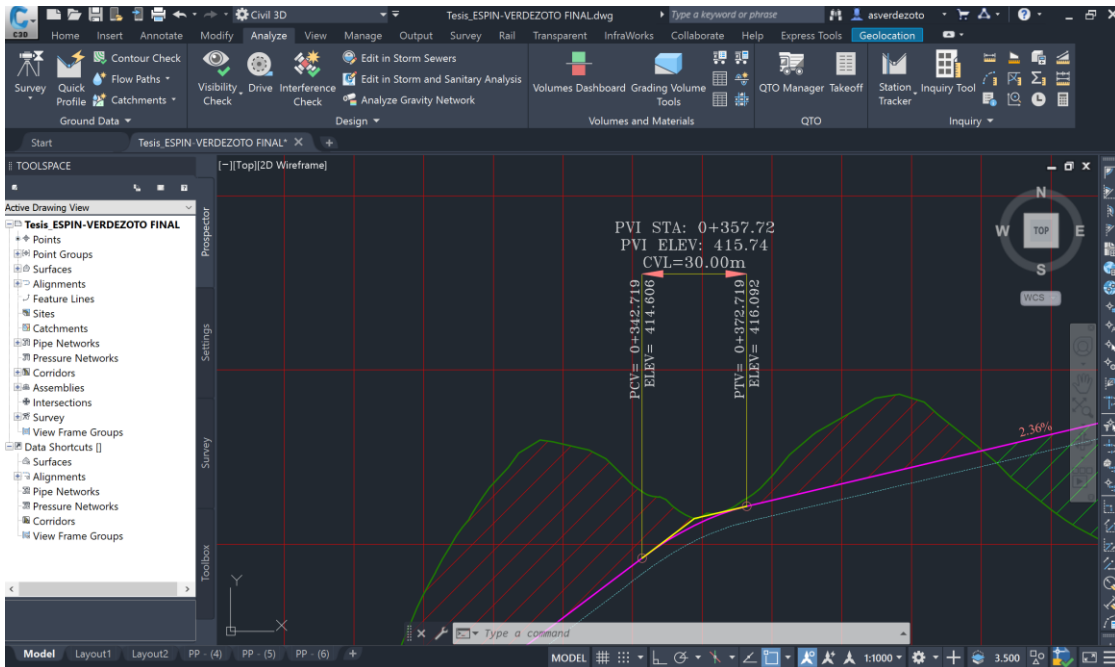


Ilustración 26. Curvas verticales cóncavas.

Fuente: Autores

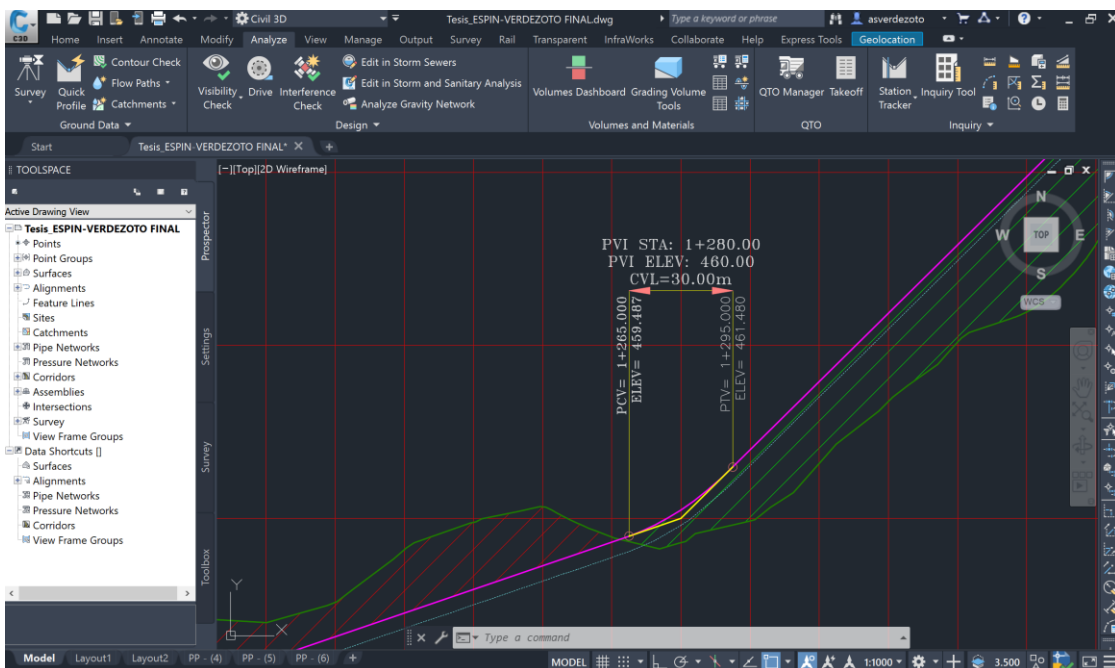


Ilustración 27. Curvas verticales convexas.

Fuente: Autores

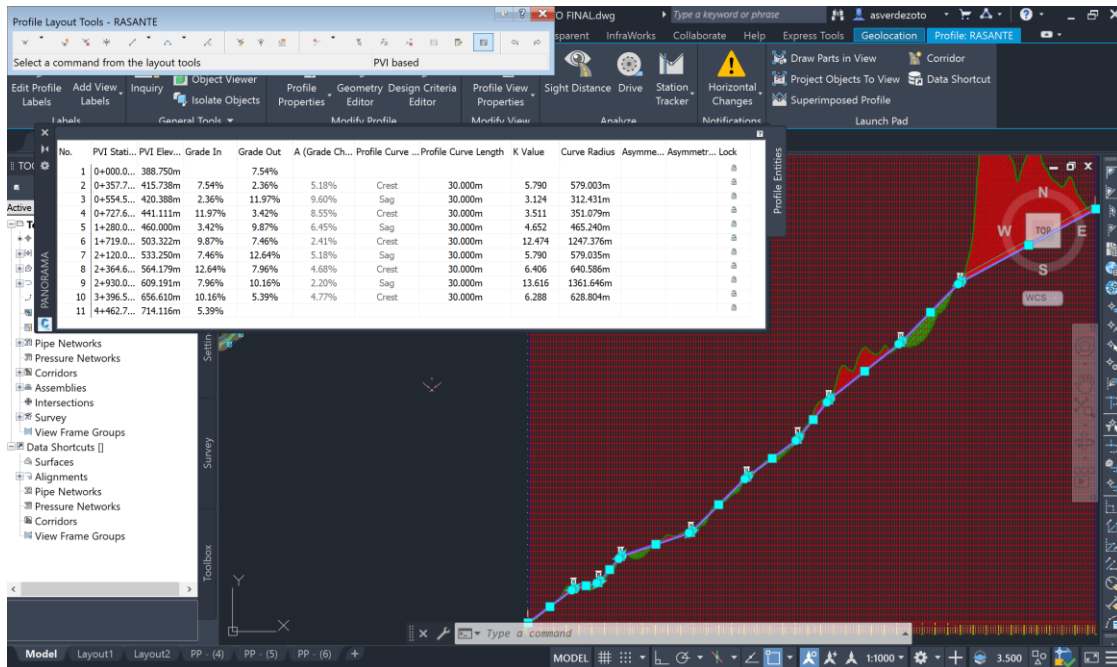


Ilustración 28. Tabla con los valores K y longitud mínima de curvas verticales.

Fuente: Autores

3.4.5. Creación de obra lineal (Subensamblaje).

Luego de tener el alineamiento horizontal y vertical se empezó con el subensamblaje de la sección típica de la vía, aquí se definió todos los componentes de la vía como: base, subbase, capa de rodadura, bombeo, espaldón, y ancho de vía. Todos los datos se los obtuvo de los estudios realizados.

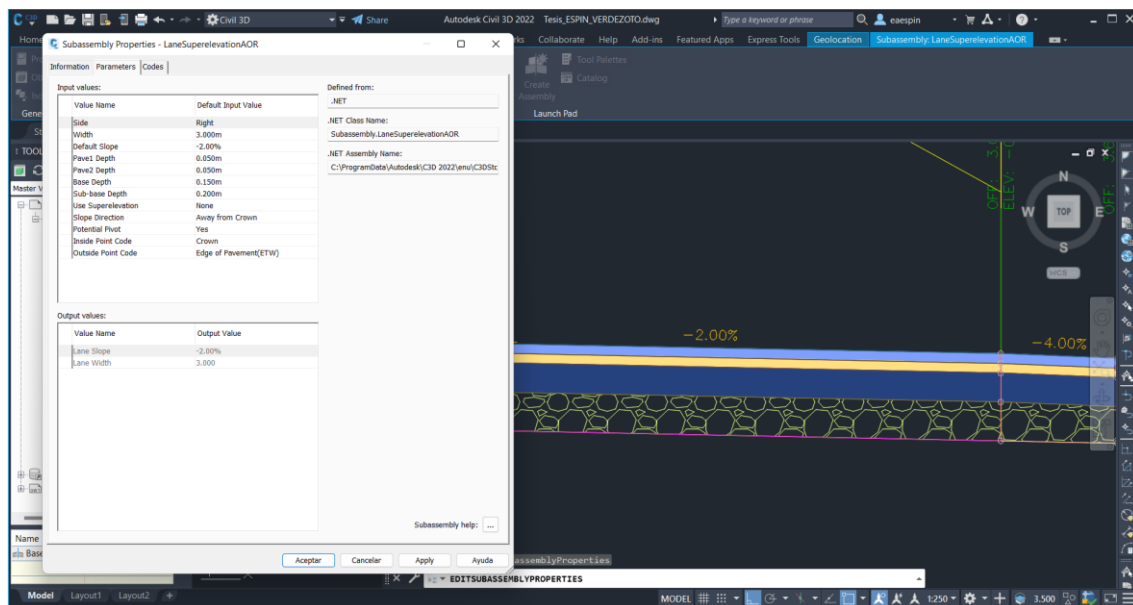


Ilustración 29. Subensamblaje de la vía y cuadro de configuración.

Fuente: Autores

3.4.5.1. Calzada o superficie de rodadura.

Se procedió a designar un ancho de calzada de 6.00m, es decir 3.00 m a cada lado, tomando en cuenta los parámetros de diseño como la velocidad, la topografía y la clasificación vial a la que pertenece nuestra vía en estudio. Recordando también que la superficie de rodadura es de pavimento asfáltico.

3.4.5.2. Bombeo.

De acuerdo a la Tabla 9. tenemos un tipo de superficie “muy buena” y debido a la intensidad de precipitación pluvial que es de 212,49 mm/h, se proyectó usar un valor de bombeo del 2%.

3.4.5.3. Espaldón.

Se decidió colocar los espaldones a los dos lados de la vía, estos tendrán un ancho de 0,6 m y su pendiente transversal será del 4% de acuerdo a la norma del MTOP 2003.

3.4.5.4. Cunetas.

Para el subensamblaje de la cuneta fue necesario utilizar los datos de la geometría obtenidos del estudio de hidrología y drenaje. Se utilizó el cuadro de diálogo de Autodesk Civil 3D para poder reconocer cada sección de la cuneta y así definir su geometría.

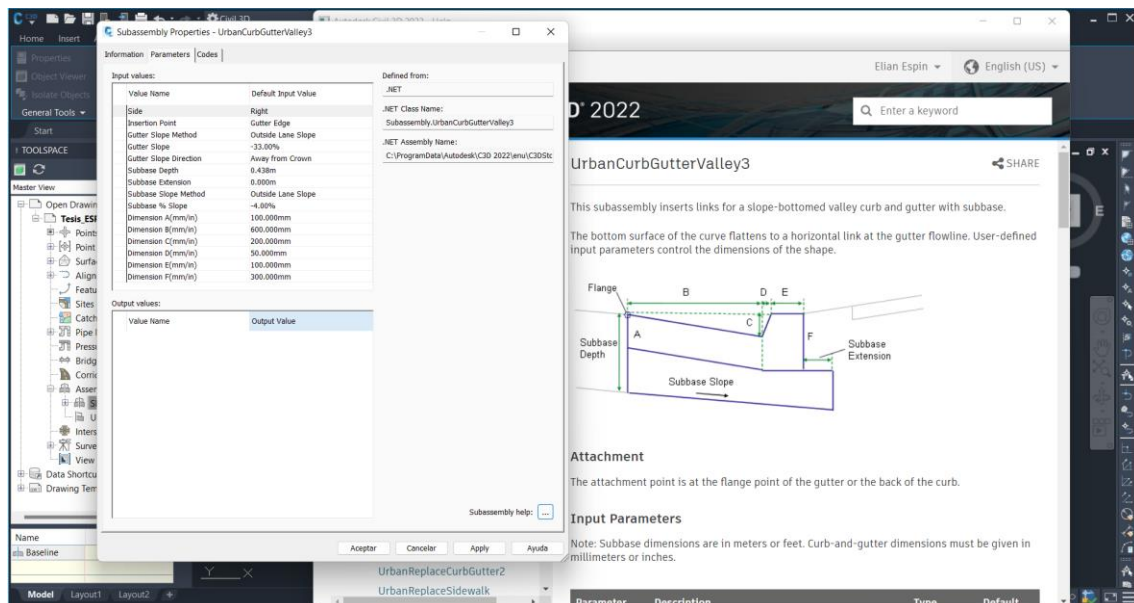


Ilustración 30. Subensamblaje de la cuneta y cuadro de configuración.

Fuente: Autores

Para delimitar cada capa del subensamblaje y se facilite su reconocimiento, se decidió colocar un “Hatch” tratando de llevar el modelo lo más posible a la realidad.

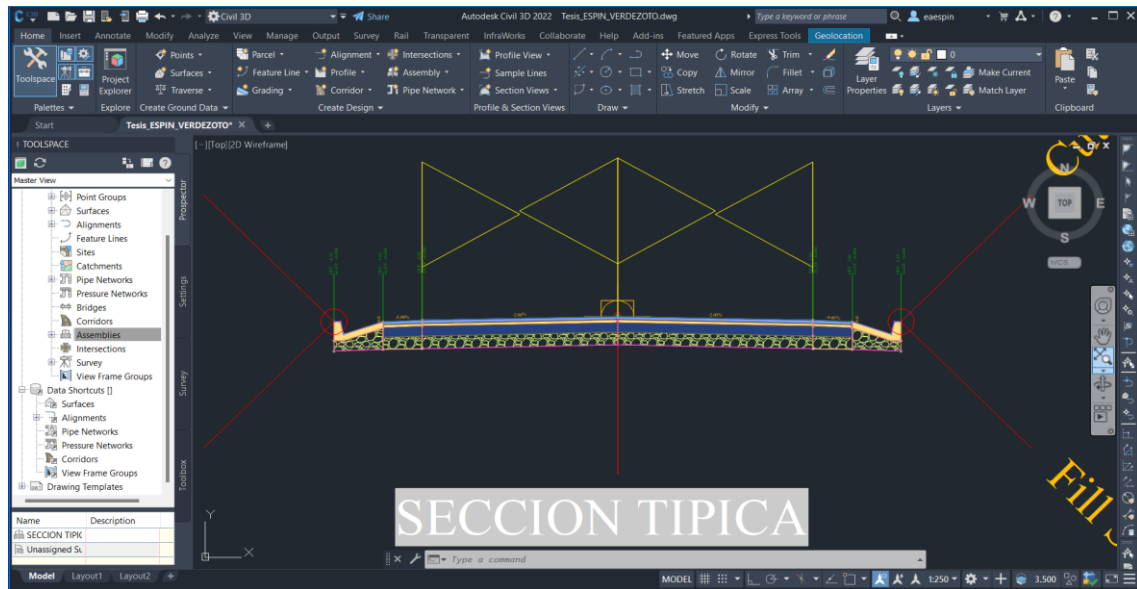


Ilustración 31. Subensamblaje de la sección típica.

Fuente: Autores

3.4.6. Creación del corredor.

Luego de realizar el subensamblaje de la sección típica se decidió crear el corredor vial, aquí se pudo observar que existían cortes y rellenos con altitudes muy grandes, razón por la cual se decidió modificar la sección típica del modelo.

Se creó un modelo condicional para corte y relleno, donde se especificó que para corte se realice un terrazo, mientras que para relleno se coloque un muro de contención.

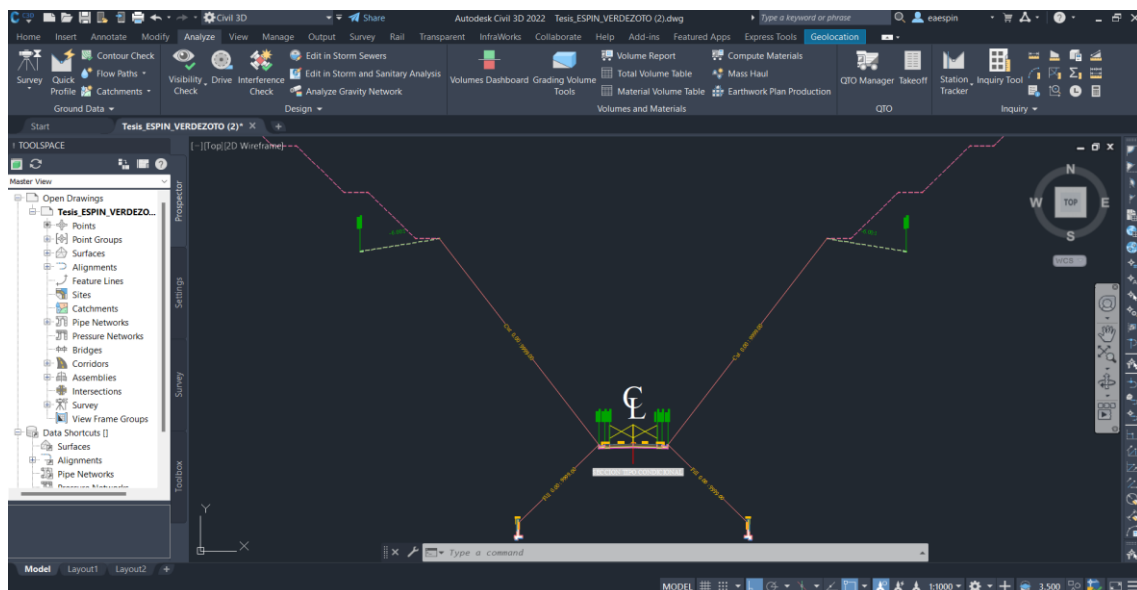


Ilustración 32. Sección típica condicional.

Fuente: Autores

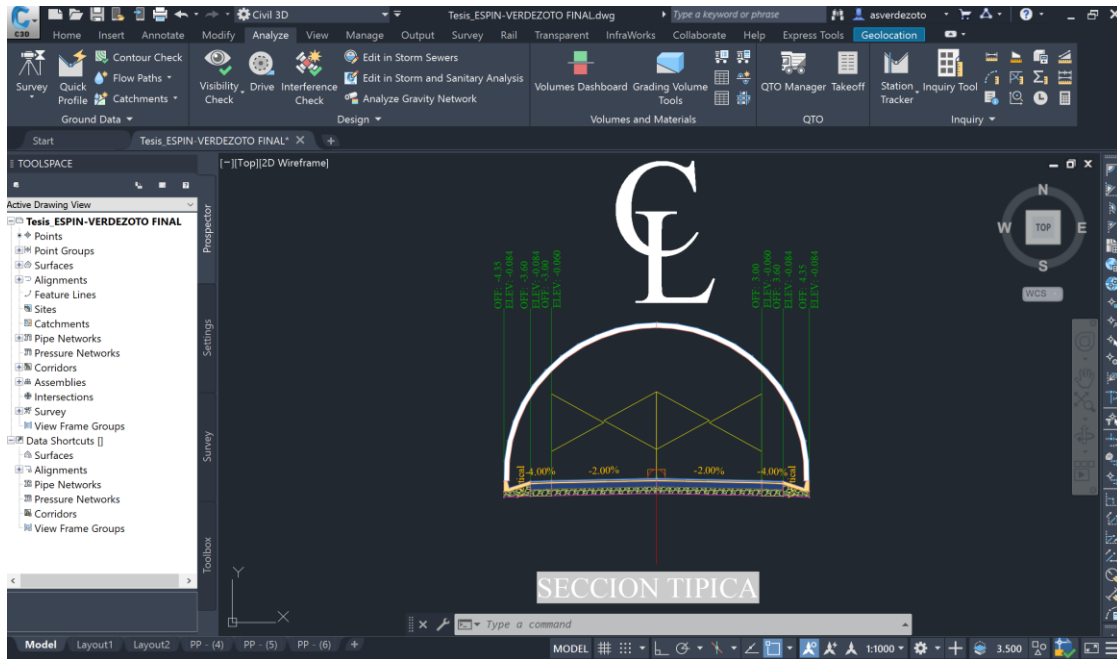


Ilustración 33. Sección típica del túnel.

Fuente: Autores

Con el nuevo subensamblaje, se volvió a recalcular el corredor vial para verificar que las condiciones hayan aceptado el programa. Todas estas verificaciones se lo hicieron mediante la opción “Object View” lo cual nos da una representación 3D del modelo.

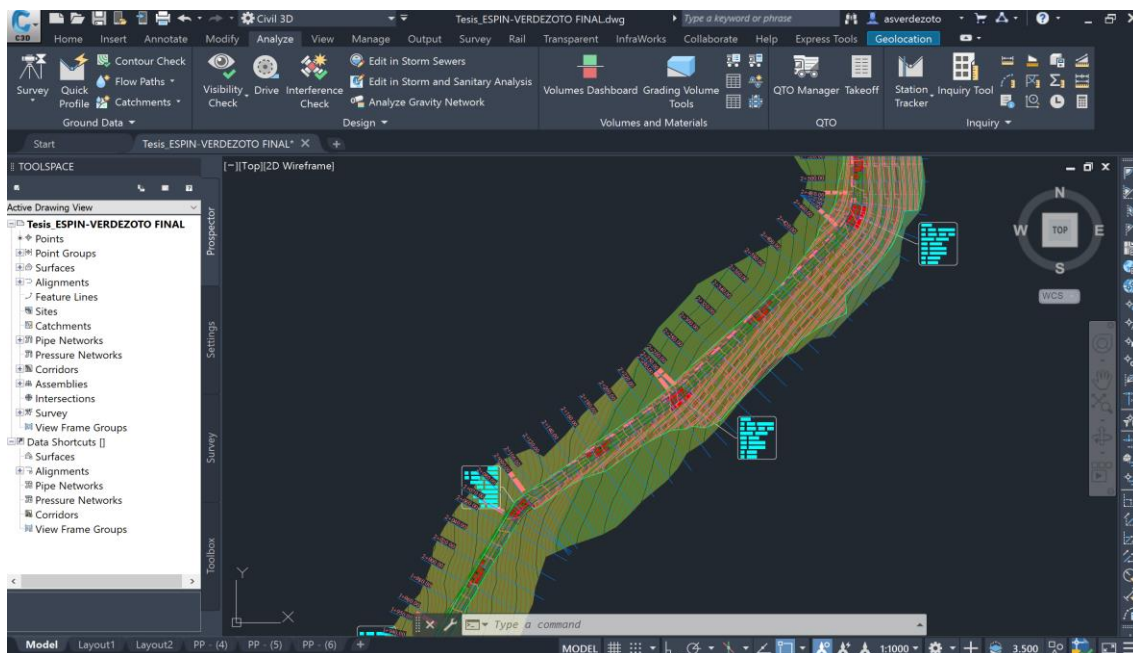


Ilustración 34. Corredor vial.

Fuente: Autores

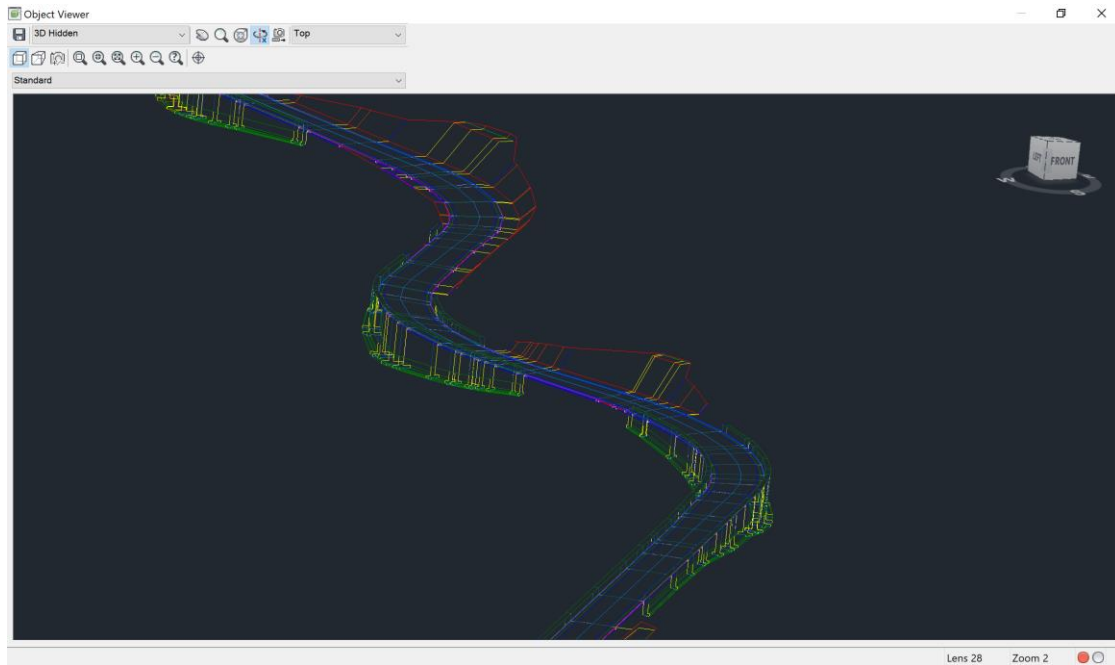


Ilustración 35. Modelo de vía y terraceo en vista 3D.

Fuente: Autores

3.4.7. Secciones transversales.

Después de terminar con todos los pasos anteriores se procedió a crear las secciones transversales por tramos de vía, es decir, que para las tangentes se lo realizó cada 20 m y para las curvas cada 10 m. Es aquí donde se observan todos los parámetros de diseño mencionados anteriormente, como son la obra lineal (subensamblaje), peraltes, sobrecanchos de cada curva, así como también etiquetas donde se muestra el área de corte y relleno por cada cota detallada. Estas secciones transversales nos indican la correcta aplicación y diseño de la vía en estudio.

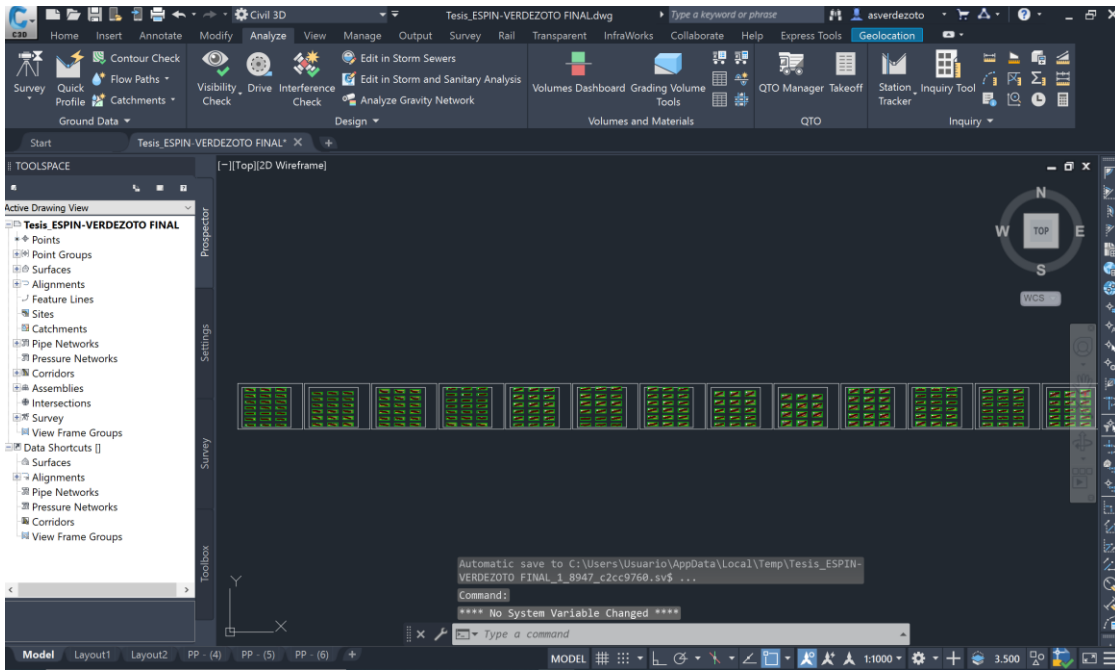


Ilustración 36. Secciones transversales.

Fuente: Autores

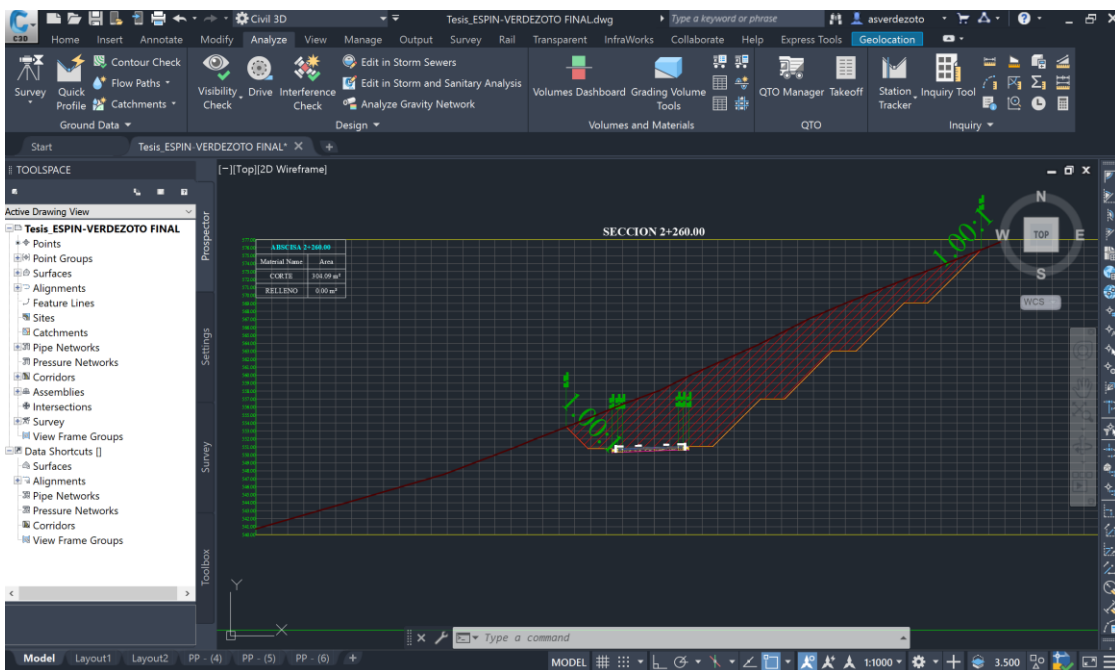


Ilustración 37. Sección transversal de corte.

Fuente: Autores

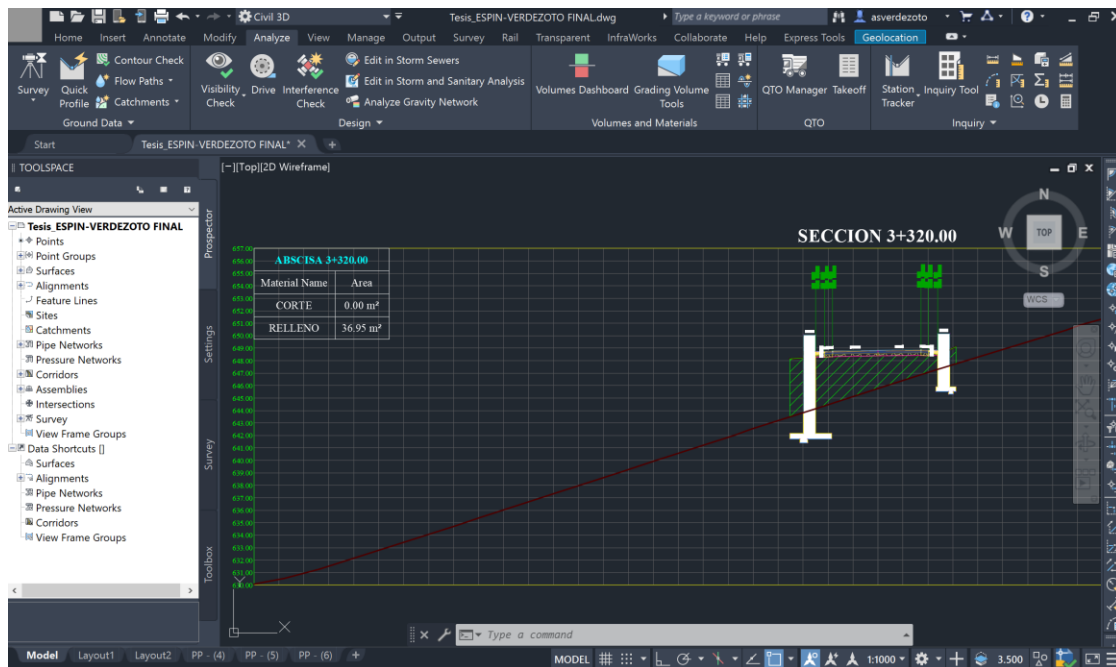


Ilustración 38. Sección transversal de relleno.

Fuente: Autores

3.4.8. Cálculo de movimiento de tierras.

Para el cálculo de movimiento de tierras se procedió a revisar el perfil del terreno natural para identificar en qué tipo de terreno es el que vamos a trabajar. Como se puede observar en el alineamiento vertical (ilustración 22) contamos con un terreno muy montañoso lo cual exige pendientes super altas en varios tramos de la vía, es por eso que se dividió la vía en dos tramos: el primero que va desde la abscisa 0+000,00 hasta la abscisa 3+400,00 y el segundo tramo que va desde la abscisa 3+400,00 hasta la abscisa final 4+462,761.

Para el primer tramo se procedió a trazar la rasante de la vía, utilizando pendientes hasta del 12%, a excepción de tramos en los que se necesitaba utilizar valores que estén próximos a la pendiente más crítica (14%), evitando así, valores muy altos, en los cuales se obtuvieron los siguientes volúmenes de corte y relleno:

- **Volumen de corte:** 322.942,63 m³
- **Volumen de relleno:** 94.722,99 m³

Por otro lado, en el segundo tramo se decidió colocar un túnel ya que el sector era sumamente montañoso y trazar una rasante hasta del 14% no era suficiente para menorar los altos volúmenes de corte y relleno que se presentaron, así que se procedió

a la colocación del túnel con una pendiente del 5,39%, obteniendo los siguientes valores de corte:

- **Volumen de corte:** 33.804,97 m³

Al finalizar con todo el diseño geométrico y después de la creación de las secciones transversales, se procedió a realizar el cálculo de movimiento de tierras, es decir, calcular el Volumen de Corte y Volumen de Relleno de nuestra vía, tal y como se muestran en las tablas 31 y 32 de los anexos.

CAPITULO IV: IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LA HERRAMIENTA INFRAWORKS

4.1. Transformación del modelo desarrollado en planta a una representación en 3D de tipo realista dentro de un entorno BIM aplicando la herramienta InfraWorks

4.1.1. InfraWorks.

Luego de haber investigado todos los parámetros que engloba la metodología BIM, mediante la utilización del software InfraWorks se procedió a introducir la información pertinente para la creación del modelo de la vía en 3D dentro de un entorno BIM para poder visualizar el entorno de trabajo de una forma más realista lo que evitará el surgimiento de imprevistos en la obra y trayendo consigo la reducción de costos.

4.1.2. Interoperabilidad BIM.

Como primer paso para enfocarnos en la interoperabilidad BIM fue necesario la vinculación del modelo desarrollado en Civil 3D con el programa InfraWorks con el fin de evaluar sus conceptos de diseño, creando un modelo mucho más detallado. Para vincular este flujo de datos, se definió en InfraWorks la zona donde se va a trabajar, en este caso fue la zona 17S en coordenadas UTM-WGS84 para poder georreferenciar el proyecto.

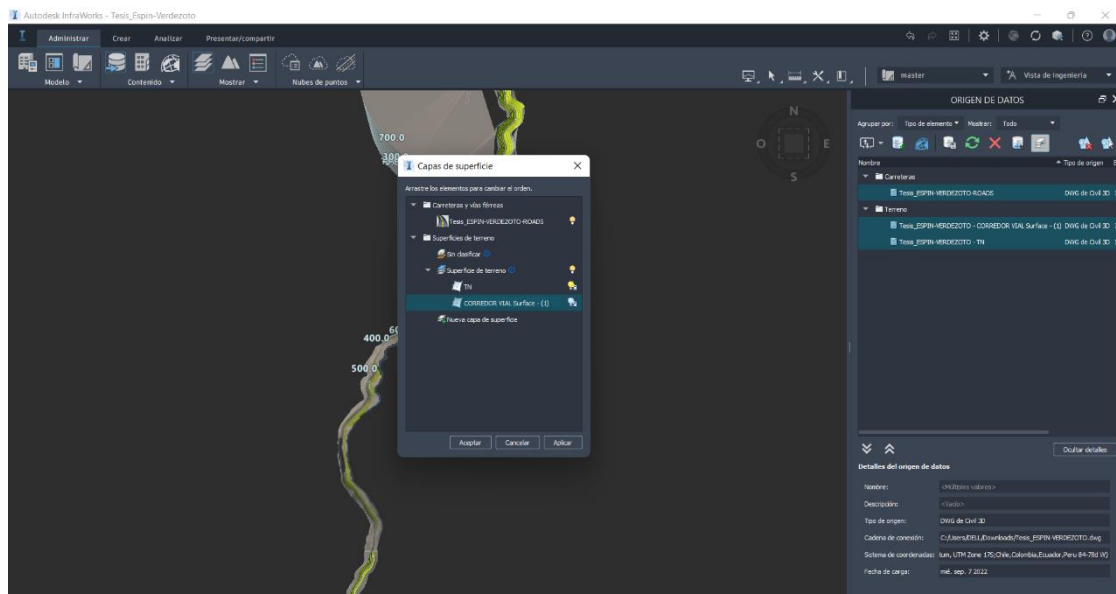


Ilustración 39. Importación de datos desde Civil 3D a InfraWorks.

Fuente: Autores

Con la vinculación de datos entre Civil 3D e InfraWorks se puede observar en tiempo real todo el proyecto ya sea el alineamiento horizontal, vertical, el terraje, los muros de contención y otros elementos necesarios que se decidió colocar en el proyecto.

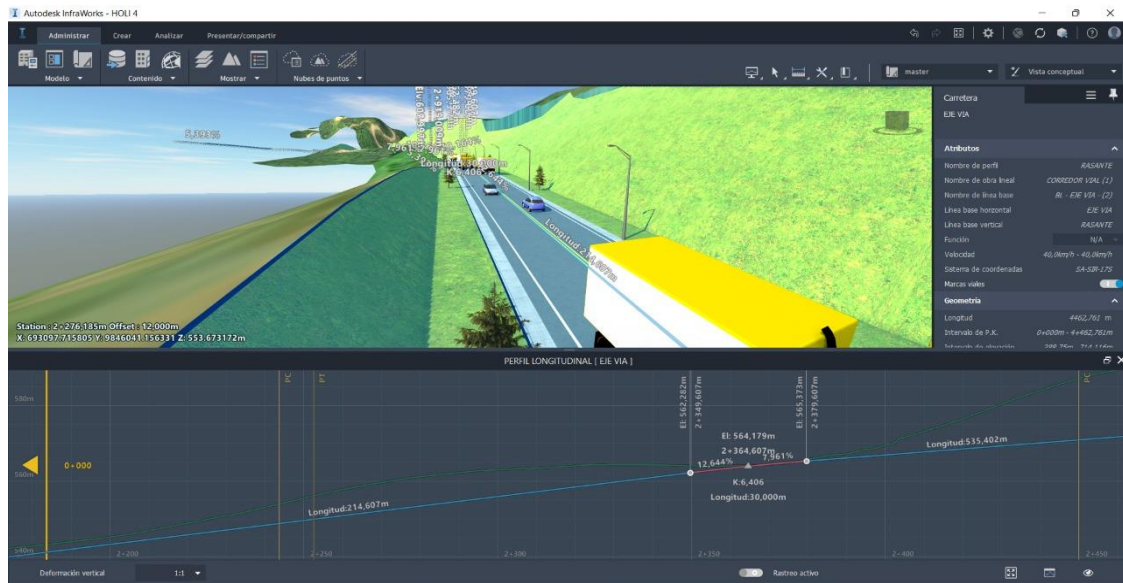


Ilustración 40. Alineamiento vertical del proyecto.

Fuente: Autores

Para tener una mayor seguridad en la vinculación de datos se decidió verificar la información del alineamiento vertical tanto de Civil 3D y de InfraWorks, esto con el objetivo de revisar si existía algún error en el diseño geométrico que podría reflejarse en el modelo 3D.

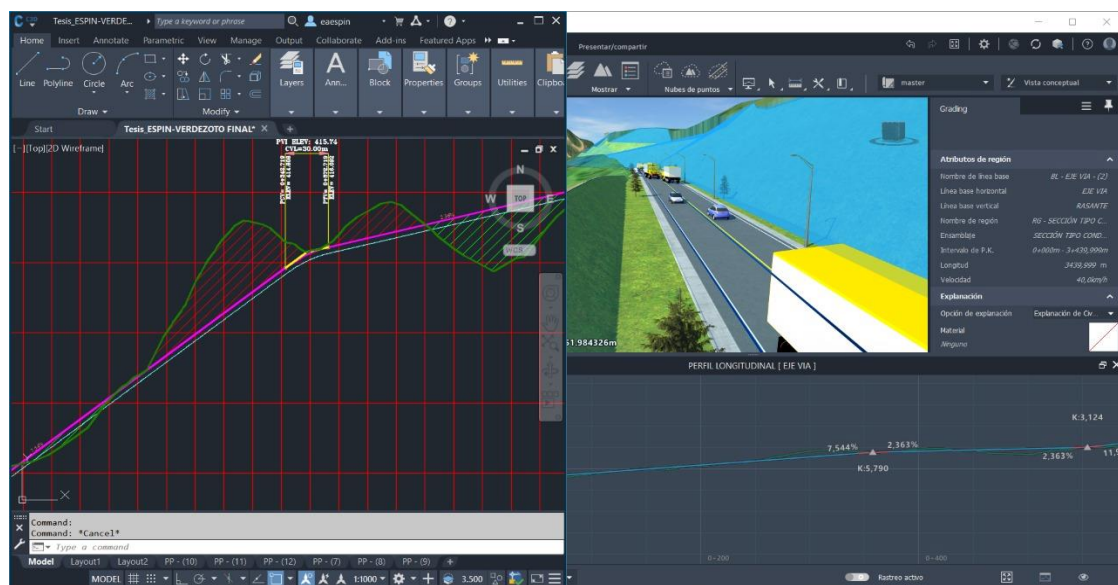


Ilustración 41. Verificación del alineamiento vertical tanto en Civil 3D e InfraWorks.

Fuente: Autores

Del mismo modo se fue verificando en tiempo real el diseño de la sección transversal y el alineamiento vertical con el objetivo de verificar si la vinculación de datos entre los dos softwares de la familia Autodesk, Civil 3D e InfraWorks, no tengan ningún error.

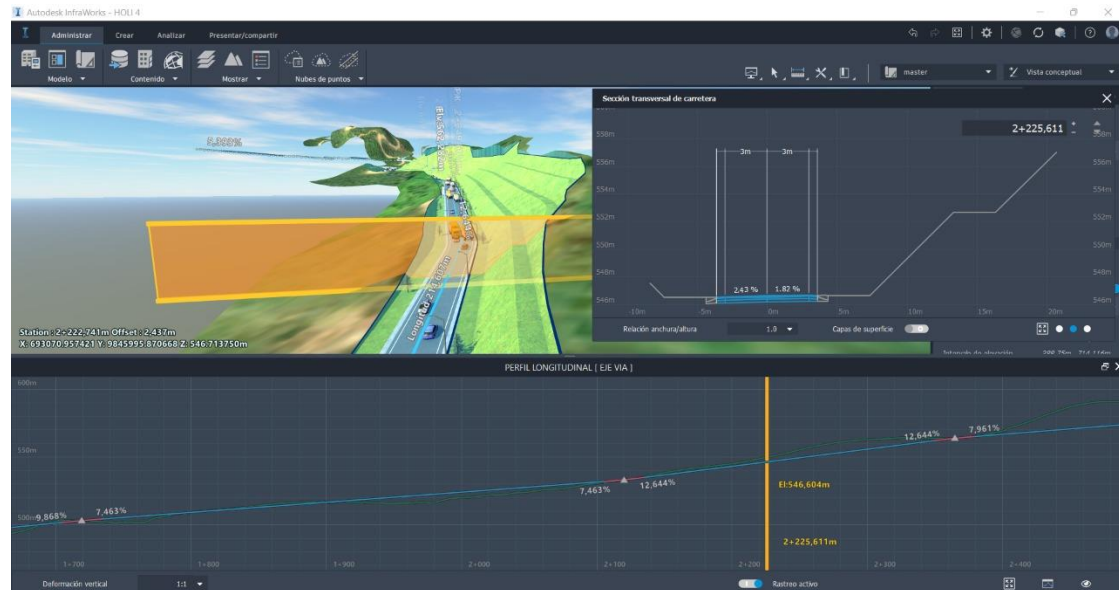


Ilustración 42. Sección Transversal en InfraWorks.

Fuente: Autores

Otra opción adicional que presenta el software InfraWorks es la verificación de los volúmenes de corte y relleno en tiempo real, lo cual se los fue verificando por cotas que se obtuvo en el diseño geométrico de la vía.

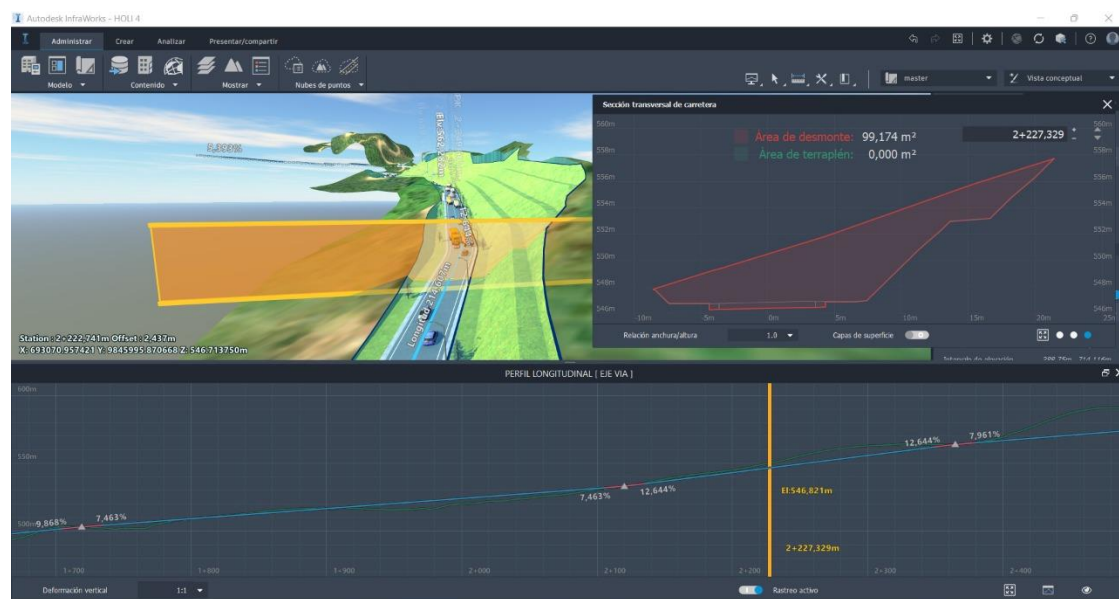


Ilustración 43. Área de desmonte y terraplén en InfraWorks.

Fuente: Autores

4.1.3. Señalización vial.

4.1.3.1. Señalización vertical.

La señalización vial es una parte esencial de la seguridad y del sistema de control de tránsito, lo cual ayuda al movimiento seguro y ordenado del tránsito tanto de los peatones como de los vehículos. Es por esta razón, que la metodología BIM integra en un modelo de tipo virtual una multiplicidad de disciplinas en la cual una de ellas es la ingeniería de tránsito.

Por tal razón, tratando de aprovechar todos los beneficios que presenta la interfaz de InfraWorks se decidió colocar las opciones que brinda el programa para la colocación de la señalización vertical.



Ilustración 44. Señalización vertical del proyecto.

Fuente: Autores

4.1.3.2. Señalización horizontal.

Del mismo modo aprovechando la interfaz de InfraWorks, se colocó la señalización horizontal con el fin de regular a futuro la circulación vial, advertir o guiar a los usuarios de la vía, los cuales constituyen como los elementos indispensables para la seguridad y gestión de tránsito (INEN, 2011).

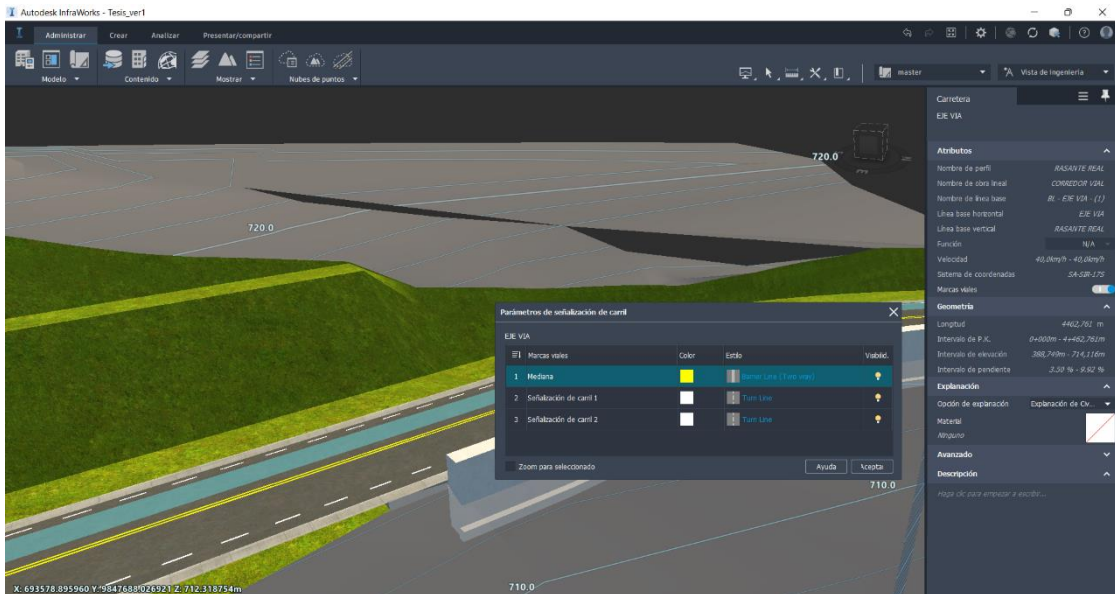


Ilustración 45. Señalización horizontal del proyecto.

Fuente: Autores

4.1.4. Obras complementarias.

Con la nueva versión de InfraWorks todas las modificaciones que se quieran realizar dentro de Civil 3D se los puede actualizar en InfraWorks manteniendo todos los detalles que se hayan realizado dentro de InfraWorks.

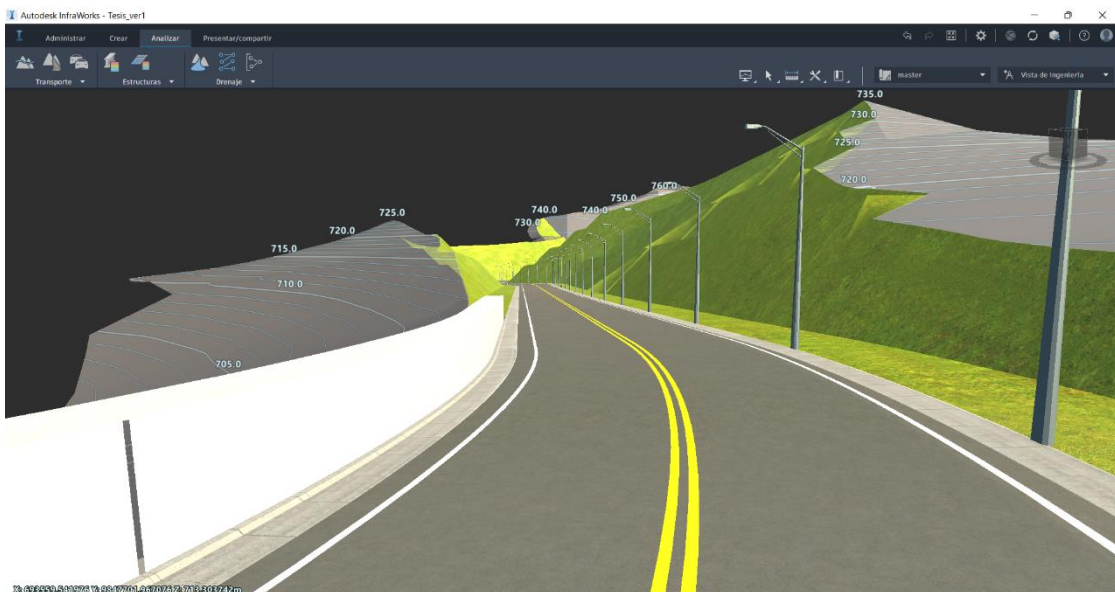


Ilustración 46. Alumbrado público, obra complementaria.

Fuente: Autores

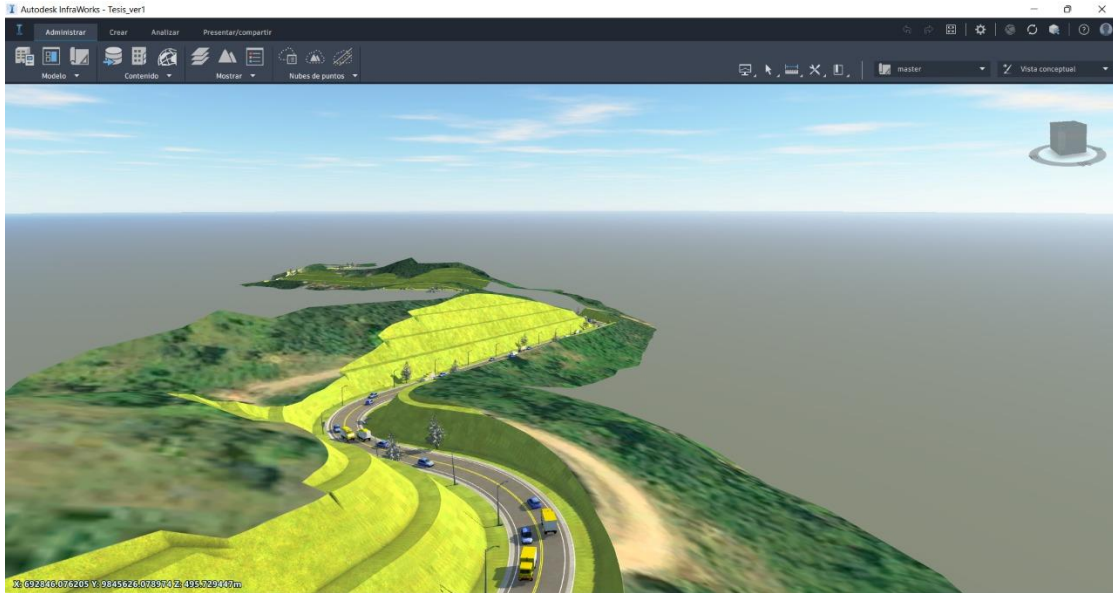


Ilustración 49. Visualización del modelo final en InfraWorks.

Fuente: Autores

4.1.6. Modelo paramétrico.

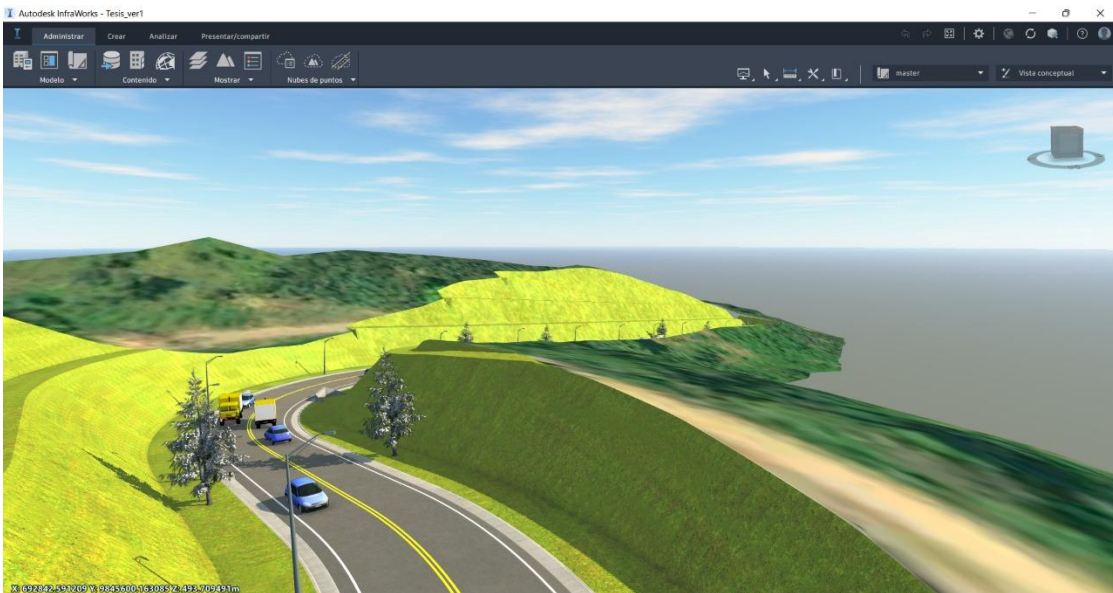


Ilustración 50. Modelo paramétrico en InfraWorks.

Fuente: Autores



Ilustración 51. Representación del túnel en InfraWorks.

Fuente: Autores

4.2. Análisis de los beneficios que proporciona la herramienta InfraWorks

Esta herramienta mejorará en gran medida el flujo de trabajo BIM al permitir que los datos se almacenen en la nube, lo que facilitará el trabajo en equipo. Además, puede automatizar muchos procesos para ahorrarnos tiempo y garantizar la compatibilidad con las principales plataformas. Por ejemplo, podemos exportar el modelo de Civil 3D para refinar la configuración y hacerlo de una manera más exacta y así, que se acople a los códigos de construcción de cada país (Torreblanca, 2019).

La interoperabilidad, vinculación y colaboración es lo más importante al trabajar con estos programas ya que brinda conocimiento adquirido en la implementación de infraestructura vial, comenzando por la posible modernización implementada en InfraWorks, software capaz de modelar infraestructura vial, integrado a través de tecnología en la nube y colaboración, lo que permite crear modelos inteligentes y diseños 3D dinámicos (Santos Duarte, 2021).

La tecnología 3D de InfraWorks es especialmente eficaz en las primeras etapas del modelamiento de un proyecto porque comunica claramente los aportes de todas las partes interesadas y evita las malas decisiones que luego serán más costosas y difíciles. También actúa como base de datos, convirtiendo la información recibida en un modelo visual tridimensional (Torreblanca, 2019).

A lo largo de los años InfraWorks ha ido evolucionando hasta llegar a ser el software que es ahora, esta última actualización refleja el deseo de los usuarios de usar la herramienta de manera más completa, incluidas nuevas funciones y mejoras como carreteras compuestas, secciones, vistas de perfil, superposición de curvas, lo que permite procesos de diseño de carreteras más complejos; y actualizaciones generales para aumentar el rendimiento con nubes de puntos y modelado de inundaciones (3D, 2022).

En resumen, es muy importante conocer InfraWorks, ya que de esta manera se podrá aumentar las posibilidades de un proyecto BIM exitoso. Principalmente, en las etapas iniciales del proyecto BIM, que son la más importantes a la hora de realizar un modelo. Por este motivo, las empresas suelen preferir candidatos con un diploma que valide estos conocimientos (Torreblanca, 2019).

4.3. Ventajas y desventajas de la aplicación de la herramienta InfraWorks en el estudio y diseño vial

Con respecto a InfraWorks, hay que mencionar el alto potencial gráfico del programa, que permite renderizar modelos con excelente calidad y detalle. Sin embargo, la limitada variedad de estilos y opciones, junto con la falta de flexibilidad de las herramientas utilizadas específicamente para una o dos funciones específicas, han disminuido en parte el enorme atractivo que representa. En cualquier caso, es una herramienta útil para formar rápidamente escenarios y modelos de prueba, y también para crear una base representativa a la hora de compilar alternativas. Por lo tanto, no solo es un programa divertido si no que ayuda a desarrollar tus argumentos antes de tomar tu próxima decisión.

La interfaz simple de InfraWorks juega un papel importante en sus características, quizás son más las ventajas que desventajas. En particular, el diseño de infraestructuras viales se puede realizar de forma rápida e intuitiva, ahorrando tiempo y dinero a los usuarios, aunque estos beneficios se ven disminuidos por la poca variedad de opciones de diseño y las limitaciones de las versiones de software actuales en el momento de la entrega de datos del modelo a terceros. Sin embargo, estos factores definitorios no restan lo más mínimo al potencial gráfico del programa para la representación visual del modelo, consiguiendo resultados realmente impresionantes y animaciones sencillas e intuitivas (Rodríguez , 2019).

Trabajar en InfraWorks tiene muchas ventajas, pero realmente depende de "qué quieras lograr o para qué quieras usar el software". Cuando usamos InfraWorks, generalmente lo hacemos para un "anteproyecto" o la fase inicial del proyecto. InfraWorks tiene herramientas increíblemente simples pero poderosas que le permiten crear carreteras, puentes, sistemas de drenaje, etc., es por eso que InfraWorks se usa para la planificación preliminar del proyecto. Una vez que este esté debidamente moldeado y confirmado mediante Civil 3D podremos trasladar la información a este programa, donde ejecutaremos el diseño final con gran precisión y con todas las ventajas que nos permite el mismo (Vanmiguelm, 2017).

Algunas de las ventajas que se pueden presentar después de haber realizado nuestro modelo son:

- Admite fuentes de "datos" de distinta naturaleza como puede ser AutoCAD, Civil 3D, Revit, XML, SketchUp y otros.
- Creación rápida y dinámica de vías (mucho más sencillo que Civil 3D).
- Se puede realizar simulaciones, por ejemplo, control de inundaciones.
- Una ventaja extraordinaria es que InfraWorks detecta automáticamente muchos elementos en un modelo digital, es decir, puede detectar vías existentes, así también como ríos, fuentes de agua y otros.
- Se puede crear animaciones para presentar un proyecto.

Algunas desventajas que se podrían obtener son más enfatizadas en la parte de la interoperabilidad con Civil 3D:

Se puede tener inconvenientes con la precisión en Civil 3D del emplazamiento del dibujo. Cuando se utiliza la imagen satelital de geolocalización en Civil 3D, es posible que no sea "exactamente" compatible con la imagen que pretende exportar a InfraWorks. Puede que exista un desfase de 2 o 3 metros (a pesar de que comparten la misma ubicación geográfica). Hasta ahora no se puede entender el por qué de este percance, pero se cree que es por la diferencia en la información generada, ya que, en InfraWorks se usan imágenes satelitales en un modelo de superficie 3D y en Civil 3D se usan satélites en 2D (Vanmiguelm, 2017).

Otra ventaja es la interfaz, ya que es muy fácil de usar y proporciona una vista macro del proyecto. También se puede modelar objetos con gran rapidez y con solo unos clics, obtener un concepto de diseño detallado.

Este software tiene una biblioteca impresionante con varios diseños para pilares, trabes y otros elementos estructurales. Incluso se puede elegir materiales de construcción, lo que hará que la vista previa sea mucho más realista (Torreblanca, 2019).

CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Análisis de los impactos generados por la implementación de la metodología BIM en los proyectos de infraestructura vial, así como su nivel de contribución dentro de estos

La aplicación de BIM en proyectos de infraestructura vial puede ser parcial o completa, depende de los objetivos del proyecto, los recursos y la disponibilidad de trabajo para cumplir con las expectativas.

La metodología BIM aborda una serie de ramas dentro del campo de la ingeniería, lo cual otorga un alto rendimiento de trabajo en el diseño de carreteras, carreteras compuestas y optimización de caminos existentes, así como para la planificación del tráfico y la conectividad con las principales urbes (Torreblanca, 2019). Esta es una de las razones por las que este flujo de trabajo se ha vuelto casi indispensable en el campo de la construcción civil en los últimos años ya que los diseñadores pueden mejorar los proyectos mediante una gestión más eficiente de sus modelos a gran escala creados a partir de fuentes de datos existentes o desde cero.

Se pudo analizar que su uso a lo largo del ciclo de vida del proyecto es parte de las metas de nuestra investigación, ya que los beneficios que se pueden ofrecer en la planificación para el mantenimiento del enfoque que va a tener nuestro modelo, el seguimiento y control de los componentes, pueden reflejar ahorros significativos a lo largo de toda la vida del proyecto. Cabe señalar que los mayores ahorros de este nuevo proceso se logran en las fases de conceptualización, criterios de diseño y diseño detallado, mostrados anteriormente.

En general, el uso de BIM requiere mucho esfuerzo durante la fase de diseño de un proyecto, pero se ve recompensado con la capacidad de realizar pruebas, simulaciones virtuales y varios tipos de análisis, lo que permite tomar decisiones más fundamentadas e informadas. También es importante decir que se pueden observar pequeñas inconsistencias y distorsiones al momento de la construcción, pero no es de preocupación ya que no existirán retrasos significativos, ni costos más elevados, porque debido a las múltiples opciones de diseño no existirá la necesidad de cambiar todo el conjunto de planos o documentos, gracias a la vinculación automática de las herramientas BIM evitando así, las ineficiencias por falta de definiciones en el proyecto.

La implementación de una metodología siempre debe realizarse en forma parcializada, acorde a las fases y herramientas que combinan los factores más

influyentes en los procesos de planificación, diseño, construcción, fiscalización y mantenimiento del proyecto, ya que, los beneficios de los diseños de ingeniería basados en modelos BIM son en su mayoría a largo plazo, por lo que la visión a corto plazo y la búsqueda de beneficios inmediatos son inútiles en un entorno operativo que se desea mantener. Gracias a una buena metodología es posible integrarla en cualquier punto del proyecto y así crear un modelo BIM de forma ordenada y con información fiable.

Por último, se sustenta que el uso de nuevas tecnologías y la implementación de la metodología BIM en el diseño de infraestructura vial, permite un mayor grado de precisión en la programación durante la ejecución del proyecto y reduce problemas que se puedan presentar después de la construcción del mismo.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

La conectividad e interoperabilidad con Civil 3D resultó ser un gran avance del enfoque BIM para el diseño de una infraestructura vial. Por ello, al obtener los puntos topográficos de la zona a estudio y llevarlos al programa se logró apreciar con claridad las abundantes elevaciones con alturas considerables, razón por la cual se estableció que su topografía tiene un relieve de tipo montañoso. Siendo este el caso, se estableció mediante un análisis del TPDA actual y del proyectado que la vía a estudio corresponde a un tipo de vía de IV Orden-Vecinal con una velocidad de diseño de 40 km/h, valor que depende de la topografía, el volumen de tráfico y las condiciones físicas del terreno. Sin embargo, se concluye que el presentar una propuesta de diseño vial en Civil 3D y vincularlo a InfraWorks resulta ser una ventaja en la creación de este tipo de proyectos viales.

Una vez que se realizó el diseño geométrico en Civil 3D se evidenció la interoperabilidad con el programa InfraWorks, donde se pudo introducir la información pertinente para la creación del modelo de la vía en 3D dentro de un entorno BIM, con el fin de mostrar la particularidad que tiene esta plataforma permitiendo y facilitando los distintos elementos de la vía, obteniendo así una visión detallada del terreno y la ubicación donde se trabajó para su diseño. Debido a esto se llegó a la conclusión de que InfraWorks mejora el rendimiento de los proyectos de infraestructura a lo largo de la vida útil del mismo. Ayuda en gran manera a tomar decisiones en el contexto del mundo real, no en el mundo CAD, lo que permite conectar y combinar datos para crear, ver, analizar, intercambiar y administrar información en cualquier lugar y en cualquier dispositivo utilizando la vinculación automática entre herramientas BIM.

Las herramientas tecnológicas son el futuro de la industria de la construcción porque se pueden utilizar para crear proyectos a partir de plataformas computacionales que reflejen la realidad con gran detalle. BIM toma estos softwares y los incorpora como uno de los componentes clave del trabajo en la fase de diseño y análisis de un proyecto, demostrando que InfraWorks y Civil 3D, de la empresa matriz Autodesk, son softwares alternativos potentes en la construcción virtual. Además, representan un número significativo de sistemas de intercambio que brindan un flujo de trabajo eficiente con modificaciones o ajustes en modelos BIM, reduciendo el tiempo de trabajo a través de

la comunicación dinámica parametrizada entre dibujo y modelo, eliminando errores causados por la falta de actualización de cambios.

La vinculación entre InfraWorks y Civil 3D ha tenido resultados positivos y ha beneficiado mucho al diseño vial, ya que hacerlos trabajar en conjunto, aumenta la velocidad en el proceso de diseño de cualquier infraestructura vial, haciendo que la metodología BIM se convierta en un recurso indispensable que se puede utilizar dentro del campo de la Ingeniería Civil. Sin embargo, por el bien del diseño, es importante aplicar el criterio de un experto interpretando los resultados y la información obtenida para aplicar la solución adecuada al proyecto que se desee realizar.

Luego de haber realizado la interoperabilidad entre Civil 3D e InfraWorks se pudo notar que desde la abscisa 3+400,00 hasta la abscisa 4+462,761 existía presencia de cortes muy pronunciados lo cual lo convertía en un proyecto no viable, debido a sus características de tipo montañosa. Por lo tanto, se vio la necesidad de dar una solución a los cortes y rellenos sumamente grandes que se generaron al trazar la rasante en el alineamiento vertical, es por esto que se optó colocar un túnel en esta extensión de tramo, evitando así, tener movimiento de tierras muy elevados, aumentando también de esta manera sus pendientes hasta su valor más crítico (14%) según la norma del MTOP 2003 y hacer que el proyecto sea más viable.

Finalmente es importante aclarar que la implementación de la Metodología BIM en cualquier proyecto, en este caso de infraestructura vial, facilita el proceso ya sea en su etapa de diseño como en su ejecución. Sin embargo, la parte técnica sigue siendo lo complejo, es decir, todas las herramientas tecnológicas necesarias para el diseño nos facilitan en si el proceso, pero no el desarrollo técnico como tal, donde el profesional responsable del proyecto debe verificar en base a su conocimiento que todos los datos que arroje el sistema cumplan con todos los estándares prescritos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). Al igual queda comprobada la hipótesis que el uso de BIM como una metodología de trabajo dentro de este proyecto facilitó la identificación de posibles imprevistos de obra durante su etapa de ejecución, logrando así, evitar a futuro un escaso nivel de cooperación entre el grupo de profesionales participantes en la planificación y desarrollo del proyecto.

6.2. Recomendaciones

La elección del software o plataforma BIM para usar en el desarrollo del diseño de un proyecto debe evaluarse técnicamente, ya que no todas las herramientas BIM existentes permiten la simulación, la elaboración de informes de diseño o el análisis de modelos. La compatibilidad de programas debe analizarse en términos del alcance y ciclos por el que puede atravesar el proyecto vial.

Para futuras investigaciones, se recomienda realizar un análisis de costo-beneficio en la propuesta de mantener la implantación de muros de contención de la cota 2+940 a la cota 3+300 o la colocación de un puente por la gran cantidad de movimiento de tierras, todo esto aplicando metodología BIM en su quinta dimensión (5D) a través de una vinculación directa de la cantidad de los materiales extraídos del modelo con alguna herramienta de estimación de costos.

Se recomienda realizar un buen diseño geométrico de acuerdo con los parámetros de las “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003” y utilizar el software Civil 3D para asistir en la creación de buenos caminos de acuerdo a los estándares del MTOP.

Se recomienda realizar un diseño óptimo de las carreteras mediante la reducción de sus curvaturas horizontales y verticales, mejorando el diseño desde el punto de vista económico y el tiempo de recorrido.

Los tipos de programas que representan la evolución de la tecnología a lo largo del tiempo se deben implementar en esta clase de proyectos para obtener así, resultados más rápidos y precisos; estas plataformas muestran cómo funcionan en conjunto y garantizan la optimización del trabajo de diseño de infraestructura vial.

Se recomienda realizar un estudio a profundidad para el diseño y construcción del túnel propuesto en los tramos finales de nuestra vía, como también realizar una investigación geotécnica previa para su correcta ejecución.

BIBLIOGRAFÍA

- 3D, C. (26 de septiembre de 2022). *InfraWorks 360, una herramienta de Ingeniería*. Obtenido de CADBIM 3D: <https://www.cadbim3d.com/2017/02/infracworks-360-una-herramienta-de-ingenieria.html>
- Acuña Correa, F. X. (Diciembre de 2016). *Aplicación de modelo BIM para proyectos de infraestructura vial*. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Ecuador: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/13466>
- Allplan Bimplus. (31 de agosto de 2020). *Modelado BIM paramétrico: eficiencia en los procesos de planificación*. Obtenido de Allplan Company: <https://blog.allplan.com/es/modelado-bim-parametrico-eficiencia-en-los-procesos-de-planificacion>
- Arboleda, A. M., & Valencia Rivera, D. F. (2012). *IMPLEMENTACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS BIM COMO HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA EDIFICACIÓN EN BOGOTÁ*. Obtenido de Repositorio Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá: <https://core.ac.uk/download/pdf/71419247.pdf>
- BIM Community*. (8 de marzo de 2018). Obtenido de <https://www.bimcommunity.com/news/load/667/bim-in-latin-america>
- Campero, M., & Alarcón, L. (2014). *Administración de proyectos civiles*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras* (Vol. II). Bogota: Ecoe Ediciones.
- Castro, R. (2016). *Incorporación de la metodología BIM en la Gestión Integrada de Proyectos*. Madrid.
- Cerón, I., & Ramos, D. (10 de noviembre de 2017). *Plan de Implementación de Metodología BIM en el ciclo de vida de un proyecto*. Obtenido de Universidad Católica de Colombia: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15347/1/PLAN%20DE%20I>
- Chaglla, C. h. (28 de marzo de 2019). *Autodesk InfraWorks*. Obtenido de Datech: <https://www.datech.es/productos-autodesk/autodesk-infracworks->

- Mendigaño, I. (6 de diciembre de 2019). *Metodología BIM aplicada a la fase de prefactibilidad de un proyecto vial de tercer orden en Colombia*. Obtenido de Universidad Santo Tomás: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21185/2020davidlimas.pdf?isAllowed=y&sequence=7>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2013). *Normas para estudios y diseños viales*. Quito.
- MTOP. (2003). *Norma de Diseño Geométrico de Carreteras*.
- Rodríguez, F. (2019). *Diseño con Autodesk InfraWorks y Civil 3D de un tramo de carretera con viaducto en el embalse de La Minilla (T.M. de El Garrobo, Sevilla)*. Obtenido de Repositorio Universidad de Sevilla: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TFM-1626-RODRIGUEZ%20FERNANDEZ-PALACIOS.pdf>
- Ruiz, C. D. (2020). *“DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO-PINLLOPATA EN EL TRAMO KM 20+000- 24+000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILI Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”*. Obtenido de Repositorio Universidad Técnica de Ambato.
- Santander Ledesma, R. N. (2017). *ANÁLISIS Y EVALUACIÓN PARA EL DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR Y ACCESOS SOBRE EL RIO RAMÍREZ CORDERO UBICADO EN LA ABSCISA K15+880.00 PARA LA VIABILIDAD DEL TRÁFICO DE LA RUTA PALORA - ARAPICOS EN LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO*. Obtenido de Repositorio UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4447/1/UNACH-EC-ING-CIVIL-2017-0044.pdf>
- Santos Duarte, A. (19 de marzo de 2021). *Propuesta de diseño de la carretera San Ignacio- El Canelo a partir del software Infracworks y la interoperabilidad con Civil 3D*. Obtenido de Repositorio Universidad Piloto de Colombia: <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/10310/Trabajo%20de%20Grado.pdf?sequence=1>
- Sanz Izquierdo, A., & Garcia Ahumada, F. L. (s.f). *El BIM como optimizador de Costes en el Ciclo de Vida de un Edificio: Aplicación al Smart Building*. Obtenido de <https://spain-ashrae.org/wp-content/uploads/2-BIM.pdf>

- Studio Modelo Integrado. (s.f). *VISUALIZACIÓN DE PROYECTOS*. Obtenido de Studio Modelo Integrado: <https://www.mi-studio.cl/visualizacion-de-proyectos/>
- Torreblanca, A. (07 de noviembre de 2019). *Conoce la importancia del uso de 3D InfraWorks y dónde cursarlo*. Obtenido de Piweek | Blog de noticias tecnológicas y empresas.: <https://piweek.es/uso-3d-infracworks/>
- Vanmiguelm. (30 de noviembre de 2017). *Ventajas y Desventajas de presentar un proyecto en Infracworks*. Obtenido de Autodesk: <https://forums.autodesk.com/t5/civil-3d-espanol/ventajas-y-desventajas-de-presentar-un-proyecto-en-infracworks/td-p/7584531>
- Vera Galindo, C. (26 de octubre de 2018). *Aplicación de la metodología BIM a un proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial*. Obtenido de Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/71274/fichero/TFM-1274-VERA.pdf>
- Weeding, J., & Probert, D. (2009). *Introducing AUTO CAD Civil 3D*. Canadá: Will Publish Inc.

ANEXOS

Tabla 30. Levantamiento topográfico.

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVATION	DESCRIPCIÓN
0	692735,385	9844079,45	388,685	FRANCO IZQUIERDO
1	692731,565	9844099,4	390,13	FRANCO IZQUIERDO
2	692727,725	9844118,86	391,156	FRANCO IZQUIERDO
3	692723,957	9844138,5	392,644	FRANCO IZQUIERDO
4	692724,529	9844157,6	393,76	FRANCO IZQUIERDO
5	692726,456	9844176,84	395,477	FRANCO IZQUIERDO
6	692731,25	9844196,26	397,06	FRANCO IZQUIERDO
7	692737,91	9844213,75	399,43	FRANCO IZQUIERDO
8	692747,893	9844230,24	400,291	FRANCO IZQUIERDO
9	692761,583	9844244,82	400,869	FRANCO IZQUIERDO
10	692774,311	9844260,69	401,719	FRANCO IZQUIERDO
11	692783,85	9844279,26	404,008	FRANCO IZQUIERDO
12	692788,646	9844299,66	406,67	FRANCO IZQUIERDO
13	692789,535	9844319,33	409,866	FRANCO IZQUIERDO
14	692797,165	9844334,65	412,009	FRANCO IZQUIERDO
15	692811,037	9844348,61	414,86	FRANCO IZQUIERDO
16	692825,209	9844363,16	417,862	FRANCO IZQUIERDO
17	692837,601	9844379,43	419,148	FRANCO IZQUIERDO
18	692847,867	9844396,88	420,292	FRANCO IZQUIERDO
19	692856,93	9844414,87	419,708	FRANCO IZQUIERDO
20	692860,82	9844435,52	420,202	FRANCO IZQUIERDO
21	692859,549	9844455,77	420,955	FRANCO IZQUIERDO
22	692858,01	9844475,59	419,82	FRANCO IZQUIERDO
23	692856,319	9844495,63	418,622	FRANCO IZQUIERDO
24	692859,573	9844514,23	416,746	FRANCO IZQUIERDO
25	692863,82	9844533,96	416,28	FRANCO IZQUIERDO
26	692867,077	9844553,7	417,258	FRANCO IZQUIERDO
27	692871,52	9844572,96	419,167	FRANCO IZQUIERDO
28	692877,212	9844591,73	420,669	FRANCO IZQUIERDO
29	692883,873	9844610,29	420,817	FRANCO IZQUIERDO
30	692891,749	9844628,68	421,658	FRANCO IZQUIERDO
31	692897,774	9844648,66	424,121	FRANCO IZQUIERDO
32	692899,786	9844669,53	427,566	FRANCO IZQUIERDO
33	692896,152	9844689,59	429,701	FRANCO IZQUIERDO
34	692890,212	9844708,69	432,521	FRANCO IZQUIERDO
35	692881,297	9844727,26	437,12	FRANCO IZQUIERDO
36	692873,042	9844744,99	440,958	FRANCO IZQUIERDO
37	692865,132	9844763,73	442,059	FRANCO IZQUIERDO
38	692856,111	9844781,58	442,696	FRANCO IZQUIERDO
39	692844,566	9844798,82	442,187	FRANCO IZQUIERDO
40	692831,026	9844813,59	441,054	FRANCO IZQUIERDO
41	692818,816	9844828,69	440,159	FRANCO IZQUIERDO

42	692808,233	9844844,84	439,796	FRANCO IZQUIERDO
43	692800,517	9844863,29	439,269	FRANCO IZQUIERDO
44	692788,194	9844880,64	440,171	FRANCO IZQUIERDO
45	692774,132	9844894,86	442,444	FRANCO IZQUIERDO
46	692759,43	9844908,6	444,238	FRANCO IZQUIERDO
47	692744,952	9844922,4	445,777	FRANCO IZQUIERDO
48	692731,314	9844936,7	448,641	FRANCO IZQUIERDO
49	692717,573	9844951,33	451,494	FRANCO IZQUIERDO
50	692706,419	9844966,49	452,461	FRANCO IZQUIERDO
51	692700,002	9844984,55	452,374	FRANCO IZQUIERDO
52	692694,838	9845003,87	452,924	FRANCO IZQUIERDO
53	692690,613	9845023,26	454,486	FRANCO IZQUIERDO
54	692686,288	9845042,65	457,138	FRANCO IZQUIERDO
55	692682,667	9845062,32	458,24	FRANCO IZQUIERDO
56	692679,166	9845082,14	457,919	FRANCO IZQUIERDO
57	692674,973	9845101,7	457,132	FRANCO IZQUIERDO
58	692671,601	9845121,03	457	FRANCO IZQUIERDO
59	692669,465	9845140,7	457,589	FRANCO IZQUIERDO
60	692668,617	9845160,69	459,187	FRANCO IZQUIERDO
61	692667,517	9845180,67	460	FRANCO IZQUIERDO
62	692666,674	9845200,55	460,96	FRANCO IZQUIERDO
63	692666,038	9845220,54	459,933	FRANCO IZQUIERDO
64	692665,742	9845239,94	459,467	FRANCO IZQUIERDO
65	692668,84	9845259,74	460,363	FRANCO IZQUIERDO
66	692671,483	9845279,97	462,327	FRANCO IZQUIERDO
67	692671,958	9845299,75	463,885	FRANCO IZQUIERDO
68	692676,295	9845317,55	465,926	FRANCO IZQUIERDO
69	692685,536	9845335,29	468,407	FRANCO IZQUIERDO
70	692697,273	9845350,71	471,383	FRANCO IZQUIERDO
71	692709,566	9845366,48	476,218	FRANCO IZQUIERDO
72	692721,025	9845383,08	480,911	FRANCO IZQUIERDO
73	692732,329	9845399,62	483,097	FRANCO IZQUIERDO
74	692743,931	9845415,83	484,364	FRANCO IZQUIERDO
75	692755,668	9845431,94	484,575	FRANCO IZQUIERDO
76	692767,829	9845446,87	483,91	FRANCO IZQUIERDO
77	692782,727	9845460,16	484,332	FRANCO IZQUIERDO
78	692797,723	9845473,39	486,368	FRANCO IZQUIERDO
79	692812,859	9845486,25	489,154	FRANCO IZQUIERDO
80	692828,498	9845497,92	491,401	FRANCO IZQUIERDO
81	692845,413	9845507,89	491,59	FRANCO IZQUIERDO
82	692863,506	9845516,42	492,663	FRANCO IZQUIERDO
83	692883,004	9845524,53	492,943	FRANCO IZQUIERDO
84	692889,639	9845545,51	493,571	FRANCO IZQUIERDO
85	692878,706	9845563,18	496,912	FRANCO IZQUIERDO
86	692861,918	9845575,54	500,305	FRANCO IZQUIERDO

87	692846,31	9845587,05	500,59	FRANCO IZQUIERDO
88	692836,975	9845601,69	500,223	FRANCO IZQUIERDO
89	692828,617	9845620,67	498,665	FRANCO IZQUIERDO
90	692828,929	9845637,87	497,379	FRANCO IZQUIERDO
91	692838,434	9845650,26	501,209	FRANCO IZQUIERDO
92	692857,365	9845655,71	508,648	FRANCO IZQUIERDO
93	692876,926	9845660,3	512,404	FRANCO IZQUIERDO
94	692895,688	9845669,82	516,949	FRANCO IZQUIERDO
95	692905,529	9845688,96	516,827	FRANCO IZQUIERDO
96	692906,176	9845710,95	516,51	FRANCO IZQUIERDO
97	692893,867	9845728,78	514,996	FRANCO IZQUIERDO
98	692876,894	9845739,34	513,038	FRANCO IZQUIERDO
99	692865,346	9845753,53	512,236	FRANCO IZQUIERDO
100	692871,506	9845767,93	513,695	FRANCO IZQUIERDO
101	692882,818	9845783,84	515,726	FRANCO IZQUIERDO
102	692896,911	9845798,77	518,904	FRANCO IZQUIERDO
103	692908,306	9845815,2	520,324	FRANCO IZQUIERDO
104	692919,469	9845831,81	521,675	FRANCO IZQUIERDO
105	692929,316	9845850,92	523,509	FRANCO IZQUIERDO
106	692931,551	9845870,73	523,453	FRANCO IZQUIERDO
107	692935,379	9845888,72	523,632	FRANCO IZQUIERDO
108	692945,462	9845904,99	525,863	FRANCO IZQUIERDO
109	692958,906	9845918,23	528,565	FRANCO IZQUIERDO
110	692976,426	9845926,52	533,171	FRANCO IZQUIERDO
111	692995,437	9845932,73	537,13	FRANCO IZQUIERDO
112	693014	9845941,72	541,646	FRANCO IZQUIERDO
113	693030,06	9845954,67	545,398	FRANCO IZQUIERDO
114	693044,135	9845969,49	546,686	FRANCO IZQUIERDO
115	693057,425	9845984,09	547,762	FRANCO IZQUIERDO
116	693071,405	9845998,36	550,427	FRANCO IZQUIERDO
117	693085,562	9846012,72	553,658	FRANCO IZQUIERDO
118	693098,904	9846027,62	557,401	FRANCO IZQUIERDO
119	693111,149	9846044,02	559,96	FRANCO IZQUIERDO
120	693122,896	9846059,8	560,885	FRANCO IZQUIERDO
121	693135,255	9846075,28	560,811	FRANCO IZQUIERDO
122	693149,062	9846087,33	561,925	FRANCO IZQUIERDO
123	693167,007	9846096,53	564,725	FRANCO IZQUIERDO
124	693184,499	9846106,78	567,938	FRANCO IZQUIERDO
125	693201,224	9846117,75	573,638	FRANCO IZQUIERDO
126	693217,523	9846129,7	580,818	FRANCO IZQUIERDO
127	693232,865	9846143,43	588,993	FRANCO IZQUIERDO
128	693243,67	9846162,14	592,996	FRANCO IZQUIERDO
129	693247,56	9846181,51	592,309	FRANCO IZQUIERDO
130	693254,551	9846199,09	594,691	FRANCO IZQUIERDO
131	693264	9846217,64	598,113	FRANCO IZQUIERDO

132	693252,161	9846235,92	590,44	FRANCO IZQUIERDO
133	693240,502	9846250,98	583,982	FRANCO IZQUIERDO
134	693238,05	9846266,84	582,689	FRANCO IZQUIERDO
135	693249,449	9846281,18	586,921	FRANCO IZQUIERDO
136	693265,498	9846291,37	594,769	FRANCO IZQUIERDO
137	693282,078	9846303,47	602,36	FRANCO IZQUIERDO
138	693295,383	9846319,7	605,213	FRANCO IZQUIERDO
139	693304,57	9846337,46	606,31	FRANCO IZQUIERDO
140	693315,172	9846353,75	604,676	FRANCO IZQUIERDO
141	693327,191	9846369,59	601,994	FRANCO IZQUIERDO
142	693339,162	9846385,84	600,077	FRANCO IZQUIERDO
143	693353,664	9846395,04	600,99	FRANCO IZQUIERDO
144	693372,689	9846398,03	607,849	FRANCO IZQUIERDO
145	693392,067	9846409,24	613,662	FRANCO IZQUIERDO
146	693402,782	9846425,93	612,203	FRANCO IZQUIERDO
147	693415,333	9846437,35	611,476	FRANCO IZQUIERDO
148	693434,364	9846439,02	611,29	FRANCO IZQUIERDO
149	693454,835	9846441,74	607,632	FRANCO IZQUIERDO
150	693473,281	9846451,81	605,324	FRANCO IZQUIERDO
151	693488,063	9846466,2	603,247	FRANCO IZQUIERDO
152	693493,82	9846486,81	601,393	FRANCO IZQUIERDO
153	693500,642	9846503,61	603,603	FRANCO IZQUIERDO
154	693513,473	9846513,73	606,414	FRANCO IZQUIERDO
155	693533,395	9846515,42	608,161	FRANCO IZQUIERDO
156	693553,96	9846518,29	608,592	FRANCO IZQUIERDO
157	693573,013	9846525,46	607,253	FRANCO IZQUIERDO
158	693586,59	9846541,82	606,177	FRANCO IZQUIERDO
159	693593,697	9846561,04	606,22	FRANCO IZQUIERDO
160	693599,591	9846580,15	607	FRANCO IZQUIERDO
161	693605,837	9846599,04	607,193	FRANCO IZQUIERDO
162	693613,328	9846616,39	608,195	FRANCO IZQUIERDO
163	693624,776	9846631,28	609,898	FRANCO IZQUIERDO
164	693640,762	9846643,3	612,516	FRANCO IZQUIERDO
165	693657,154	9846654,19	615,076	FRANCO IZQUIERDO
166	693674,315	9846664,03	617,839	FRANCO IZQUIERDO
167	693691,401	9846675,58	620,884	FRANCO IZQUIERDO
168	693705,486	9846690,43	625,704	FRANCO IZQUIERDO
169	693719,701	9846703,33	629,222	FRANCO IZQUIERDO
170	693736,553	9846710,44	632,86	FRANCO IZQUIERDO
171	693754,911	9846708,7	636,012	FRANCO IZQUIERDO
172	693776,202	9846717,9	637,189	FRANCO IZQUIERDO
173	693786,508	9846735,97	637,102	FRANCO IZQUIERDO
174	693783,319	9846757,06	637,493	FRANCO IZQUIERDO
175	693765,695	9846768,77	638,774	FRANCO IZQUIERDO
176	693748,757	9846778,88	641,777	FRANCO IZQUIERDO

177	693728,309	9846785,68	642,852	FRANCO IZQUIERDO
178	693708,31	9846785,98	641,221	FRANCO IZQUIERDO
179	693686,627	9846782,3	637,28	FRANCO IZQUIERDO
180	693670,215	9846771,24	634,027	FRANCO IZQUIERDO
181	693655,422	9846765,15	632,584	FRANCO IZQUIERDO
182	693649,079	9846777,02	633,277	FRANCO IZQUIERDO
183	693661,797	9846784,52	634,015	FRANCO IZQUIERDO
184	693681,18	9846790,16	638,292	FRANCO IZQUIERDO
185	693699,049	9846802,7	644,321	FRANCO IZQUIERDO
186	693712,213	9846818,64	650,98	FRANCO IZQUIERDO
187	693721,708	9846836,24	655,834	FRANCO IZQUIERDO
188	693730,836	9846854,27	659,516	FRANCO IZQUIERDO
189	693739,247	9846871,44	661,756	FRANCO IZQUIERDO
190	693751,698	9846887,31	664,83	FRANCO IZQUIERDO
191	693762,24	9846905,07	671,299	FRANCO IZQUIERDO
192	693755,574	9846926,57	671,463	FRANCO IZQUIERDO
193	693746,629	9846943,73	679,197	FRANCO IZQUIERDO
194	693744,969	9846961,3	705,679	FRANCO IZQUIERDO
195	693752,486	9846977,9	730,569	FRANCO IZQUIERDO
196	693761,719	9846973,93	730,326	FRANCO IZQUIERDO
197	693769,402	9846955,13	707,466	FRANCO IZQUIERDO
198	693789,492	9846942,85	699,929	FRANCO IZQUIERDO
199	693807,245	9846955,26	718,926	FRANCO IZQUIERDO
200	693809,721	9846976,5	740,512	FRANCO IZQUIERDO
201	693809,54	9846996,46	751,411	FRANCO IZQUIERDO
202	693807,97	9847016,76	770,667	FRANCO IZQUIERDO
203	693800,671	9847036,36	783,355	FRANCO IZQUIERDO
204	693786,614	9847051,99	782,619	FRANCO IZQUIERDO
205	693770,604	9847064,7	780,557	FRANCO IZQUIERDO
206	693751,893	9847073,63	776,495	FRANCO IZQUIERDO
207	693731,421	9847076,91	775,457	FRANCO IZQUIERDO
208	693718,134	9847084,69	774,454	FRANCO IZQUIERDO
209	693722,779	9847097,76	777,412	FRANCO IZQUIERDO
210	693737,149	9847111,88	776,962	FRANCO IZQUIERDO
211	693751,309	9847126,92	775,752	FRANCO IZQUIERDO
212	693762,129	9847144,2	770,151	FRANCO IZQUIERDO
213	693761,393	9847165,38	766,65	FRANCO IZQUIERDO
214	693750,268	9847182,58	759,792	FRANCO IZQUIERDO
215	693744,758	9847200,38	755,688	FRANCO IZQUIERDO
216	693743,316	9847219,2	753,442	FRANCO IZQUIERDO
217	693743,843	9847240,24	751,297	FRANCO IZQUIERDO
218	693732,924	9847257,9	737,36	FRANCO IZQUIERDO
219	693729,115	9847272,14	727,154	FRANCO IZQUIERDO
220	693742,78	9847284,76	738,782	FRANCO IZQUIERDO
221	693759,169	9847295,31	747,018	FRANCO IZQUIERDO

222	693776,246	9847306,06	751,884	FRANCO IZQUIERDO
223	693792,733	9847317,38	755,743	FRANCO IZQUIERDO
224	693807,389	9847332,05	757,826	FRANCO IZQUIERDO
225	693816,18	9847351,26	760,029	FRANCO IZQUIERDO
226	693822,553	9847370,22	759,367	FRANCO IZQUIERDO
227	693826,787	9847390,23	756,381	FRANCO IZQUIERDO
228	693827,476	9847411,22	751,344	FRANCO IZQUIERDO
229	693812,654	9847427,77	750,146	FRANCO IZQUIERDO
230	693794,438	9847435,96	747,832	FRANCO IZQUIERDO
231	693775,346	9847443,74	745,479	FRANCO IZQUIERDO
232	693757,129	9847449,8	745,813	FRANCO IZQUIERDO
233	693746,811	9847462,73	742,559	FRANCO IZQUIERDO
234	693750,667	9847478,54	735,606	FRANCO IZQUIERDO
235	693761,361	9847496,08	729,316	FRANCO IZQUIERDO
236	693766,23	9847516,42	727,382	FRANCO IZQUIERDO
237	693756,045	9847536,33	731,071	FRANCO IZQUIERDO
238	693742,432	9847550,21	734,18	FRANCO IZQUIERDO
239	693734,948	9847566,07	733,78	FRANCO IZQUIERDO
240	693740,282	9847583,35	727,861	FRANCO IZQUIERDO
241	693744,114	9847604,48	721,222	FRANCO IZQUIERDO
242	693739,122	9847624,92	718,88	FRANCO IZQUIERDO
243	693722,709	9847639,96	717,648	FRANCO IZQUIERDO
244	693701,97	9847636	718,737	FRANCO IZQUIERDO
245	693685,126	9847622,92	725,616	FRANCO IZQUIERDO
246	693672,001	9847617,86	728,242	FRANCO IZQUIERDO
247	693662,961	9847631,23	721,359	FRANCO IZQUIERDO
248	693654,914	9847650,03	715,95	FRANCO IZQUIERDO
249	693638,37	9847664,63	713,259	FRANCO IZQUIERDO
250	693618,518	9847668,73	713,68	FRANCO IZQUIERDO
251	693598,773	9847671,93	715,043	FRANCO IZQUIERDO
252	693584,859	9847681,72	714,165	FRANCO IZQUIERDO
253	693571,053	9847696,61	712,922	FRANCO IZQUIERDO
254	693558,604	9847711,4	713,204	FRANCO IZQUIERDO
255	693557,84	9847722,65	712,67	FRANCO IZQUIERDO
256	692728,649	9844078,57	388,778	FRANCO DERECHO
257	692724,862	9844097,84	390,866	FRANCO DERECHO
258	692720,957	9844117,61	391,697	FRANCO DERECHO
259	692717,284	9844137,27	393,299	FRANCO DERECHO
260	692717,837	9844158,02	394,865	FRANCO DERECHO
261	692719,771	9844178,49	395,609	FRANCO DERECHO
262	692724,454	9844197,94	397,678	FRANCO DERECHO
263	692731,926	9844217,39	399,721	FRANCO DERECHO
264	692742,816	9844235,02	401,079	FRANCO DERECHO
265	692756,582	9844249,53	401,292	FRANCO DERECHO
266	692768,772	9844264,9	402,461	FRANCO DERECHO

267	692777,368	9844281,86	404,757	FRANCO DERECHO
268	692781,811	9844299,73	407,393	FRANCO DERECHO
269	692782,688	9844319,99	410,599	FRANCO DERECHO
270	692792,122	9844338,92	413,778	FRANCO DERECHO
271	692806,159	9844353,59	416,76	FRANCO DERECHO
272	692819,864	9844367,68	419,801	FRANCO DERECHO
273	692831,862	9844382,99	421,382	FRANCO DERECHO
274	692841,858	9844400	422,379	FRANCO DERECHO
275	692850,6	9844417,82	421,485	FRANCO DERECHO
276	692854,042	9844435,52	422,263	FRANCO DERECHO
277	692852,712	9844455,15	422,53	FRANCO DERECHO
278	692851,312	9844475,22	421,096	FRANCO DERECHO
279	692849,851	9844495,04	419,451	FRANCO DERECHO
280	692852,896	9844515,71	417,696	FRANCO DERECHO
281	692856,936	9844535,1	416,932	FRANCO DERECHO
282	692860,312	9844554,82	417,743	FRANCO DERECHO
283	692864,9	9844574,51	419,473	FRANCO DERECHO
284	692870,693	9844594	420,851	FRANCO DERECHO
285	692877,463	9844613,1	421,622	FRANCO DERECHO
286	692885,576	9844631,39	422,369	FRANCO DERECHO
287	692891,169	9844649,58	424,995	FRANCO DERECHO
288	692893,017	9844668,31	428,455	FRANCO DERECHO
289	692889,548	9844687,62	430,759	FRANCO DERECHO
290	692883,842	9844706,79	433,788	FRANCO DERECHO
291	692875,255	9844724,07	438,052	FRANCO DERECHO
292	692866,655	9844742,53	441,815	FRANCO DERECHO
293	692859,044	9844760,62	443,768	FRANCO DERECHO
294	692849,934	9844778,43	443,922	FRANCO DERECHO
295	692839,377	9844794,12	443,17	FRANCO DERECHO
296	692825,947	9844808,9	441,926	FRANCO DERECHO
297	692813,204	9844824,92	440,992	FRANCO DERECHO
298	692801,936	9844842,2	440,948	FRANCO DERECHO
299	692794,111	9844860,61	440,509	FRANCO DERECHO
300	692783,279	9844875,78	441,74	FRANCO DERECHO
301	692769,247	9844890,03	444,356	FRANCO DERECHO
302	692754,843	9844903,74	446,07	FRANCO DERECHO
303	692740,248	9844917,41	447,012	FRANCO DERECHO
304	692726,375	9844932,14	450,08	FRANCO DERECHO
305	692712,608	9844946,55	453,385	FRANCO DERECHO
306	692700,342	9844963,32	453,898	FRANCO DERECHO
307	692693,497	9844982,79	452,934	FRANCO DERECHO
308	692688,361	9845002,12	453,305	FRANCO DERECHO
309	692683,805	9845021,76	454,766	FRANCO DERECHO
310	692679,517	9845041,43	456,634	FRANCO DERECHO
311	692675,976	9845061,12	457,408	FRANCO DERECHO

312	692672,536	9845080,69	456,858	FRANCO DERECHO
313	692668,134	9845100,2	456,448	FRANCO DERECHO
314	692664,757	9845120,25	456,797	FRANCO DERECHO
315	692662,688	9845140,36	457,561	FRANCO DERECHO
316	692661,708	9845160,34	459,09	FRANCO DERECHO
317	692660,677	9845180,3	459,873	FRANCO DERECHO
318	692659,733	9845200,39	460,405	FRANCO DERECHO
319	692659,384	9845220,38	459,413	FRANCO DERECHO
320	692659,087	9845240,97	459,215	FRANCO DERECHO
321	692662,146	9845260,7	459,711	FRANCO DERECHO
322	692664,651	9845280,11	461,338	FRANCO DERECHO
323	692665,182	9845300,31	462,522	FRANCO DERECHO
324	692670,397	9845320,59	464,754	FRANCO DERECHO
325	692679,43	9845338,44	466,942	FRANCO DERECHO
326	692691,808	9845354,92	469,912	FRANCO DERECHO
327	692704,156	9845370,66	474,82	FRANCO DERECHO
328	692715,431	9845386,98	479,152	FRANCO DERECHO
329	692726,736	9845403,44	480,844	FRANCO DERECHO
330	692738,338	9845419,82	481,936	FRANCO DERECHO
331	692750,231	9845435,99	481,868	FRANCO DERECHO
332	692763,231	9845451,99	481,578	FRANCO DERECHO
333	692778,222	9845465,29	481,984	FRANCO DERECHO
334	692793,223	9845478,52	484,109	FRANCO DERECHO
335	692808,67	9845491,43	486,985	FRANCO DERECHO
336	692825,047	9845503,64	489,873	FRANCO DERECHO
337	692842,521	9845514,08	491,031	FRANCO DERECHO
338	692860,682	9845522,46	491,419	FRANCO DERECHO
339	692878,102	9845529,29	491,606	FRANCO DERECHO
340	692883,421	9845542,58	492,341	FRANCO DERECHO
341	692873,511	9845558,59	495,093	FRANCO DERECHO
342	692858,496	9845569,87	498,053	FRANCO DERECHO
343	692841,939	9845581,92	498,74	FRANCO DERECHO
344	692830,553	9845600,17	498,56	FRANCO DERECHO
345	692822,853	9845617,49	496,965	FRANCO DERECHO
346	692822,344	9845639,58	494,864	FRANCO DERECHO
347	692836,388	9845656,75	500,227	FRANCO DERECHO
348	692855,936	9845662,14	508,274	FRANCO DERECHO
349	692875,317	9845666,67	511,637	FRANCO DERECHO
350	692891,123	9845674,78	515,088	FRANCO DERECHO
351	692898,968	9845690,92	515,025	FRANCO DERECHO
352	692899,794	9845708,63	514,841	FRANCO DERECHO
353	692890,261	9845723	513,743	FRANCO DERECHO
354	692873,303	9845733,63	512,006	FRANCO DERECHO
355	692859,443	9845749,86	510,888	FRANCO DERECHO
356	692865,87	9845771,95	512,599	FRANCO DERECHO

357	692878,026	9845788,42	514,146	FRANCO DERECHO
358	692891,301	9845802,63	517,18	FRANCO DERECHO
359	692902,681	9845819,07	518,528	FRANCO DERECHO
360	692913,989	9845835,57	520,238	FRANCO DERECHO
361	692922,473	9845851,73	521,802	FRANCO DERECHO
362	692924,863	9845871,65	521,807	FRANCO DERECHO
363	692929,489	9845892,26	521,963	FRANCO DERECHO
364	692940,544	9845909,83	524,506	FRANCO DERECHO
365	692955,776	9845924,25	527,332	FRANCO DERECHO
366	692974,308	9845933,06	531,748	FRANCO DERECHO
367	692993,339	9845939,21	535,434	FRANCO DERECHO
368	693010,541	9845947,71	539,732	FRANCO DERECHO
369	693025,46	9845959,82	543,416	FRANCO DERECHO
370	693038,821	9845973,99	544,691	FRANCO DERECHO
371	693052,467	9845988,93	545,576	FRANCO DERECHO
372	693066,546	9846003,17	548,217	FRANCO DERECHO
373	693080,449	9846017,33	550,876	FRANCO DERECHO
374	693093,739	9846032,27	554,728	FRANCO DERECHO
375	693105,456	9846047,77	556,852	FRANCO DERECHO
376	693117,535	9846064,06	557,759	FRANCO DERECHO
377	693130,227	9846079,76	557,366	FRANCO DERECHO
378	693146,074	9846093,54	558,982	FRANCO DERECHO
379	693163,787	9846102,45	561,798	FRANCO DERECHO
380	693180,679	9846112,56	564,786	FRANCO DERECHO
381	693197,413	9846123,51	570,64	FRANCO DERECHO
382	693213,376	9846135,21	577,735	FRANCO DERECHO
383	693227,745	9846147,99	585,634	FRANCO DERECHO
384	693236,903	9846163,4	589,419	FRANCO DERECHO
385	693240,961	9846183,21	589,439	FRANCO DERECHO
386	693248,546	9846202,47	591,539	FRANCO DERECHO
387	693257,141	9846217,64	594,549	FRANCO DERECHO
388	693247,349	9846231,11	588,089	FRANCO DERECHO
389	693234,69	9846247,41	581,965	FRANCO DERECHO
390	693231,727	9846269,43	580,665	FRANCO DERECHO
391	693244,585	9846286,04	584,975	FRANCO DERECHO
392	693262,103	9846297,25	593,176	FRANCO DERECHO
393	693277,696	9846308,71	600,188	FRANCO DERECHO
394	693289,291	9846322,86	602,922	FRANCO DERECHO
395	693298,529	9846340,6	603,875	FRANCO DERECHO
396	693309,579	9846357,82	602,324	FRANCO DERECHO
397	693321,706	9846373,86	599,751	FRANCO DERECHO
398	693333,453	9846389,81	596,978	FRANCO DERECHO
399	693351,702	9846401,38	598,379	FRANCO DERECHO
400	693372,039	9846404,66	605,084	FRANCO DERECHO
401	693386,218	9846412,84	609,703	FRANCO DERECHO

402	693397,155	9846429,77	608,417	FRANCO DERECHO
403	693413,908	9846443,76	607,942	FRANCO DERECHO
404	693434,482	9846445,64	608,298	FRANCO DERECHO
405	693453,363	9846448,31	605,077	FRANCO DERECHO
406	693469,359	9846457,28	602,749	FRANCO DERECHO
407	693483,047	9846470,71	600,845	FRANCO DERECHO
408	693487,051	9846487,85	599,268	FRANCO DERECHO
409	693495,172	9846507,72	601,937	FRANCO DERECHO
410	693512,94	9846520,55	606,329	FRANCO DERECHO
411	693532,889	9846522,12	607,127	FRANCO DERECHO
412	693551,711	9846524,6	607,39	FRANCO DERECHO
413	693570,013	9846531,65	606,263	FRANCO DERECHO
414	693580,446	9846544,84	606,005	FRANCO DERECHO
415	693587,133	9846563,06	606,382	FRANCO DERECHO
416	693592,901	9846582,22	607	FRANCO DERECHO
417	693599,235	9846601,3	606,81	FRANCO DERECHO
418	693607,619	9846620,33	606,746	FRANCO DERECHO
419	693620,604	9846636,76	608,757	FRANCO DERECHO
420	693636,524	9846648,87	611,766	FRANCO DERECHO
421	693653,526	9846659,96	614,957	FRANCO DERECHO
422	693671,014	9846670,07	617,604	FRANCO DERECHO
423	693686,833	9846680,89	620,153	FRANCO DERECHO
424	693700,237	9846694,98	623,637	FRANCO DERECHO
425	693715,508	9846708,8	627,576	FRANCO DERECHO
426	693734,808	9846717,02	631,722	FRANCO DERECHO
427	693755,897	9846715,61	635,559	FRANCO DERECHO
428	693770,608	9846722,06	636,251	FRANCO DERECHO
429	693780,07	9846738,29	636,072	FRANCO DERECHO
430	693777,897	9846753,11	636,586	FRANCO DERECHO
431	693762,579	9846762,54	637,805	FRANCO DERECHO
432	693745,186	9846772,97	639,9	FRANCO DERECHO
433	693728,221	9846778,73	640,064	FRANCO DERECHO
434	693708,222	9846778,98	638,566	FRANCO DERECHO
435	693690,432	9846776,76	635,846	FRANCO DERECHO
436	693673,795	9846765,27	632,648	FRANCO DERECHO
437	693652,242	9846759,05	631,882	FRANCO DERECHO
438	693642,26	9846778,19	633,006	FRANCO DERECHO
439	693660,14	9846791,06	633,927	FRANCO DERECHO
440	693679,128	9846796,68	638,91	FRANCO DERECHO
441	693693,782	9846807,11	644,116	FRANCO DERECHO
442	693706,181	9846821,9	649,587	FRANCO DERECHO
443	693715,664	9846839,51	653,533	FRANCO DERECHO
444	693724,506	9846857,19	656,953	FRANCO DERECHO
445	693734,004	9846875,64	659,228	FRANCO DERECHO
446	693746,074	9846891,35	662,581	FRANCO DERECHO

447	693756,001	9846907,64	668,564	FRANCO DERECHO
448	693749,668	9846922,82	667,605	FRANCO DERECHO
449	693740,258	9846941,04	674,098	FRANCO DERECHO
450	693738,096	9846962,37	705,79	FRANCO DERECHO
451	693746,86	9846981,71	732,005	FRANCO DERECHO
452	693768,146	9846976,15	736,163	FRANCO DERECHO
453	693775,706	9846958	714,067	FRANCO DERECHO
454	693787,789	9846949,29	706,45	FRANCO DERECHO
455	693801,48	9846958,9	721,957	FRANCO DERECHO
456	693802,796	9846976,36	739,605	FRANCO DERECHO
457	693802,575	9846996,4	753,56	FRANCO DERECHO
458	693801,055	9847015,92	772,397	FRANCO DERECHO
459	693794,523	9847033,37	782,395	FRANCO DERECHO
460	693781,817	9847047,01	781,591	FRANCO DERECHO
461	693766,661	9847059,22	779,855	FRANCO DERECHO
462	693749,596	9847067,28	775,289	FRANCO DERECHO
463	693730,916	9847070,14	772,813	FRANCO DERECHO
464	693712,004	9847081,54	766,474	FRANCO DERECHO
465	693718,031	9847102,9	774,782	FRANCO DERECHO
466	693732,372	9847116,61	774,586	FRANCO DERECHO
467	693745,632	9847130,5	774,724	FRANCO DERECHO
468	693755,813	9847147,22	770,484	FRANCO DERECHO
469	693754,944	9847163,01	766,512	FRANCO DERECHO
470	693744,165	9847179,17	758,912	FRANCO DERECHO
471	693738,108	9847199,14	754,357	FRANCO DERECHO
472	693736,506	9847220,07	752,637	FRANCO DERECHO
473	693737,203	9847238,52	749,483	FRANCO DERECHO
474	693727,386	9847254	737,238	FRANCO DERECHO
475	693723,245	9847275,55	724,958	FRANCO DERECHO
476	693738,49	9847290,01	738,436	FRANCO DERECHO
477	693755,65	9847301,13	746,675	FRANCO DERECHO
478	693772,41	9847311,69	751,975	FRANCO DERECHO
479	693788,963	9847322,91	756,091	FRANCO DERECHO
480	693802,165	9847336,61	758,802	FRANCO DERECHO
481	693809,808	9847353,38	761,388	FRANCO DERECHO
482	693816,095	9847372,37	762,456	FRANCO DERECHO
483	693820,193	9847391,38	760,873	FRANCO DERECHO
484	693820,796	9847409,61	756,063	FRANCO DERECHO
485	693809,857	9847421,6	754,272	FRANCO DERECHO
486	693791,614	9847429,88	751,975	FRANCO DERECHO
487	693773,924	9847437,34	750,429	FRANCO DERECHO
488	693754,232	9847443,43	750,975	FRANCO DERECHO
489	693740,224	9847460,54	746,362	FRANCO DERECHO
490	693744,935	9847482,39	737,649	FRANCO DERECHO
491	693755,001	9847498,91	732,093	FRANCO DERECHO

492	693759,393	9847516,88	730,284	FRANCO DERECHO
493	693751,294	9847531,37	733,372	FRANCO DERECHO
494	693736,879	9847545,95	736,648	FRANCO DERECHO
495	693728,167	9847565,18	736,422	FRANCO DERECHO
496	693733,915	9847585,99	730,284	FRANCO DERECHO
497	693737,17	9847603,92	724,419	FRANCO DERECHO
498	693733,006	9847621,59	721,67	FRANCO DERECHO
499	693722,092	9847633,04	719,68	FRANCO DERECHO
500	693704,68	9847629,64	721,734	FRANCO DERECHO
501	693690,18	9847618,27	728,589	FRANCO DERECHO
502	693669,597	9847611,45	732,154	FRANCO DERECHO
503	693656,373	9847628,9	723,248	FRANCO DERECHO
504	693648,773	9847646,81	717,643	FRANCO DERECHO
505	693636,75	9847657,84	715,576	FRANCO DERECHO
506	693617,502	9847662,01	716,445	FRANCO DERECHO
507	693597,726	9847665	717,852	FRANCO DERECHO
508	693579,5	9847677,21	716,47	FRANCO DERECHO
509	693566,273	9847691,75	715,03	FRANCO DERECHO
510	693553,078	9847707,48	714,427	FRANCO DERECHO
511	693553,694	9847728,04	713,103	FRANCO DERECHO

Fuente: Autores

Tabla 31. Movimiento de tierras.

ABSCISAS	ÁREAS (m2)		VOL_PARCIALES (m3)		VOL_ACUMULADO (m3)	
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Corte	Relleno
Movimiento de tierras vía San Francisco de Orongo - El Congreso						
0+000,00	5,61	0	0,00	0,00	0,00	0,00
0+020,00	5,52	0,03	111,34	0,32	111,34	0,32
0+040,00	0	4,57	55,25	46,01	166,59	46,33
0+060,00	0	8,8	0,01	133,68	166,60	180,01
0+080,00	0	8,74	0,00	175,38	166,60	355,39
0+100,00	0	3,62	0,00	123,61	166,60	479,00
0+110,00	0	0,73	0,00	21,77	166,60	500,77
0+120,00	3,89	0	19,19	3,53	185,79	504,30
0+130,00	11,3	0	74,75	0,00	260,54	504,30
0+140,00	10,49	0	108,55	0,00	369,09	504,30
0+160,00	4,57	0,32	150,60	3,24	519,69	507,54
0+180,00	0	4,51	45,68	48,29	565,37	555,83
0+200,00	0,01	5,85	0,14	103,60	565,51	659,43
0+220,00	8,31	1,48	83,28	73,34	648,79	732,77
0+230,00	13,56	1,12	107,96	13,15	756,75	745,92
0+240,00	14,55	1,41	125,84	13,89	882,59	759,81
0+260,00	36,7	0	503,71	14,52	1.386,30	774,33
0+270,00	55,28	0	469,50	0,00	1.855,80	774,33
0+280,00	81,84	0	710,97	0,00	2.566,77	774,33
0+290,00	111,57	0	1018,71	0,00	3.585,48	774,33
0+300,00	127,86	0	1271,38	0,00	4.856,86	774,33
0+320,00	126,1	0	2539,61	0,00	7.396,47	774,33
0+340,00	74,1	0	1975,91	0,00	9.372,38	774,33
0+350,00	53,78	0,36	547,30	1,97	9.919,68	776,30
0+360,00	40,19	2,73	396,91	16,52	10.316,59	792,82
0+370,00	35,45	3,14	320,63	31,01	10.637,22	823,83
0+380,00	34,62	3,73	303,37	35,43	10.940,59	859,26
0+400,00	47,37	0,06	819,89	37,95	11.760,48	897,21
0+420,00	42,43	0	897,97	0,61	12.658,45	897,82
0+440,00	10,87	1,45	532,99	14,53	13.191,44	912,35
0+460,00	0	20,71	108,72	221,60	13.300,16	1.133,95
0+480,00	0	42,27	0,00	629,79	13.300,16	1.763,74
0+500,00	0	45,04	0,00	873,12	13.300,16	2.636,86
0+520,00	0	30,01	0,00	750,53	13.300,16	3.387,39
0+540,00	0	8,87	0,00	388,85	13.300,16	3.776,24
0+560,00	0,01	2,62	0,14	113,33	13.300,30	3.889,57
0+580,00	0	23,56	0,14	260,69	13.300,44	4.150,26
0+600,00	0	37,22	0,00	607,77	13.300,44	4.758,03
0+620,00	0	29,34	0,00	665,59	13.300,44	5.423,62
0+640,00	0	26,2	0,00	555,39	13.300,44	5.979,01
0+650,00	0	35,42	0,00	310,70	13.300,44	6.289,71
0+660,00	0	47,56	0,00	422,09	13.300,44	6.711,80
0+670,00	0	53,99	0,00	515,84	13.300,44	7.227,64
0+680,00	0	47,81	0,00	516,87	13.300,44	7.744,51
0+700,00	0	16,7	0,00	649,55	13.300,44	8.394,06
0+720,00	10,05	0,62	100,51	173,20	13.400,95	8.567,26
0+740,00	23,39	0	334,43	6,23	13.735,38	8.573,49
0+760,00	24,11	0	475,01	0,00	14.210,39	8.573,49

0+780,00	4,97	1,47	290,82	14,71	14.501,21	8.588,20
0+800,00	0	23,97	49,72	254,38	14.550,93	8.842,58
0+820,00	0	51,76	0,00	757,24	14.550,93	9.599,82
0+840,00	0	65,18	0,00	1.169,41	14.550,93	10.769,23
0+860,00	0	77,94	0,00	1.431,24	14.550,93	12.200,47
0+880,00	0	78,79	0,00	1.567,28	14.550,93	13.767,75
0+900,00	0	75,08	0,00	1.538,67	14.550,93	15.306,42
0+920,00	0	66,63	0,00	1.417,05	14.550,93	16.723,47
0+930,00	0	52,93	0,00	602,31	14.550,93	17.325,78
0+940,00	0	41,51	0,00	473,73	14.550,93	17.799,51
0+960,00	0	18,31	0,00	598,21	14.550,93	18.397,72
0+980,00	15	0	150,05	183,13	14.700,98	18.580,85
1+000,00	36,01	0	510,18	0,00	15.211,16	18.580,85
1+010,00	37,37	0	371,45	0,00	15.582,61	18.580,85
1+020,00	34,44	0	363,60	0,00	15.946,21	18.580,85
1+030,00	34,11	0	345,96	0,00	16.292,17	18.580,85
1+040,00	29,77	0	322,14	0,00	16.614,31	18.580,85
1+060,00	40,41	0	701,81	0,00	17.316,12	18.580,85
1+080,00	73,26	0	1136,73	0,00	18.452,85	18.580,85
1+100,00	81,66	0	1549,26	0,00	20.002,11	18.580,85
1+120,00	60,63	0	1422,96	0,00	21.425,07	18.580,85
1+140,00	36,3	0	969,30	0,00	22.394,37	18.580,85
1+160,00	21,34	0	576,41	0,00	22.970,78	18.580,85
1+180,00	20,17	0	415,14	0,00	23.385,92	18.580,85
1+200,00	34,55	0	547,21	0,00	23.933,13	18.580,85
1+220,00	37,53	0	720,77	0,00	24.653,90	18.580,85
1+240,00	37,01	0	745,33	0,00	25.399,23	18.580,85
1+250,00	23,05	0	284,05	0,00	25.683,28	18.580,85
1+260,00	10,45	0,14	161,24	0,74	25.844,52	18.581,59
1+280,00	0	6,51	104,54	66,50	25.949,06	18.648,09
1+300,00	0	20,14	0,00	266,47	25.949,06	18.914,56
1+320,00	0	22,12	0,00	422,59	25.949,06	19.337,15
1+340,00	0	22,61	0,00	447,36	25.949,06	19.784,51
1+360,00	0	24,18	0,00	467,96	25.949,06	20.252,47
1+380,00	0	35,14	0,00	593,00	25.949,06	20.845,47
1+390,00	0	38,14	0,00	363,30	25.949,06	21.208,77
1+400,00	0	40,38	0,00	391,03	25.949,06	21.599,80
1+420,00	0,07	11	0,67	516,13	25.949,73	22.115,93
1+440,00	36,61	0	366,81	110,01	26.316,54	22.225,94
1+460,00	63,76	0	1003,69	0,00	27.320,23	22.225,94
1+480,00	76,59	0	1403,45	0,00	28.723,68	22.225,94
1+500,00	66,88	0	1434,71	0,00	30.158,39	22.225,94
1+520,00	25,32	2,89	922,06	28,92	31.080,45	22.254,86
1+540,00	2,98	14,48	283,06	173,67	31.363,51	22.428,53
1+560,00	0	24,67	29,82	391,49	31.393,33	22.820,02
1+580,00	0	23,06	0,00	477,29	31.393,33	23.297,31
1+600,00	0	23,22	0,00	462,71	31.393,33	23.760,02

1+620,00	0	37,58	0,00	607,92	31.393,33	24.367,94
1+640,00	0	50,82	0,00	883,91	31.393,33	25.251,85
1+650,00	0	59,74	0,00	553,10	31.393,33	25.804,95
1+660,00	0	56,69	0,00	583,22	31.393,33	26.388,17
1+670,00	0	44,06	0,00	504,93	31.393,33	26.893,10
1+680,00	0	22,04	0,00	330,20	31.393,33	27.223,30
1+690,00	9,68	0,9	52,44	113,47	31.445,77	27.336,77
1+700,00	37,05	1,54	252,67	13,84	31.698,44	27.350,61
1+720,00	17,38	3,26	553,21	48,26	32.251,65	27.398,87
1+730,00	7,06	13,43	109,33	88,14	32.360,98	27.487,01
1+740,00	0,03	25,35	30,32	203,94	32.391,30	27.690,95
1+750,00	0	36,28	0,12	321,16	32.391,42	28.012,11
1+760,00	0	37,87	0,00	386,78	32.391,42	28.398,89
1+770,00	0,47	28,51	2,07	348,40	32.393,49	28.747,29
1+780,00	4,88	12,95	23,23	219,11	32.416,72	28.966,40
1+800,00	11,8	0,02	162,01	132,42	32.578,73	29.098,82
1+820,00	15,07	0,13	268,67	1,56	32.847,40	29.100,38
1+830,00	16,41	0	161,21	0,63	33.008,61	29.101,01
1+840,00	20,22	0	192,89	0,00	33.201,50	29.101,01
1+850,00	25,57	0	240,66	0,00	33.442,16	29.101,01
1+860,00	36,05	0	324,94	0,00	33.767,10	29.101,01
1+870,00	39,79	0,8	402,93	5,10	34.170,03	29.106,11
1+880,00	31,51	2,27	369,36	17,57	34.539,39	29.123,68
1+900,00	17,68	0,1	491,90	23,78	35.031,29	29.147,46
1+920,00	2,36	12,72	198,32	129,07	35.229,61	29.276,53
1+930,00	0	26,86	10,19	207,39	35.239,80	29.483,92
1+940,00	0	30,11	0,00	291,43	35.239,80	29.775,35
1+950,00	0	38,29	0,00	341,84	35.239,80	30.117,19
1+960,00	0	42,01	0,00	400,54	35.239,80	30.517,73
1+980,00	0	42,18	0,00	841,88	35.239,80	31.359,61
2+000,00	0	34,95	0,00	771,32	35.239,80	32.130,93
2+020,00	0	31,45	0,00	664,02	35.239,80	32.794,95
2+040,00	0	29,76	0,00	612,05	35.239,80	33.407,00
2+060,00	0	22,91	0,00	526,66	35.239,80	33.933,66
2+070,00	0	24,17	0,00	235,50	35.239,80	34.169,16
2+080,00	0	24,1	0,00	245,20	35.239,80	34.414,36
2+090,00	1,02	14,21	4,50	198,80	35.244,30	34.613,16
2+100,00	6	9,57	35,09	118,88	35.279,39	34.732,04
2+120,00	10,55	3,24	165,53	128,08	35.444,92	34.860,12
2+140,00	27,04	0	375,89	32,42	35.820,81	34.892,54
2+160,00	50,89	0	779,25	0,00	36.600,06	34.892,54
2+180,00	48,83	0,1	997,22	1,04	37.597,28	34.893,58
2+200,00	47,04	0,05	958,76	1,56	38.556,04	34.895,14

2+220,00	80,03	0	1270,73	0,51	39.826,77	34.895,65
2+240,00	146,32	0	2263,46	0,00	42.090,23	34.895,65
2+250,00	228,63	0	2081,16	0,00	44.171,39	34.895,65
2+260,00	304,09	0	2812,78	0,00	46.984,17	34.895,65
2+280,00	361,17	0	6652,59	0,00	53.636,76	34.895,65
2+300,00	320,53	0	6817,01	0,00	60.453,77	34.895,65
2+320,00	250,14	0	5706,72	0,00	66.160,49	34.895,65
2+340,00	200,51	0	4506,53	0,00	70.667,02	34.895,65
2+360,00	129,52	2,98	3300,30	29,82	73.967,32	34.925,47
2+380,00	85,17	3,15	2146,88	61,36	76.114,20	34.986,83
2+400,00	215,67	0	3008,40	31,54	79.122,60	35.018,37
2+420,00	410,01	0	6256,74	0,00	85.379,34	35.018,37
2+440,00	674,53	0	10845,38	0,00	96.224,72	35.018,37
2+450,00	789,97	0	7322,53	0,00	103.547,25	35.018,37
2+460,00	853,84	0	10207,62	0,00	113.754,87	35.018,37
2+470,00	855,67	0	10532,01	0,00	124.286,88	35.018,37
2+480,00	839	0	10420,17	0,00	134.707,05	35.018,37
2+500,00	790,79	0	18196,24	0,00	152.903,29	35.018,37
2+520,00	664,27	0	14550,61	0,00	167.453,90	35.018,37
2+540,00	487,36	0	11516,30	0,00	178.970,20	35.018,37
2+550,00	445,62	0	3419,47	0,00	182.389,67	35.018,37
2+560,00	461,63	0	2959,81	0,00	185.349,48	35.018,37
2+570,00	474,87	0	3072,40	0,00	188.421,88	35.018,37
2+580,00	517,17	0	3855,52	0,00	192.277,40	35.018,37
2+600,00	740,46	0	12576,30	0,00	204.853,70	35.018,37
2+620,00	844,34	0	15847,95	0,00	220.701,65	35.018,37
2+640,00	868,49	0	17128,31	0,00	237.829,96	35.018,37
2+660,00	778,16	0	16466,58	0,00	254.296,54	35.018,37
2+680,00	629,91	0	14080,73	0,00	268.377,27	35.018,37
2+700,00	504,81	0	11347,22	0,00	279.724,49	35.018,37
2+720,00	398,19	0	9029,98	0,00	288.754,47	35.018,37
2+740,00	340,67	0	7388,58	0,00	296.143,05	35.018,37
2+760,00	346,4	0	6870,69	0,00	303.013,74	35.018,37
2+770,00	342,7	0	2372,63	0,00	305.386,37	35.018,37
2+780,00	349,42	0	2240,92	0,00	307.627,29	35.018,37
2+790,00	353,92	0	2359,81	0,00	309.987,10	35.018,37
2+800,00	369,77	0	3475,08	0,00	313.462,18	35.018,37
2+820,00	186,86	0	5566,29	0,00	319.028,47	35.018,37
2+840,00	18,4	6,98	2052,65	69,75	321.081,12	35.088,12
2+860,00	0	23,41	184,01	303,84	321.265,13	35.391,96
2+870,00	0	26,93	0,00	246,21	321.265,13	35.638,17
2+880,00	0	27,78	0,00	259,24	321.265,13	35.897,41
2+890,00	0	23,69	0,00	243,18	321.265,13	36.140,59

2+900,00	3,16	10,49	15,80	170,94	321.280,93	36.311,53
2+920,00	11,07	1,52	142,28	120,12	321.423,21	36.431,65
2+940,00	0,65	6,62	117,14	81,36	321.540,35	36.513,01
2+960,00	0	53,47	6,46	600,87	321.546,81	37.113,88
2+980,00	0	117,97	0,00	1.714,40	321.546,81	38.828,28
2+990,00	0	138,93	0,00	1.280,86	321.546,81	40.109,14
3+000,00	0	155,41	0,00	1.459,57	321.546,81	41.568,71
3+020,00	0	170,62	0,00	3.260,33	321.546,81	44.829,04
3+040,00	0	188	0,00	3.586,19	321.546,81	48.415,23
3+060,00	0	210,05	0,00	3.980,47	321.546,81	52.395,70
3+080,00	0	218,71	0,00	4.287,56	321.546,81	56.683,26
3+100,00	0	236,48	0,00	4.551,91	321.546,81	61.235,17
3+120,00	0	242,06	0,00	4.775,62	321.546,81	66.010,79
3+130,00	0	235,04	0,00	2.365,19	321.546,81	68.375,98
3+140,00	0	226,05	0,00	2.292,43	321.546,81	70.668,41
3+160,00	0	208,73	0,00	4.347,80	321.546,81	75.016,21
3+180,00	0	185,11	0,00	3.938,42	321.546,81	78.954,63
3+200,00	0	141,21	0,00	3.263,15	321.546,81	82.217,78
3+220,00	0	106,42	0,00	2.467,91	321.546,81	84.685,69
3+230,00	0	97,88	0,00	989,70	321.546,81	85.675,39
3+240,00	0	112,05	0,00	1.013,89	321.546,81	86.689,28
3+260,00	0	103,9	0,00	2.121,86	321.546,81	88.811,14
3+270,00	0	102,58	0,00	987,59	321.546,81	89.798,73
3+280,00	0	102,87	0,00	988,01	321.546,81	90.786,74
3+290,00	0	104,58	0,00	1.011,57	321.546,81	91.798,31
3+300,00	0	86,2	0,00	937,31	321.546,81	92.735,62
3+310,00	0	60,62	0,00	717,16	321.546,81	93.452,78
3+320,00	0	36,95	0,00	479,91	321.546,81	93.932,69
3+340,00	15,89	6,65	150,86	443,56	321.697,67	94.376,25
3+350,00	26,61	2,75	185,43	50,83	321.883,10	94.427,08
3+360,00	25,42	2,58	228,17	29,04	322.111,27	94.456,12
3+370,00	22,22	5,67	207,96	44,72	322.319,23	94.500,84
3+380,00	20,72	9,93	184,51	81,60	322.503,74	94.582,44
3+390,00	23,05	7,71	187,00	90,76	322.690,74	94.673,20
3+400,00	35,67	1,84	251,89	49,79	322.942,63	94.722,99

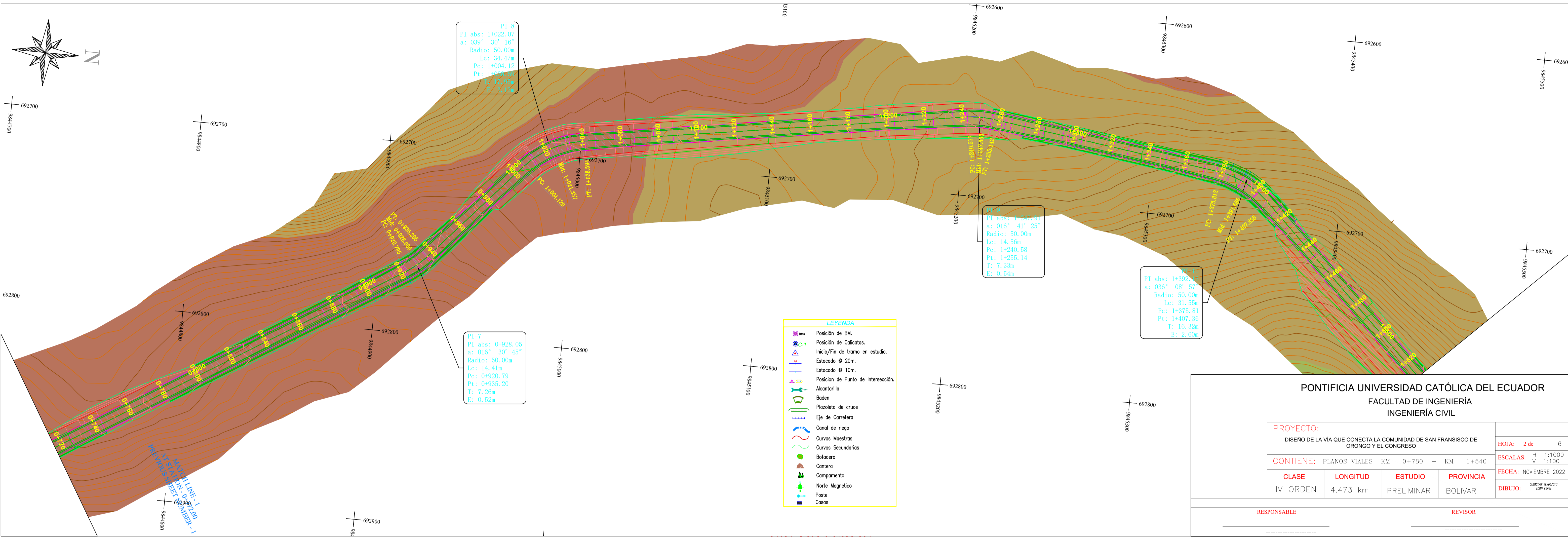
Fuente: Autores

Tabla 32. Movimiento de tierras del túnel propuesto.

MOVIMIENTO DE TIERRAS DEL TÚNEL PROPUESTO			
ABSCISAS	ÁREAS (m²)	VOL_PARCIALES (m³)	VOL_ACUMULADO (m³)
	Corte	Corte	Corte
3+420,00	31,81	636,17	636,17
3+440,00	31,81	636,17	1.272,35
3+450,00	31,81	318,09	1.590,43
3+460,00	31,81	318,09	1.908,52
3+470,00	31,81	318,09	2.226,60
3+480,00	31,81	318,09	2.544,69
3+490,00	31,81	318,09	2.862,78
3+500,00	31,81	318,09	3.180,86
3+520,00	31,81	636,17	3.817,04
3+540,00	31,81	636,17	4.453,21
3+560,00	31,81	636,17	5.089,38
3+570,00	31,81	318,09	5.407,47
3+580,00	31,81	318,09	5.725,55
3+600,00	31,81	636,17	6.361,73
3+620,00	31,81	636,17	6.997,90
3+640,00	31,81	636,17	7.634,07
3+650,00	31,81	318,09	7.952,16
3+660,00	31,81	318,09	8.270,24
3+670,00	31,81	318,09	8.588,33
3+680,00	31,81	318,09	8.906,42
3+690,00	31,81	318,09	9.224,50
3+700,00	31,81	318,09	9.542,59
3+720,00	31,81	636,17	10.178,76
3+730,00	31,81	318,09	10.496,85
3+740,00	31,81	318,09	10.814,93
3+750,00	31,81	318,09	11.133,02
3+760,00	31,81	318,09	11.451,11
3+780,00	31,81	636,17	12.087,28
3+800,00	31,81	636,17	12.723,45
3+820,00	31,81	636,17	13.359,62
3+830,00	31,81	318,09	13.677,71
3+840,00	31,81	318,09	13.995,80
3+850,00	31,81	318,09	14.313,88
3+860,00	31,81	318,09	14.631,97
3+870,00	31,81	318,09	14.950,05
3+880,00	31,81	318,09	15.268,14
3+900,00	31,81	636,17	15.904,31
3+920,00	31,81	636,17	16.540,49
3+940,00	31,81	636,17	17.176,66
3+950,00	31,81	318,09	17.494,74
3+960,00	31,81	318,09	17.812,83
3+970,00	31,81	318,09	18.130,92
3+980,00	31,81	318,09	18.449,00
4+000,00	31,81	636,17	19.085,18
4+010,00	31,81	318,09	19.403,26
4+020,00	31,81	318,09	19.721,35
4+030,00	31,81	318,09	20.039,43

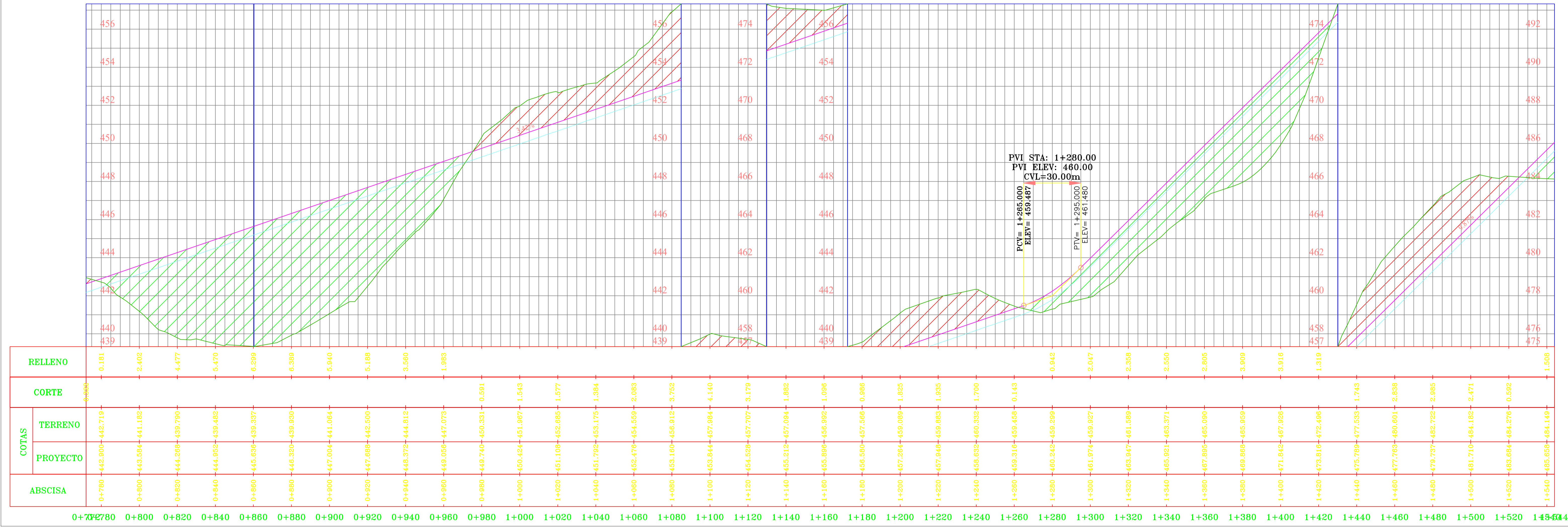
4+040,00	31,81	318,09	20.357,52
4+050,00	31,81	318,09	20.675,61
4+060,00	31,81	318,09	20.993,69
4+070,00	31,81	318,09	21.311,78
4+080,00	31,81	318,09	21.629,87
4+090,00	31,81	318,09	21.947,95
4+100,00	31,81	318,09	22.266,04
4+110,00	31,81	318,09	22.584,12
4+120,00	31,81	318,09	22.902,21
4+130,00	31,81	318,09	23.220,30
4+140,00	31,81	318,09	23.538,38
4+160,00	31,81	636,17	24.174,56
4+170,00	31,81	318,09	24.492,64
4+180,00	31,81	318,09	24.810,73
4+190,00	31,81	318,09	25.128,81
4+200,00	31,81	318,09	25.446,90
4+210,00	31,81	318,09	25.764,99
4+220,00	31,81	318,09	26.083,07
4+230,00	31,81	318,09	26.401,16
4+240,00	31,81	318,09	26.719,25
4+260,00	31,81	636,17	27.355,42
4+280,00	31,81	636,17	27.991,59
4+290,00	31,81	318,09	28.309,68
4+300,00	31,81	318,09	28.627,76
4+320,00	31,81	636,17	29.263,94
4+340,00	31,81	636,17	29.900,11
4+360,00	31,81	636,17	30.536,28
4+380,00	31,81	636,17	31.172,45
4+400,00	31,81	636,17	31.808,63
4+420,00	31,81	636,17	32.444,80
4+430,00	31,81	318,09	32.762,88
4+440,00	31,81	318,09	33.080,97
4+450,00	31,81	318,09	33.399,06
4+460,00	31,81	318,09	33.717,14
4+462,761	31,81	87,82	33.804,97

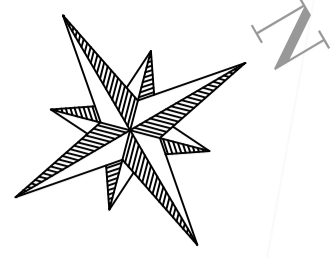
Fuente: Autores



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL

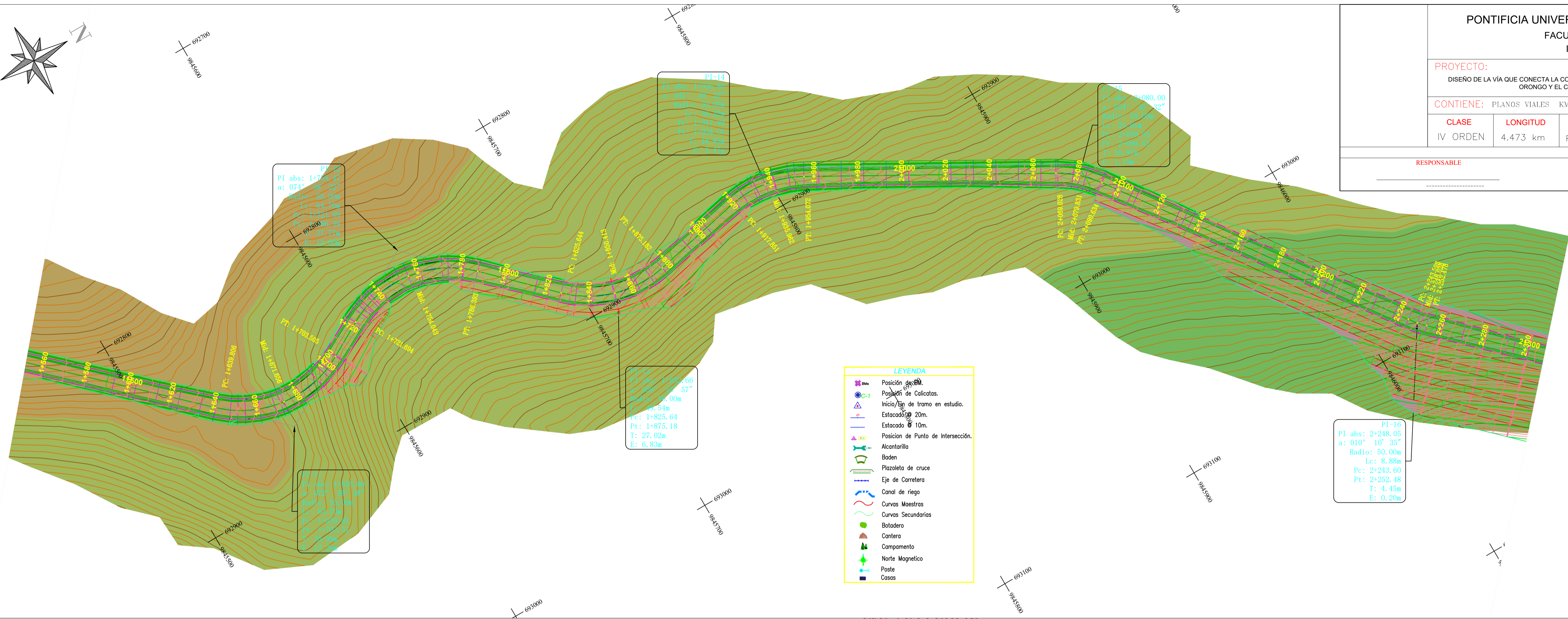
PROYECTO: DISEÑO DE LA VÍA QUE CONECTA LA COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO DE ORONGO Y EL CONGRESO				HOJA: 2 de 6
CONTIENE: PLANOS VIALES KM 0+780 - KM 1+540				ESCALAS: H 1:1000 V 1:100
CLASE IV ORDEN	LONGITUD 4.473 km	ESTUDIO PRELIMINAR	PROVINCIA BOLIVAR	FECHA: NOVIEMBRE 2022
RESPONSABLE				REVISOR





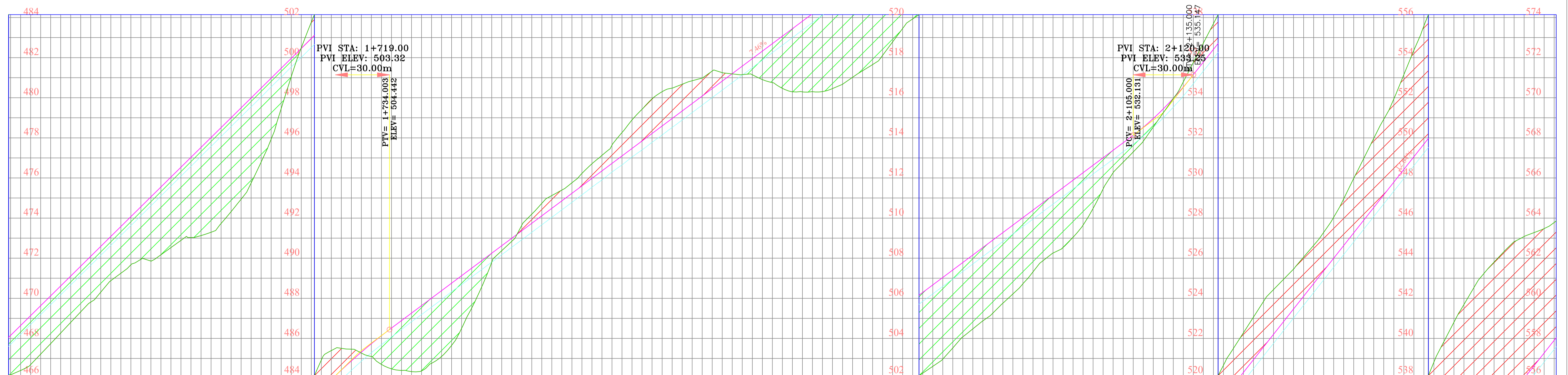
PROYECTO:				HOJA: 3 de 6
DISEÑO DE LA VÍA QUE CONECTA LA COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO DE ORONGO Y EL CONGRESO				ESCALAS: H 1:1000 V 1:100
CONTIENE: PLANOS VIALES KM 1+544 - KM 2+310		FECHA: NOVIEMBRE 2022		DIBUJO:
CLASE	LONGITUD	ESTUDIO	PROVINCIA	
IV ORDEN	4.473 km	PRELIMINAR	BOLIVAR	

RESPONSABLE _____ **REVISOR** _____



LEYENDA

- Posición de B.M.
- Posición de Calicatas.
- Inicio de tramo en estudio.
- Estacodero 20m.
- Estacodero 10m.
- Posición de Punto de Intersección.
- Alcantarilla
- Borden
- Pizoleta de cruce
- Eje de Carretera
- Canal de riego
- Curvas Maestras
- Curvas Secundarias
- Baladara
- Cantera
- Campamento
- Norte Magnético
- Poste
- Casas



RELLENO	2.413	2.279	2.333	3.383	4.397	4.581	2.015	0.047	2.466	3.277	1.309	0.273	0.536	0.773	1.576	1.334	0.420	1.418	3.522	4.635	4.687	4.026	3.709	3.525	2.897	2.614	0.969	0.194	0.948	1.974	2.100	1.921	3.077	4.727	6.892	7.763	7.070	6.683					
CORTE																																											
COTAS	TERRENO	487.631	489.605	489.246	490.170	491.129	492.939	497.458	502.921	503.271	504.889	505.105	506.566	509.640	511.396	513.126	515.424	516.672	517.250	516.905	519.294	521.674	522.801	524.266	525.078	523.765	525.875	527.651	530.789	533.250	535.727	538.082	540.282	542.945	545.286	548.972	553.150	557.844	561.244	565.080	568.683		
	PROYECTO	487.631	489.605	489.246	490.170	491.129	492.939	497.458	502.921	503.271	504.889	505.105	506.566	509.640	511.396	513.126	515.424	516.672	517.250	516.905	519.294	521.674	522.801	524.266	525.078	523.765	525.875	527.651	530.789	533.250	535.727	538.082	540.282	542.945	545.286	548.972	553.150	557.844	561.244	565.080	568.683		
ABSCISA	1+544	1+560	1+580	1+600	1+620	1+640	1+660	1+680	1+700	1+720	1+740	1+760	1+780	1+800	1+820	1+840	1+860	1+880	1+900	1+920	1+940	1+960	1+980	2+000	2+020	2+040	2+060	2+080	2+100	2+120	2+140	2+160	2+180	2+200	2+220	2+240	2+260	2+280	2+300	2+310			

