



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**APLICACIÓN DE LA NORMA DE DISEÑO GEOMÉTRICO MOP 2003 EN EL
PROGRAMA CIVIL 3D UTILIZADO EN EL DISEÑO VIAL EN ECUADOR**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingenieros Civiles

AUTORES: Bryan Germán Aguirre Beltrán
Diego Javier Guerra Pozo
TUTOR: Hugo Patricio Carrión Latorre

Quito - Ecuador
2023

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Bryan Germán Aguirre Beltrán con documento de identificación No 1717218554 y Diego Javier Guerra Pozo con documento de identificación No 1722017108; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 07 de marzo del 2023

Atentamente,



Bryan Germán Aguirre Beltrán
1717218554



Diego Javier Guerra Pozo
1722017108

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Bryan Germán Aguirre Beltrán con documento de identificación N° 1717218554 y Diego Javier Guerra Pozo con documento de identificación N° 1722017108; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Aplicación de la Norma de Diseño Geométrico MOP 2003 en el programa Civil 3D utilizado en el Diseño vial en Ecuador”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Civiles, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 07 de marzo del 2023

Atentamente,



Bryan Germán Aguirre Beltrán
1717218554



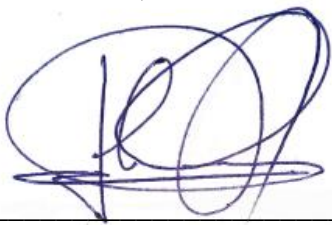
Diego Javier Guerra Pozo
1722017108

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Hugo Patricio Carrión Latorre con documento de identificación N° 0603015728, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: APLICACIÓN DE LA NORMA DE DISEÑO GEOMÉTRICO MOP 2003 EN EL PROGRAMA CIVIL 3D UTILIZADO EN EL DISEÑO VIAL EN ECUADOR, realizado por Diego Javier Guerra Pozo con documento de identificación N° 1722017108 y Bryan Germán Aguirre Beltrán con documento de identificación N° 1717218554, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 07 de marzo del 2023

Atentamente,



Ing. Hugo Patricio Carrión Latorre, MSc.

0603015728

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi madre y a mi padre que nunca dudaron de mi y hoy se refleja con este gran trabajo de titulación. Esta dedicado a mi hermana Viviana por todo el cariño y apoyo brindado durante toda mi vida universitaria.

Bryan Aguirre

AGRADECIMIENTO

Los agradecimientos van dirigidos para Gloria y Wilson que son mis padres que financiaron todo y más allá de eso el cariño que me dieron apoyando mis estudios, agradezco tener unos padres tan buenos que quisieron ver crecer a su hijo y ser profesional.

Agradezco al Ing. Hugo Carrión por la oportunidad y la confianza brindada para el desarrollo de este trabajo de titulación.

Y finalmente agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana a la Dirección de Carrera de Ingeniería Civil por un excelente trabajo docente.

Bryan Aguirre

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, su bendición a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino correcto, seguiré trabajando fuertemente para que celebremos muchas metas cumplidas más y siempre estén orgullosos de mí, este nuevo logro es para ustedes, Amadito y Clarita lo logramos.

Diego Guerra

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por la vida y por su infinito amor.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, por enseñarme siempre que con esfuerzo y dedicación no hay meta inalcanzable, a ellos les debo todo lo que tengo y todo lo que soy, gracias a mis hermanos y sobrinos por estar siempre conmigo, gracias por el amor de familia.

Gracias a la Universidad Politécnica Salesiana y a mis queridos maestros y compañeros por sus enseñanzas y por ser parte de esta etapa de mi camino.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo.

Diego Guerra

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Problema.....	2
1.4. Delimitación	2
1.5. Justificación.....	2
1.6. Objetivos	4
1.1.1. Objetivo General:.....	4
1.1.2. Objetivos Específicos:	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Civil 3D	5
2.2. Diseño geométrico de carreteras	5
2.3. Normas de diseño geométrico	5
2.4. AASHTO 2011	6
2.5. MOP 2003	6
CAPÍTULO III	7
METODOLOGÍA	7
3.1. Tipo de Investigación	7
3.2. Método	7
3.3. Técnica de recolección de información.....	7
3.4. Proceso técnico de Ingeniería Civil.....	8
CAPÍTULO IV	9
DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN	9
4.1. Análisis de funcionamiento del fichero AASHTO 2011 en Civil 3D.....	9
4.1.1. Alignments (Alineación Horizontal)	9
4.1.2. Perfiles	30
4.2. Estudio comparativo AASHTO 2011 con MOP 2003	40
4.2.1. Velocidad de diseño.....	41
4.2.2. Alineamiento Horizontal	43
4.2.3. Perfil Vertical	57
4.3. Investigación de parametrización para un nuevo fichero en CIVIL 3D	60
4.3.1. Design Criteria Editor.....	60
4.3.2. Barra de herramientas del editor de criterio	60
4.3.3. Design Check (Chequeos de diseño).....	62
4.4. Implementación del fichero	66
4.4.1. Alineamiento Horizontal	66
4.4.2. Transición de peraltes.....	70

4.4.3. Chequeos para la longitud de la espiral	72
4.4.4. Creación de chequeos en la ventana “Design Check Set – MOP (2003)”	74
4.4.5. Chequeo de longitud tangente intermedia mínima	74
4.4.6. Chequeo del radio mínimo de curva circular.....	77
4.4. Elaboración de la guía de uso del fichero	78
CAPÍTULO V	97
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	97
5.1. Pruebas en un diseño con topografía llana	97
5.1.1. Análisis de la topografía	97
5.1.2. Alineamientos	98
5.1.3. Transición del peralte	103
5.1.4. Perfil	106
5.2. Pruebas en un diseño con topografía ondulada	108
5.2.1. Análisis de la topografía	108
5.2.2. Alineamientos	109
5.2.3. Transición del peralte	112
5.2.4. Perfil	114
5.3. Pruebas en un diseño con topografía montañosa	117
5.3.1. Análisis de la topografía	117
5.3.2. Alineamiento	118
5.3.3. Transición del peralte	124
5.3.4. Perfil	127
CAPÍTULO VI	131
VERIFICACIÓN EN TIPOS DE TERRENO	131
6.1. Verificación en un diseño vial en terreno llano.....	131
6.1.1. Alineamiento	131
6.1.2. Alineamiento usando MOP	131
6.1.3. Transición del peralte	134
6.1.4. Perfil	136
6.2. Verificación en un diseño vial en terreno ondulado.....	138
6.2.1. Alineamiento	138
6.2.2. Alineamiento usando MOP	138
6.2.3. Transición del peralte	143
6.2.4. Perfil	145
6.3. Verificación en un diseño vial en terreno montañoso	148
6.3.1. Alineamiento	148
6.3.2. Alineamiento usando MOP	148
6.3.3. Transición del peralte	152
6.3.4. Perfil	154
CONCLUSIONES	157

RECOMENDACIONES	160
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	161
BIBLIOGRAFÍA.....	167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	
Valores de K para el control de diseño en curvas verticales convexas.....	34
Tabla 2	
Distancia de visibilidad de rebasamiento.....	35
Tabla 3	
Sag Curve (Coeficiente K para curvas cóncavas).....	37
Tabla 4	
Velocidad de diseño.....	42
Tabla 5	
Radios mínimos según la norma MOP	45
Tabla 6	
Valores límites permisibles de “f” según el estado del pavimento.....	46
Tabla 7	
Gradiente Longitudinal (i, %) necesaria para el desarrollo del peralte.....	50
Tabla 8	
Valores mínimos recomendables de longitud de espiral.....	55
Tabla 9	
Coeficiente K en función de la distancia de visibilidad de parada	58
Tabla 10	
Coeficiente K en función de la distancia de visibilidad de parada e iluminación.	59
Tabla 11	
Tablas de curvas.....	138
Tabla 12	
Tablas de curvas.....	142
Tabla 13	
Tablas de curvas.....	151

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	
Carpeta Alignments del fichero AASHTO 2011	9
Figura 2.	
Minimum Radius Tables.....	11
Figura 3.	
Design Superelevation Rates for Maximum Superelevation Rate of 4%	12
Figura 4.	
Design Superelevation Rates for Maximum Superelevation Rate of 6%	13
Figura 5.	
Design Superelevation Rates for Maximum Superelevation Rate of 8%	13
Figura 6.	
Design Superelevation Rates for Maximum Superelevation Rate of 10%	14
Figura 7.	
Design Superelevation Rates for Maximum Superelevation Rate of 12%	14
Figura 8.	
Design Carpeta Superelevation Attainment Methods del fichero AASHTO 2011	15
Figura 9.	
Diagrama de peralte	16
Figura 10.	
Fórmulas de longitud de transición.....	16
Figura 11.	
Elementos de transición del programa AutoCAD Civil 3D.....	17
Figura 12.	
Método para el cálculo de longitud de transición estándar.....	18
Figura 13.	
Transición del peralte para el método estándar (Crowned Roadway)	19
Figura 14.	
Fórmulas de Transition Style Planar.....	20
Figura 15.	
Diagrama de peralte para método de transición plana	21
Figura 16.	
Editor de Criterio de diseño método carretera plata	22
Figura 17.	
Carpeta Superelevation Tables	23
Figura 18.	
Superelevation by Design Speed	24
Figura 19.	
Longitud de transición en 2 carriles y 4 carriles	25
Figura 20.	
Carpeta Widening Methods	26

Figura 21.	
Componentes del sobreebanco	27
Figura 22.	
Anchura del carril más factor de separación lateral.....	28
Figura 23.	
Alero del vehículo.....	28
Figura 24.	
Extra ancho sobre el eje	29
Figura 25.	
Distancias consideradas para determinar la distancia horizontal de visibilidad.	30
Figura 26.	
Tipos de curvas	31
Figura 27.	
Distancia de visibilidad y de rebasamiento.....	32
Figura 28.	
Tabla de verificación K para distancia de frenado.....	33
Figura 29.	
Tabla de verificación K para distancia de rebasamiento	36
Figura 30.	
Esquema de una curva vertical cóncava	38
Figura 31.	
Headlight Sight Distance	40
Figura 32.	
Radios mínimos de las normas MOP y AASHTO.....	44
Figura 33.	
Perfil vertical de una carretera en CIVIL 3D.....	49
Figura 34.	
Transición del peralte curva circular.....	51
Figura 35.	
Curva espiral	52
Figura 36.	
Curva compuesta.....	52
Figura 37.	
Diagrama de peraltes de una curva espiral – círculo – espiral.....	54
Figura 38.	
Distribución del sobreebanco	57
Figura 39.	
Menú modificar del alineamiento.	60
Figura 40.	
Herramientas del Editor de Criterio de diseño.....	61

Figura 41.	
Carpetas del fichero	61
Figura 42.	
Chequeos normativos de longitudes	62
Figura 43.	
Chequeo tangente intermedia mínima	63
Figura 44.	
Subdivision curve.....	64
Figura 45.	
Chequeo de longitud de la espiral.....	65
Figura 46.	
Configuraciones de dibujo pestaña Abreviaturas en civil 3D.....	66
Figura 47.	
Tablas de Radio mínimo	67
Figura 48.	
Radio mínimo con peralte máximo de 8%	68
Figura 49.	
Radio mínimo con peralte máximo de 10%	69
Figura 50.	
Fichero para curva circular	70
Figura 51.	
Transición para curva circular	71
Figura 52.	
Fichero para uso en espirales	72
Figura 53.	
Fórmula para tasa de transición de peralte.....	73
Figura 54.	
Fórmula para cálculo de longitud de transición de peralte.	74
Figura 55.	
Chequeo tangente intermedia mínima	75
Figura 56.	
Chequeo de longitud de espiral mínima (Le).....	76
Figura 57.	
Chequeo de la longitud espiral mínima (Lmin)	76
Figura 58.	
Subdivision curve.....	77
Figura 59.	
Selección de alineamiento.....	78
Figura 60.	
Propiedades del alineamiento	79

Figura 61.	
Importación del archivo XML	80
Figura 62.	
Alignment Proprieties	81
Figura 63.	
Aviso de cambio de criterio de diseño	82
Figura 64.	
Selección de tabla de radio mínimo	83
Figura 65.	
Tablas de longitud de peralte	84
Figura 66.	
Método de transición del peralte.....	85
Figura 67.	
Set de chequeos.....	86
Figura 68.	
Selección de alineamiento.....	87
Figura 69.	
Calculation/Edit Superelevation	88
Figura 70.	
Superelevation Curve Manager.....	89
Figura 71.	
Seleccione las curvas a ser calculadas	90
Figura 72.	
Método de pivot	91
Figura 73.	
Lines (Carriles)	92
Figura 74.	
Shoulder control (Control de peralte en espaldón)	93
Figura 75.	
Método de transición.....	94
Figura 76.	
Resultado de cálculo de peralte.....	95
Figura 77.	
Importar estilos	96
Figura 78.	
Propiedades del alineamiento	98
Figura 79.	
Alineamiento en terreno llano creado en CIVIL 3D.....	99
Figura 80.	
Lista de curvas	100

Figura 81.	
Propiedades del alineamiento	101
Figura 82.	
Lista de curvas	102
Figura 83.	
Calculate Superelevation	103
Figura 84.	
Create Superelevation View	104
Figura 85.	
Diagrama de peraltes.....	105
Figura 86.	
Runout - Runoff	106
Figura 87.	
Lista de curvas verticales	107
Figura 88.	
Alineamiento en terreno llano creado en CIVIL 3D.....	109
Figura 89.	
Propiedades del alineamiento	110
Figura 90.	
Lista de curvas	111
Figura 91.	
Calculated superelevation	112
Figura 92.	
Diagrama de peraltes asistido	113
Figura 93.	
Lista de curvas verticales	115
Figura 94.	
Perfil Vertical con valor de K de PVI 1	116
Figura 95.	
Alineamiento en terreno montañoso creado en CIVIL 3D	119
Figura 96.	
Propiedades del alineamiento	120
Figura 97.	
Listado de curvas	121
Figura 98.	
Lista de curvas	123
Figura 99.	
Aviso de Chequeo de diseño.....	124
Figura 100.	
Calculate Superelevation	125

Figura 101.	
Diagrama de peraltes asistido	126
Figura 102.	
Propiedades del perfil y tablas de K según normativa	127
Figura 103.	
Lista de curvas verticales	128
Figura 104.	
Lista de curvas verticales	129
Figura 105.	
Perfil Vertical.....	130
Figura 106.	
Diseño en terreno llano creado en CIVIL 3D	132
Figura 107.	
Lista de curvas con MOP	133
Figura 108.	
Transición de peralte.....	135
Figura 109.	
Lista de curvas verticales	137
Figura 110.	
Diseño en terreno ondulado creado en CIVIL 3D	139
Figura 111.	
Lista de curvas con MOP	141
Figura 112.	
Diagrama de peralte	144
Figura 113.	
Perfil vertical con bandas activas.....	146
Figura 114.	
Lista de curvas verticales	147
Figura 115.	
Diseño en terreno montañoso creado en CIVIL 3D.....	149
Figura 116.	
Lista de curvas con MOP	150
Figura 117.	
Diagrama de peralte	153
Figura 118.	
Lista de curvas verticales	155

RESUMEN

Aplicar la norma de diseño geométrico MOP 2003 en el programa Civil 3D, utilizando un fichero, con el fin de verificar los parámetros de diseño de la norma ecuatoriana. Durante el diseño en Civil 3D el ingeniero civil vial ingresa los datos topográficos al programa creando un alineamiento que tiene como criterio de diseño por defecto la norma AASHTO y al momento de ejecutar el análisis en el programa este verifica en base a esta norma y da alertas que no corresponden a la normativa de nuestra región a lo cual nace la interrogante ¿Cómo aplicar la norma ecuatoriana de diseño geométrico de carreteras MOP 2003 en el software Civil 3D?

En este trabajo se presenta como aplicar la norma de diseño geométrico MOP 2003 en el programa Civil 3D cargando un fichero que contiene toda la normativa ecuatoriana con el fin de verificar los parámetros de diseño.

El tipo de investigación que se utilizó para este proyecto es el tipo de investigación documental, específicamente la investigación secundaria ya que se basó en la búsqueda de información de distintas fuentes, lectura de documentos, recopilación de información publicada en sitios oficiales, manuales de usuarios entre otros. (Alfonzo, 1994).

El método de investigación que se utilizó para este proyecto es el método de proyectos ya que se aplicó una extensa investigación además de los conocimientos y habilidades adquiridos durante el estudio de la carrera de ingeniería civil. (Tamayo, 2004).

La técnica de recolección que se usó en este proyecto es la técnica secundaria ya que la información que se utilizó fue tomada de documentos, publicaciones, normas, todo debidamente de fuentes

validadas que permitan tener la certeza que la información con la que se trabajará es veraz. (Bernal, 2018).

El procedimiento de este trabajo de investigación inició con el estudio de la situación actual del fichero AASHTO del Civil 3D, se visualizó como se encuentra estructurado y se analizó el funcionamiento de las validaciones dentro de un diseño geométrico vial. Por otro lado, se investigó la normativa MOP 2003, vigente para el diseño geométrico vial en Ecuador. Una vez levantada esta información se realizó el análisis de las alternativas para modificar los parámetros del fichero actual. Luego de esto, se evaluó y se decidió modificar sobre el ya existente.

Se procedió con la elaboración del fichero según lo definido en la normativa MOP 2003, evaluando la posibilidad de parametrizar toda la estructura que indica la norma, una vez que el fichero se implementó, se realizó pruebas del funcionamiento sobre un diseño geométrico vial realizado en el Civil 3D y se validó su correcto funcionamiento para finalmente se elaboró una guía de uso del fichero, donde se explica detalladamente el funcionamiento de este, a fin de que resulte más sencilla su aplicación.

Palabras Clave: Fichero, Parametrizar, Norma de Diseño.

ABSTRACT

Apply the MOP 2003 geometric design standard in the Civil 3D program, using a file, in order to verify the design parameters of the Ecuadorian standard. During the design in Civil 3D, the civil road engineer enters the topographic data into the program, creating an alignment that has the AASHTO standard as default design criteria and when executing the analysis in the program, it verifies based on this standard and gives alerts. that do not correspond to the regulations of our region to which the question arises: How to apply the Ecuadorian standard of geometric design of roads MOP 2003 in the Civil 3D software?

This paper presents how to apply the MOP 2003 geometric design standard in the Civil 3D program by loading a file that contains all the Ecuadorian standards in order to verify the design parameters.

The type of investigation that was used for this project is the type of documentary investigation, specifically the secondary investigation since it was based on the search for information from different sources, reading of documents, compilation of information published on official sites, user manuals among others. others. (Alphonzo, 1994).

The research method that was used for this project is the project method since extensive research was applied in addition to the knowledge and skills acquired during the study of the civil engineering career. (Tamayo, 2004).

The collection technique that was used in this project is the secondary technique since the information that was used was taken from documents, publications, standards, all duly from validated sources that allow us to be certain that the information with which we will work is true. . (Bernal, 2018).

The procedure of this research work began with the study of the current situation of the AASHTO Civil 3D file, it was visualized how it is structured and the operation of the validations within a geometric road design was analyzed. On the other hand, the MOP 2003 regulations, in force for geometric road design in Ecuador, were investigated. Once this information was collected, the analysis of the alternatives to modify the parameters of the current file was carried out. After this, it was evaluated and it was decided to modify the existing one.

We proceeded with the elaboration of the file as defined in the MOP 2003 regulations, evaluating the possibility of parameterizing the entire structure indicated by the norm, once the file was implemented, performance tests were carried out on a geometric road design carried out in the Civil 3D and its correct operation was validated to finally elaborate a guide for the use of the file, where its operation is explained in detail, in order to make its application easier.

Keywords: File, Parameterize, Design Standard.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1.Introducción

En Ecuador el Ingeniero Civil vial utiliza el programa AutoCAD Civil 3D para el diseño geométrico de carreteras, por lo general se usa solamente para generar la documentación y planos, sin realizar una verificación asistida por el computador. Esto ocurre porque el programa viene por defecto con la norma americana AASHTO.

La casa Autodesk que es la creadora del programa AutoCAD Civil 3D en sus últimas actualizaciones ofrece la posibilidad de la edición y creación de criterio de diseño para adaptarse a normativas de cualquier región. Incluso dispone dos sistemas de unidades. Métrico e Imperial.

En este trabajo se va a crear un fichero el cual podrá seleccionarse como criterio de diseño al iniciar la creación de un alineamiento. Activado el fichero el programa podrá asistir en la creación de curvas horizontales y verticales agilizando el diseño de vías.

La ventaja que tiene el usuario al cargar el fichero son ecuaciones y tablas precargadas con valores permitidos por la norma MOP (2003) para el diseño geométrico de carreteras. El programa Civil 3D realiza interpolaciones automáticas, verificación de longitudes, cálculo de peraltes, verificación de distancia de visibilidad y de frenado. Logrando buenos diseños, seguros y dentro de la norma.

Para demostrar el funcionamiento del fichero MOP 2003 se pone a prueba diseños viales en tres tipos de terrenos que son terreno llano, terreno ondulado y terreno montañoso. Encontrando datos muy interesantes sobre los diseños analizados.

1.2.Antecedentes

En Ecuador a partir del año 2003 el Ministerio de Obras Públicas pone en vigencia la norma técnica de diseño geométrico de carreteras y caminos vecinales, conocida como “MOP 2003”. El Ingeniero Civil vial se rige a la norma para un adecuado diseño de vías garantizando la seguridad en función del tipo de tráfico y tipo de terreno. Frente a la magnitud de datos y variables a procesar es necesario el uso de un software, en este caso “CIVIL 3D” que por medio de procesamiento de datos topográficos permite obtener un diseño vial.

El programa por defecto maneja criterios de diseño basándose en la norma americana AASHTO. Por lo tanto, el programa no contiene ninguna información de la norma MOP 2003.

En este punto el Ingeniero Civil vial que realiza el diseño para una vía en Ecuador se ve obligado a ignorar mensajes de alerta del programa y luego realiza la verificación del diseño de forma manual. Lo cual genera imprecisiones y una baja productividad en la planificación. Sin embargo, se ha venido trabajando así ya muchos años combinando con el uso de Excel y desaprovechando las herramientas que ofrece el software.

1.3.Problema

¿Cómo aplicar la norma ecuatoriana de diseño geométrico de carreteras MOP 2003 en el software Civil 3D?

1.4.Delimitación

Creando el fichero MOP 2003 no se limitará para el diseño de vías de un cantón o de una sola provincia, sino que se aplicará para diseño de carreteras de todo el Ecuador.

1.5.Justificación

Durante la formación académica universitaria, se ha utilizado CIVIL 3D para el diseño de vías usando la verificación de la normativa americana conocida como (AASHTO, 2011)AASHTO

como criterio de diseño, generando errores y falsas alertas que son ignoradas por el ingeniero civil vial porque realiza la verificación manual. Por esta realidad surge la idea para este proyecto técnico.

Los beneficiarios de la implementación de este fichero con la normativa MOP 2003 en el software Civil 3D serán los estudiantes y profesionales en general que requieran realizar el diseño vial para una carretera en el territorio ecuatoriano.

Una vez realizada la investigación del funcionamiento actual del fichero que maneja el programa Civil 3D, se determina que es factible llevar a cabo este proyecto, es decir generar un fichero con distintos parámetros a los ya existentes, en el que se contará con toda la información relacionada a la normativa técnica ecuatoriana vigente MOP 2003 que describen los parámetros de diseño vial en las carreteras de Ecuador.

A partir de este trabajo de titulación se busca motivar a futuros profesionales y estudiantes a aplicar normas ecuatorianas en los distintos softwares de diseño de ingeniería civil. No solamente en el ámbito vial si no también en distintas ramas como estructurales, sanitarias, urbanísticas, entre otras y no depender de las normas que vienen parametrizadas por defecto en cada software que en su mayoría no concuerdan con la normativa vigente en Ecuador.

1.6.Objetivos

1.1.1. Objetivo General:

Aplicar la norma de diseño geométrico MOP 2003 en el programa Civil 3D, utilizando un fichero, con el fin de verificar los parámetros de diseño de la norma ecuatoriana.

1.1.2. Objetivos Específicos:

Recopilar información actual de la normativa MOP 2003, a través del análisis de la documentación oficial del Ministerio de Obras Públicas, con el fin de crear el fichero de Civil 3D.

Realizar el diseño geométrico en los diferentes tipos de terrenos (llano, ondulado, montañoso) aplicando el fichero en Civil 3D, para verificar los parámetros técnicos del diseño vial.

Analizar las diferencias entre la normativa AASHTO y MOP 2003 mediante la evaluación de los parámetros técnicos de cada una, para definir la estructura del fichero.

Elaborar una guía de aplicación donde explicará paso a paso la configuración del criterio de diseño MOP 2003 en el programa CIVIL 3D para un fácil uso del fichero.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Civil 3D

Es un software diseñado para el modelamiento de información de construcción (Building Information Modeling BIM), ampliamente utilizado en la rama de la ingeniería civil ya que permite realizar el cálculo, diseño de infraestructura diversa y documentación (Autodesk Journal, 2020). Debido a que es un producto de Autodesk comparte herramientas con AutoCAD 2D y 3D lo que lo vuelve robusto. Entre las funciones más utilizadas podemos citar el diseño geométrico vial, diseño de red de tuberías, diseño de plataformas, generación de superficies de terreno, generación de reportes de volumen, generación de perfil longitudinal, generación de secciones transversales. (Carrera, 2017)

2.2. Diseño geométrico de carreteras

El diseño geométrico de carreteras consiste en determinar e integrar los elementos geométricos que componen la vía en su estructura tridimensional, esto es: largo, ancho y alto; puede llevarse a cabo para construir una vía nueva o mejorar una existente. (Grisales, 2013). Este proceso inicia con el diseño horizontal o planta que es la vista desde arriba, diseño vertical o de perfil longitudinal en el que se toma una de las longitudes horizontales y se combina con la vertical (cota); y finalmente el diseño transversal que considera el ancho de la vía y la dimensión vertical. (Jiménez, 2007)

2.3. Normas de diseño geométrico

Las normas de diseño geométrico son el conjunto de reglas y requisitos, establecidos por un ente regulador, que deben cumplirse para ejecutar un diseño vial y que el mismo sea conforme

con la normativa vigente. Existen varias normas de diseño geométrico y la selección de la más pertinente viene dada por el espacio geográfico en el que se llevará a cabo la implementación del diseño vial ya que generalmente cada país tiene su propia normativa. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013)

2.4. AASHTO 2011

Norma vigente para el diseño geométrico vial en Estados Unidos, definida por la Asociación de Carreteras Estatales y Transportes de Estados Unidos, contiene los requerimientos técnicos que deben cumplirse al realizar el diseño de una autopista. (AASHTO, 2011).

2.5. MOP 2003

Norma vigente para el diseño geométrico vial de carreteras y caminos vecinales en Ecuador, fue definida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, engloba una serie de requisitos y parámetros que deben cumplirse al realizar el diseño vial. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2003)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación que se utilizará para este proyecto es el tipo de investigación documental, específicamente la investigación secundaria ya que se basa en la búsqueda de información de distintas fuentes, lectura de documentos, recopilación de información publicada en sitios oficiales, manuales de usuarios entre otros. (Alfonzo, 1994).

3.2. Método

El método de investigación que se utilizará para este proyecto es el método de proyectos ya que se aplicará una extensa investigación además de los conocimientos y habilidades adquiridos durante el estudio de la carrera de ingeniería civil, enfocados en dar solución a una problemática, específicamente a la necesidad de contar con un software de diseño geométrico vial que realice las validaciones pertinentes respecto a una normativa local. Este método de investigación es ampliamente utilizado para resolver problemas técnicos por lo que se le conoce también como proceso tecnológico. (Tamayo, 2004).

3.3. Técnica de recolección de información

La técnica de recolección que se usará en este proyecto es la técnica secundaria ya que la información que se utilizará será tomada de documentos, publicaciones, normas, todo debidamente de fuentes validadas que permitan tener la certeza que la información con la que se trabajará es veraz. (Bernal, 2018).

3.4. Proceso técnico de Ingeniería Civil

El procedimiento de este trabajo de investigación inició con el estudio de la situación actual del fichero AASHTO del Civil 3D, se visualizó como se encontraba estructurado y se analizó el funcionamiento de las validaciones dentro de un diseño geométrico vial. Por otro lado, se investigó la normativa MOP 2003, vigente para el diseño geométrico vial en Ecuador. Una vez levantada esta información se realizó el análisis de las alternativas para modificar los parámetros del fichero actual. Luego de esto, se evaluó las alternativas y se decidió la modificación del fichero existente.

Se procederá con la elaboración del fichero según lo definido en la normativa MOP 2003, evaluando si se puede parametrizar toda la estructura que indica la norma y en caso de que no sea posible, determinar alternativas de solución.

Una vez que el fichero esté implementado, se realizará pruebas del funcionamiento sobre un diseño geométrico vial realizado en el Civil 3D y se validará su correcto funcionamiento. En caso de que presente alguna inconsistencia se investigará y definirá las acciones de mejora.

Finalmente se elaborará una guía de uso del fichero, donde se explicará detalladamente el funcionamiento de este, a fin de que resulte más sencilla su aplicación.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

4.1. Análisis de funcionamiento del fichero AASHTO 2011 en Civil 3D

El fichero contiene normas mínimas de diseño de alineación horizontal y vertical. Se compone de tablas con valores de los elementos de diseño de carreteras que se toman de “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets”, 6th Edition, 2011, conocido como "Green Book," publicado por AASHTO.

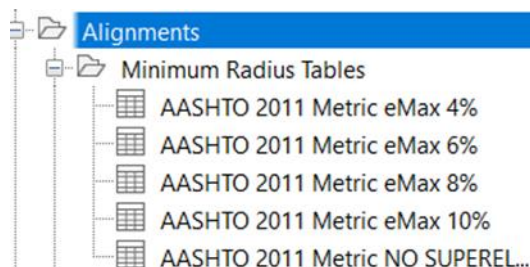
AutoCAD Civil 3D proporcionan los archivos de normas de diseño adicionales en este caso analizamos el fichero “Autodesk Civil 3D Imperial (2011) Roadway Design Standards.xml” Por defecto, estos archivos se instalan en la carpeta siguiente: C:\Datos de programa\Autodesk\C3D 2023\<idioma>\Data\Corridor Design Standards\<unidades>.

4.1.1. Alignments (Alineación Horizontal)

La carpeta “Alignments” contiene radios mínimos para carreteras con y sin peralte para velocidad de proyecto desde 20 km/h. El peralte $e_{Max}=2.0\%$ se ha reemplazado por RC (eliminación de bombeo adverso) en todas las tablas.

Figura 1.

Carpeta Alignments del fichero AASHTO 2011



Nota. Esta carpeta contiene los Radios mínimos que se usan en la verificación. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

4.1.1.1. Minimum Radius Tables (Tabla de radios mínimos)

El Radio se calcula en función de la velocidad de diseño (V) tomando el valor de la tabla 3-6 “Average Running Speeds” (ver anexo 1) y de (f) Factor de fricción de la calzada de la ecuación (3-7) de la AASHTO (2011).

Ecuación 1:

Ecuación para el cálculo de fricción de la calzada

$$f = \frac{V^2}{127R} - 0.01e. \quad (3-7)$$

El mínimo radio de curvatura se calcula con la ecuación (3-8) de la AASHTO 2011.

Ecuación 2:

Ecuación para el cálculo del mínimo radio de curvatura

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(0.01e_{min} + f_{max})} \quad (3-8)$$

El fichero usa la tabla 3-7 “Minimum Radius Using Limiting Values of e and f” (ver anexo 2. Radio Mínimo). A continuación, se presenta un ejemplo para un peralte de eMax=4%.

Figura 2.

Minimum Radius Tables

The screenshot shows the 'Design Criteria Editor' window for 'Autodesk Civil 3D Metric (2011) Roadway Design Standards.xml'. The left pane shows a tree view with 'Minimum Radius Tables' selected, and 'AASHTO 2011 Metric eMax 4%' highlighted. The main area displays a table with 'Speed' and 'Radius' columns. The table contains the following data:

Speed	Radius
15	4
20	8
30	22
40	47
50	86
60	135
70	203
80	280
90	375
100	492

Below the table is a 'Comments' text area. At the bottom of the window, there are buttons for 'Save and Close', 'Cancel', and 'Help', and a checkbox for 'Make file read-only'.

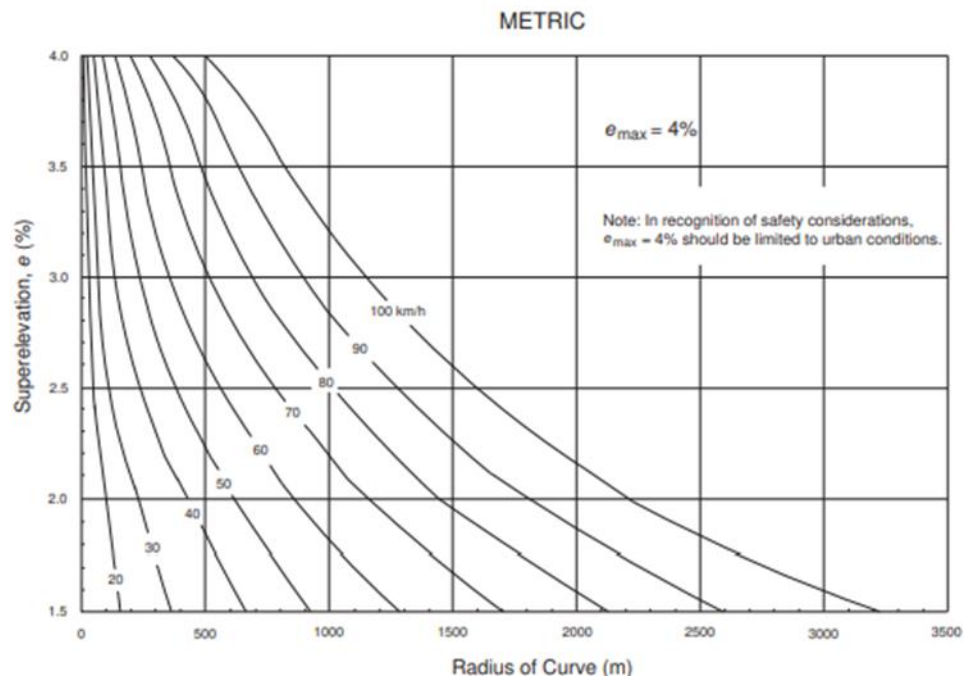
Nota. Fichero con Radios mínimos en función de e y f con peralte eMax=4%. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Las tablas 3-8 a 3-12 del libro verde se encuentran en los Anexos 3 al Anexo 12 muestran los valores mínimos de Radio para varias combinaciones de peralte y velocidades de diseño para cada uno de los cinco valores de tasa de peralte máxima. Es decir, para una gama completa de diseño. Cuando se utiliza una de las tablas para un radio determinado, no es necesaria la interpolación entre la fórmula de radio mínimo en función del peralte y el factor de fricción con la fórmula de peralte. La tasa de peralte debe determinarse a partir de un radio igual o ligeramente menor que el radio proporcionado en la tabla. El resultado es una tasa de peralte que se redondea al 0,2 por ciento más cercano. Por ejemplo, una curva de 80 km/h con un peralte máximo del 8%

y un radio de 570 m debe utilizar el radio de 549 m para obtener una tasa de peralte de 5.4% que son los 2/3 del peralte máximo.

Figura 3.

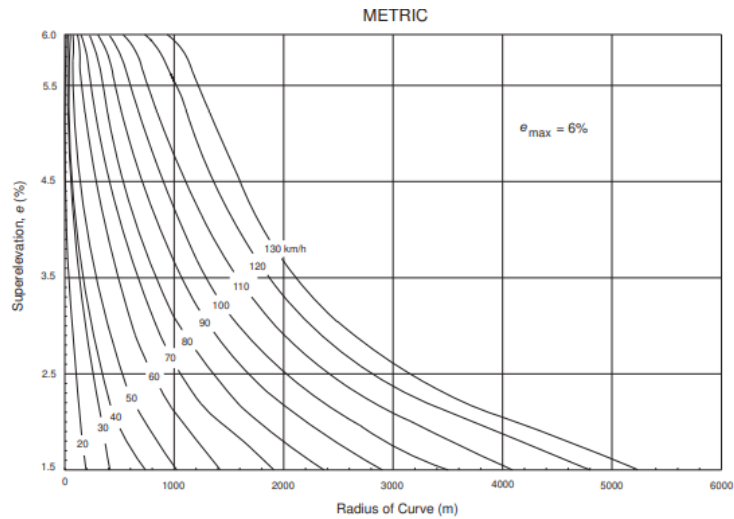
Design Superelevation Rates for Maximum Superelevation Rate of 4%



Nota. Para peraltes de 4% que se usan en vías urbanas. Fuente: Knowledge de Autodesk

Figura 4.

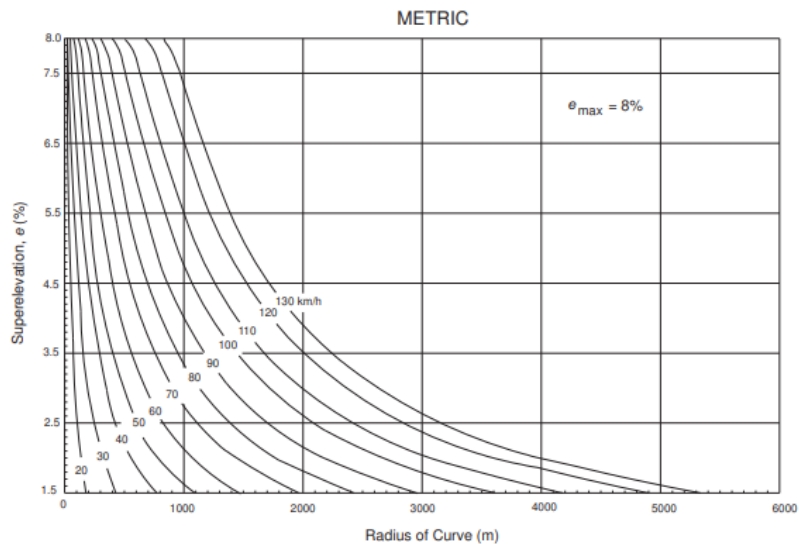
Design Superelevation Rates for Maximum Superelevation Rate of 6%



Nota. Con estos valores el fichero realiza los chequeos de radio mínimo para garantizar la transición del peralte máximo de 6%. Fuente: AASHTO, (2011).

Figura 5.

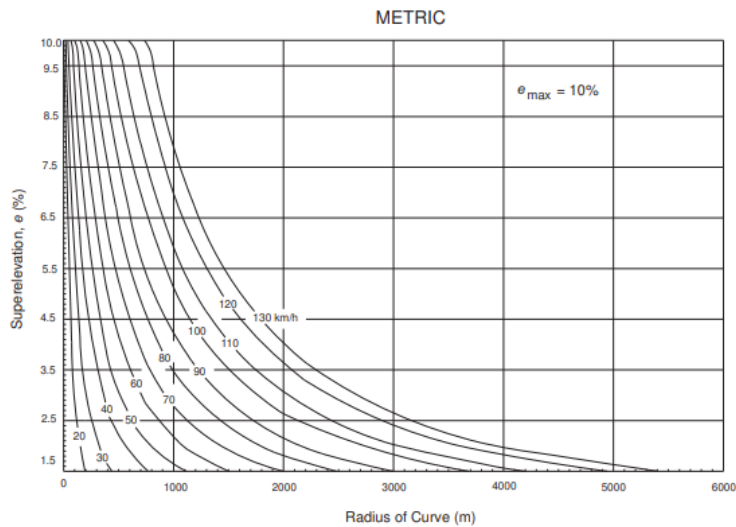
Design Superelevation Rates for Maximum Superelevation Rate of 8%



Nota. Con estos valores el fichero realiza los chequeos de radio mínimo para garantizar la transición del peralte máximo de 8%. Fuente: AASHTO, (2011).

Figura 6.

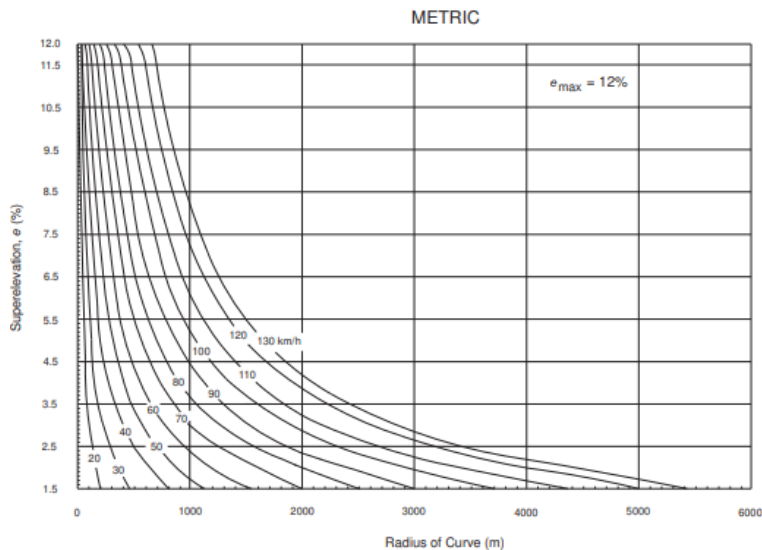
Design Superelevation Rates for Maximum Superelevation Rate of 10%



Nota. Con estos valores el fichero realiza los chequeos de radio mínimo para garantizar la transición del peralte máximo de 10%. Fuente: AASHTO, (2011).

Figura 7.

Design Superelevation Rates for Maximum Superelevation Rate of 12%



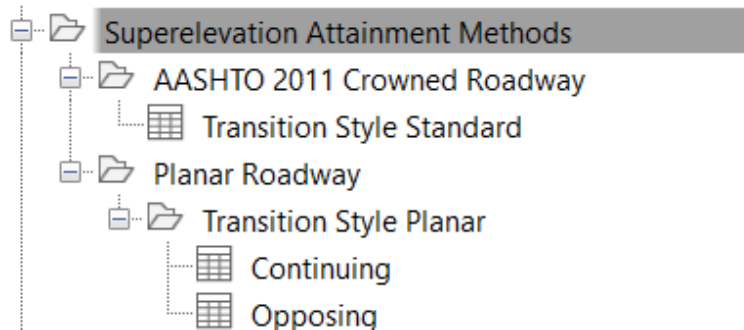
Nota. Con estos valores el fichero realiza los chequeos de radio mínimo para garantizar la transición del peralte máximo de 12%. Fuente: AASHTO, (2011).

4.1.1.2. Superelevation Attainment Methods. (Métodos de longitud de transición)

El fichero tiene dos métodos para el cálculo de transición de peralte. Que son Carreteras con bombeo y carreteras con bombeo plano. En la figura 8 podemos ver la interfaz del fichero.

Figura 8.

Design Carpeta Superelevation Attainment Methods del fichero AASHTO 2011



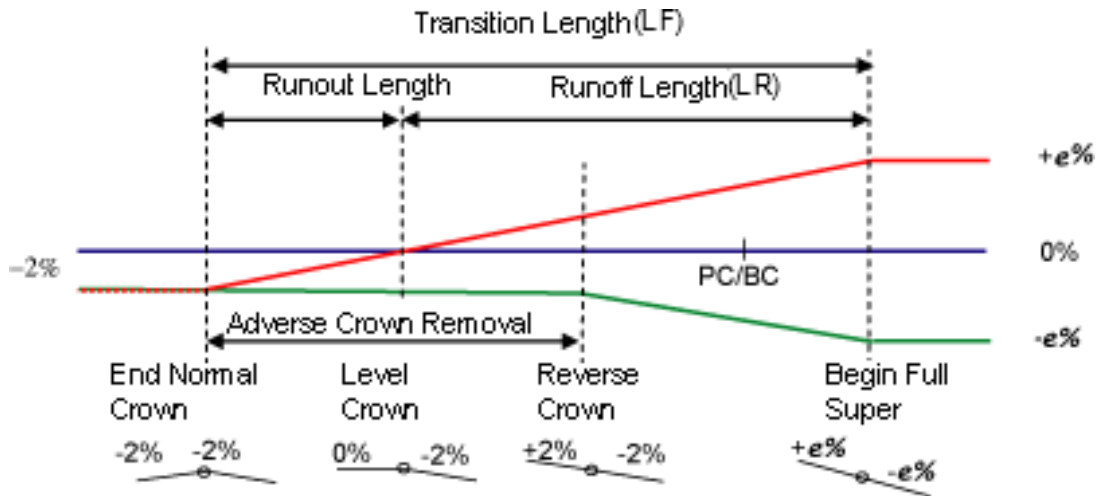
Nota. Contiene los dos métodos para el cálculo de la longitud de transición. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

AASHTO 2011 Crowned Roadway (Carreteras con bombeo)

Utilizado para carretera con bombeo sin división. Este método realiza el desvanecimiento del bombeo adverso estándar para definir el peralte de la curva. Calculando la distancia de transición necesaria (LF)

Figura 9.

Diagrama de peralte



Nota. Transición del peralte para el método Crowned Roadway (Carretera con bombeo).

Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Figura 10.

Fórmulas de longitud de transición

```
<SuperelevationAttainmentMethod name="AASHTO 2001 - Crowned Roadway">  
<AttainmentStyle style="Standard"/>  
<TransitionFormula type="LCtoFS" formula="{t}"/>  
<TransitionFormula type="LCtoBC" formula="{p}*{t}"/>  
<TransitionFormula type="NCtoLC" formula="{t}*{c}/{e}"/>  
<TransitionFormula type="LCtoRC" formula="{t}*{c}/{e}"/>  
<TransitionFormula type="NSToNC" formula="{t}*({s}-{c})/{e}"/>  
</SuperelevationAttainmentMethod>
```

Nota. Este es el código .xml que conforma el fichero para el método Crowned Roadway.

Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Según Knowledge de Autodesk que está basado en la norma AASHTO presenta el siguiente conjunto de variables para mejor comprensión del código del fichero para calcular las distancias de transición.

{e} = peralte

{t} = longitud de transición

{c} = pendiente de bombeo

{s} = pendiente en sobreebanco

{w} = ancho de vía

{l} = longitud real de la espiral.

{p} = Parte fraccionaria de la longitud de transición antes del inicio de la curva





{q} = grado de incremento de la aceleración centrípeta a lo largo de una curva a velocidad constante. (q=0.3)

Las variables anteriores son usadas para el cálculo de los peraltes que son con bombeo normal del 2%, desvanecido, invertido y sección peraltada final. Todo esto sucede en la longitud de transición.

Las variables de la figura representadas en código .xml se utilizan para calcular los siguientes elementos:

Figura 11.

Elementos de transición del programa AutoCAD Civil 3D

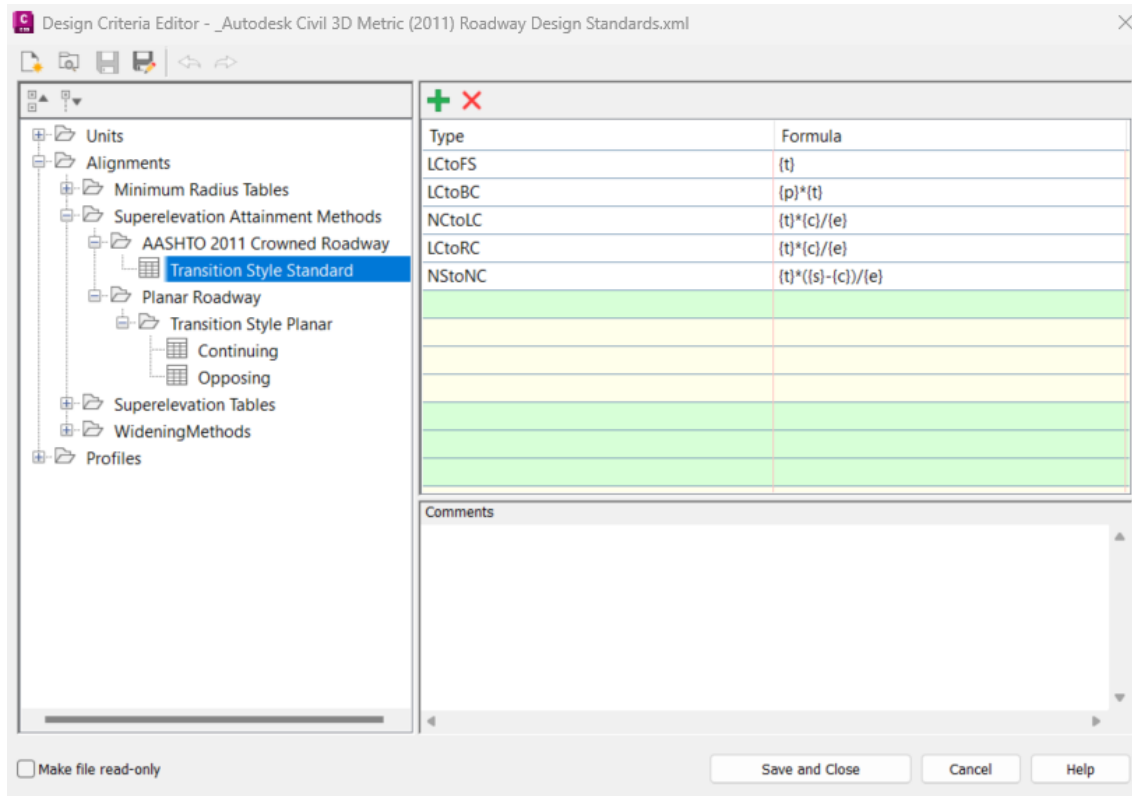
Código XML	Descripción	Ejemplo
NC	Bombeo normal	
LC	Bombeo desvanecido	
RC	Bombeo invertido	
FS	Sección peraltada final	

Nota. Se muestra los ciclos de transición del peralte. Fuente: Knowledge de Autodesk

Las fórmulas de la distancia de transición se pueden observar en la figura 6 la ventana con las fórmulas dentro del editor de Criterio de Diseño “Transition Style Standard”

Figura 12.

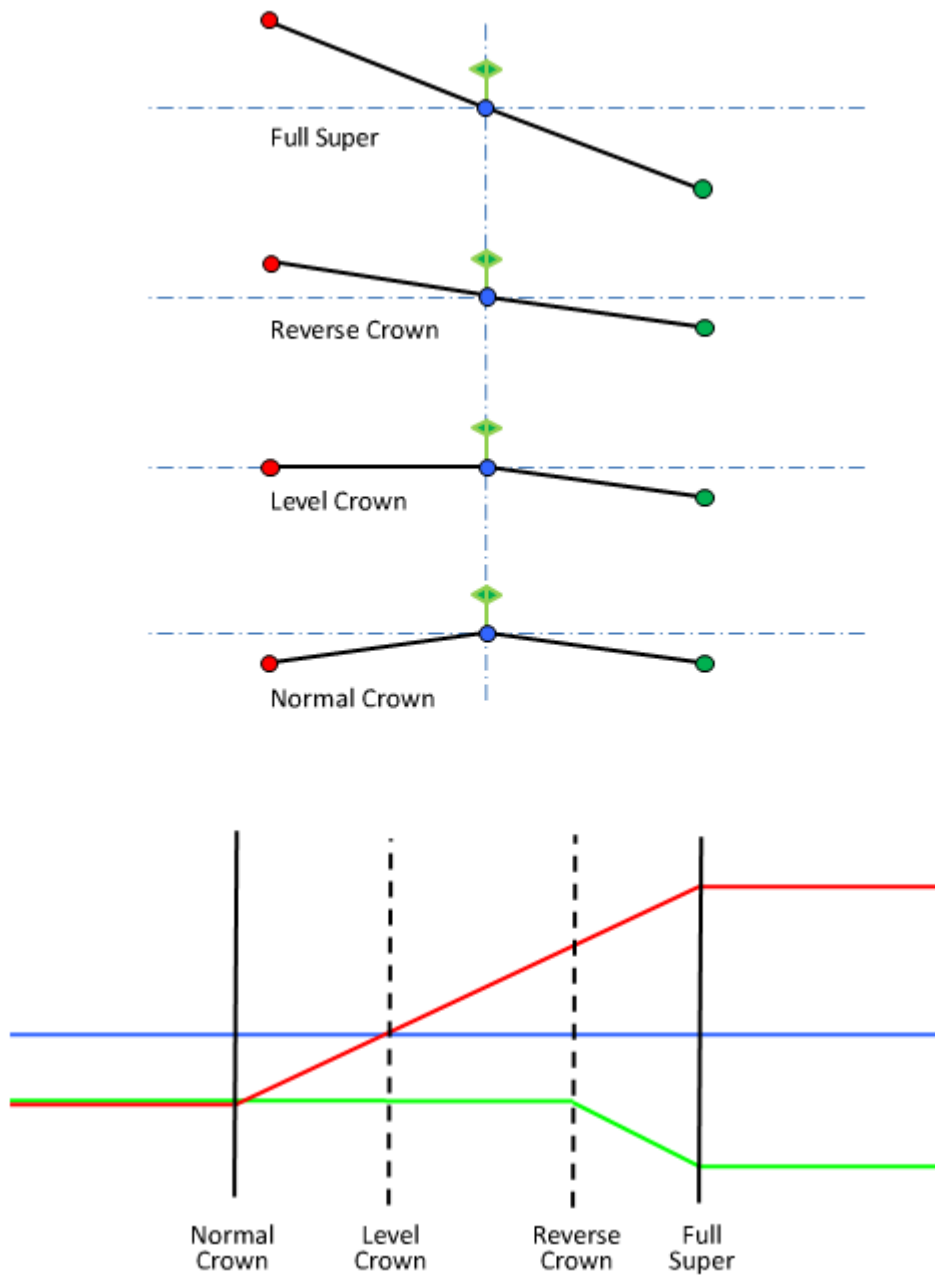
Método para el cálculo de longitud de transición estándar.



Nota. Se presenta fórmulas con las cuales el programa realiza la verificación de longitudes de transición. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Figura 13.

Transición del peralte para el método estándar (Crowned Roadway)



Nota. El Carril izquierdo está representado de color rojo, el eje de la vía con color azul, y el carril derecho con color verde. Con este grafico se explica el diagrama de peraltes con los estados NC Bombeo normal (Normal Crow) y FS Peralte completo (Full Super) de transición. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Transition Style Planar (Estilo de transición plana)

Para calzadas sin división con pendiente transversal única hacia un lado. Sin desvanecimiento del bombeo adverso. Según Knowledge de Autodesk este método funciona con dos fórmulas: una para curvas opuestas a la orientación del talud transversal normal (Opposing) y otra para las curvas que continúan en la orientación del talud transversal normal (Continuing).

Figura 14.

Fórmulas de Transition Style Planar

```
<SuperelevationAttainmentMethod name="Undivided Planar Roadway">
<TransitionStyle style="Planar"/>
<Continuing>
<TransitionFormula type="NCToFS" formula="{t}-{t}*{c}/{e}"/>
<TransitionFormula type="NCToBC" formula="{t}*({p}-{c}/{e})"/>
</Continuing>
<Opposing>
<TransitionFormula type="LCtoFS" formula="{t}"/>
<TransitionFormula type="LCtoBC" formula="{p}*{t}"/>
<TransitionFormula type="NCToLC" formula="{t}*{c}/{e}"/>
</Opposing>
</SuperelevationAttainmentMethod>
```

Nota. Captura del código .xml del fichero donde contiene las fórmulas de longitud de peralte para método Transition Style Planar. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Continuing

Define la longitud de transición de la distancia de Bombeo Normal a Sección Peraltada Final {t} (derivada de las tablas de longitudes de transición), menos la longitud de transición multiplicada por el talud normal de carretera {c} y dividida por la tasa de sección peraltada final {e}. La segunda fórmula define la distancia desde el bombeo normal al comienzo de curva como un porcentaje de {t} basado en la variable {p} menos {c} dividido por {e}.

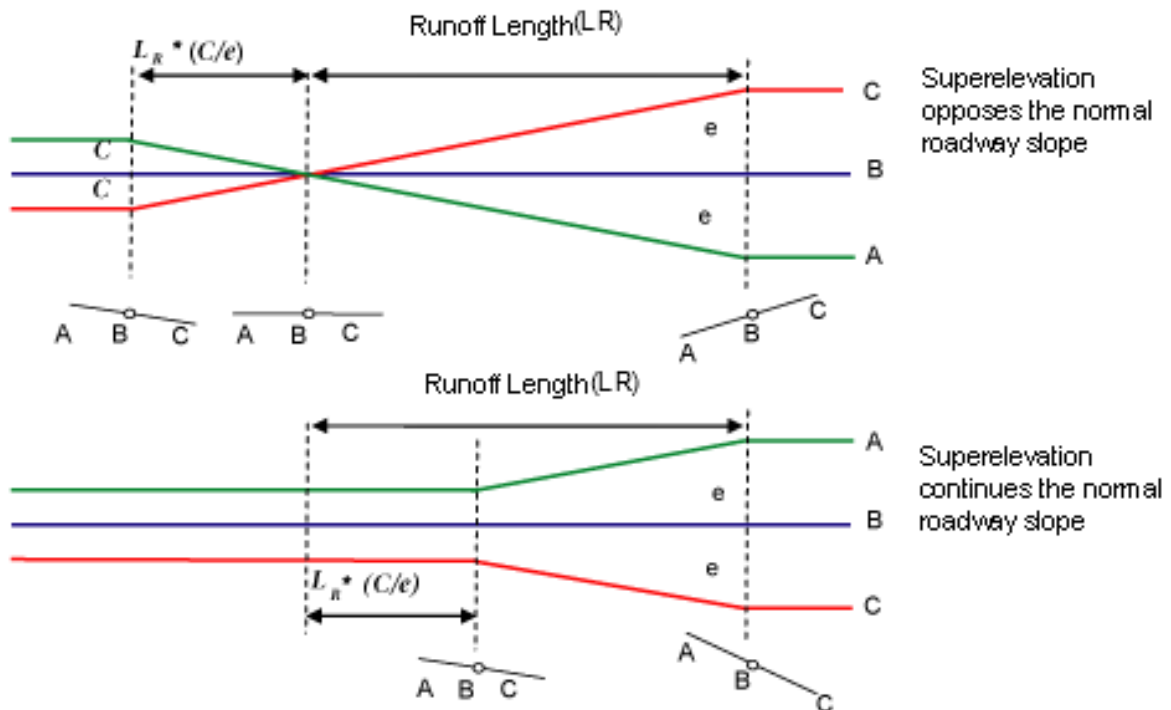
Opposing

Define la distancia de transición total para alcanzar la longitud de desvanecimiento $\{t\}$. La distancia hasta el comienzo de curva es un porcentaje de $\{t\}$ basado en la variable $\{p\}$ y la distancia de bombeo normal y de bombeo desvanecido es $\{t\} * \{c\} / \{e\}$.”

Con estas ecuaciones el programa toma los datos en base a la topografía y el diseño propuesto y compara con los valores del fichero. Normalmente se usa el método de transición estándar de la AASHTO 2011.

Figura 15.

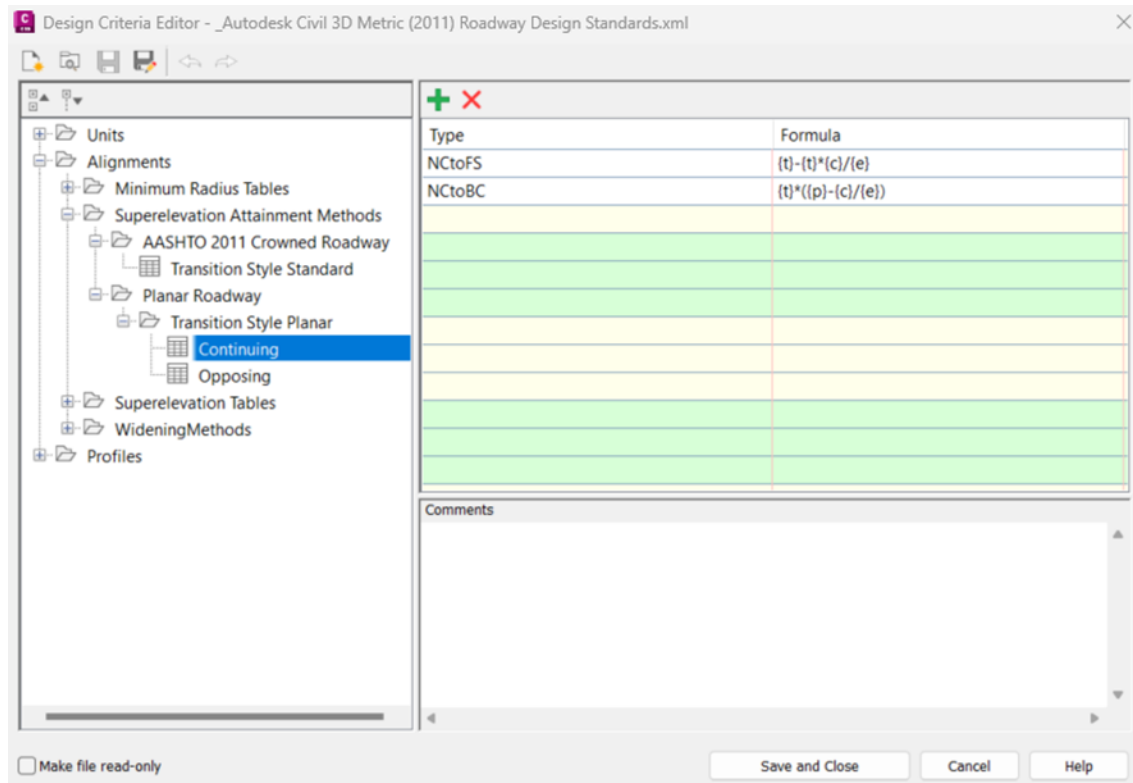
Diagrama de peralte para método de transición plana



Nota. Se presenta el diagrama de transición del peralte opuesta a la pendiente transversal de la carretera, y transición del peralte continuo a la pendiente transversal de la carretera como se muestra en la figura B sería el eje de la vía A carril izquierdo C derecho. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Figura 16.


Editor de Criterio de diseño método carretera plata



Nota. Formulas del editor de criterio para el método planar en condición continuing. Que es curva peraltada que entra con la misma pendiente para iniciar la transición. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

4.1.1.3. Superelevation tables (Tablas de peraltes)

A continuación, se presenta la carpeta “Superelevation Tables” donde contiene radios mínimos interpolados en función del peralte máximo y la velocidad de diseño. Con estos valores podrá verificar de forma automática los radios mínimos para mejorar el diseño usando herramientas como son la configuración de bandas donde muestra en cada abscisa la tasa de

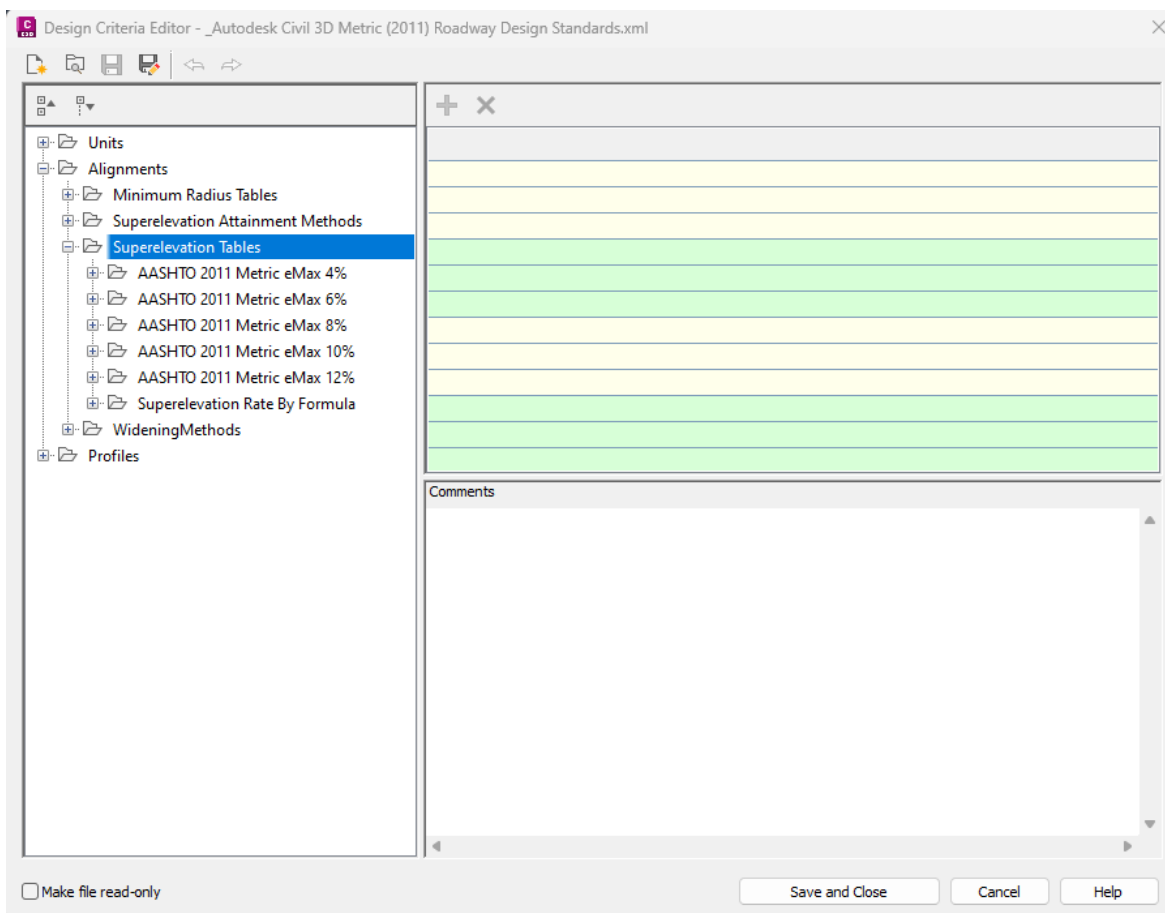
peralte. Para un peralte $e_{Max} = 2\%$ será remplazado por RC  (Bombeo invertido) y NC



(Bombeo normal) como se detalla en la figura.

Figura 17.

Carpeta Superelevation Tables



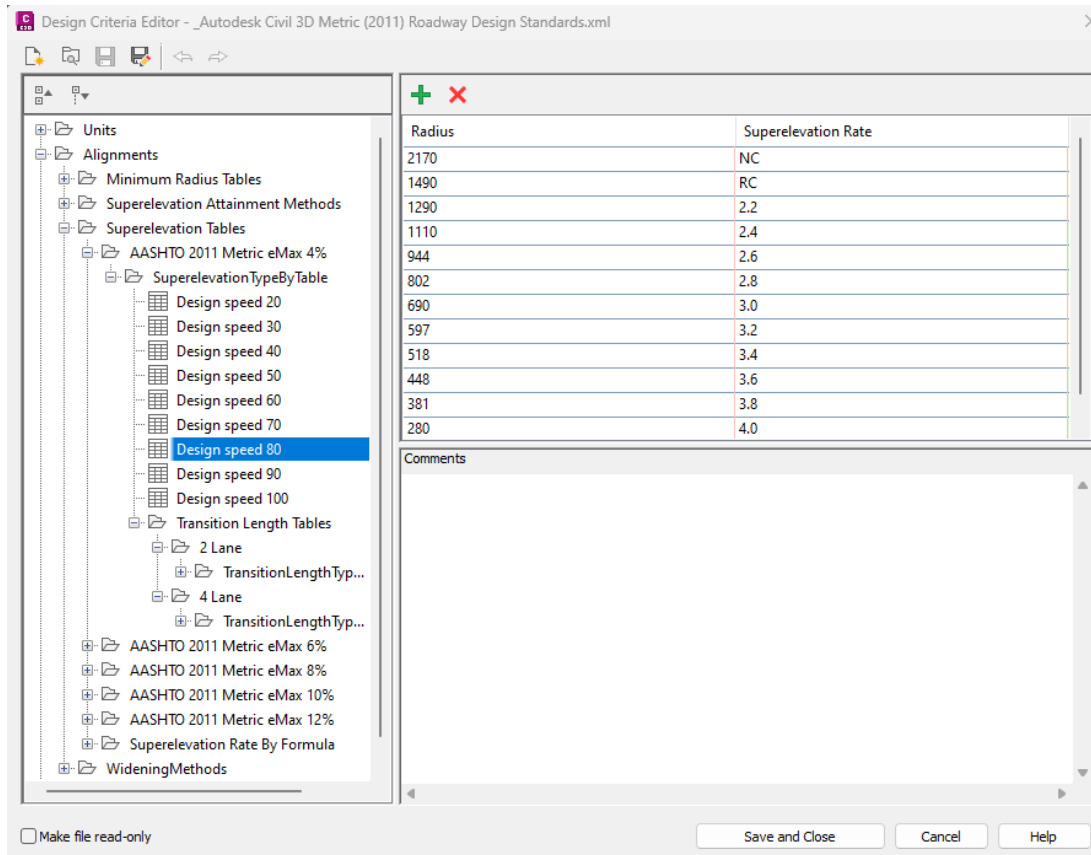
Nota. Esta carpeta contiene radios mínimos para cada peralte y velocidad de diseño.

Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

A continuación, se presenta la figura 18 para visualizar como es físicamente el fichero donde se ve las tasas de peralte en cada radio con una velocidad determinada. Es decir, los peraltes de transición normados por su velocidad.

Figura 18.

Superelevation by Design Speed



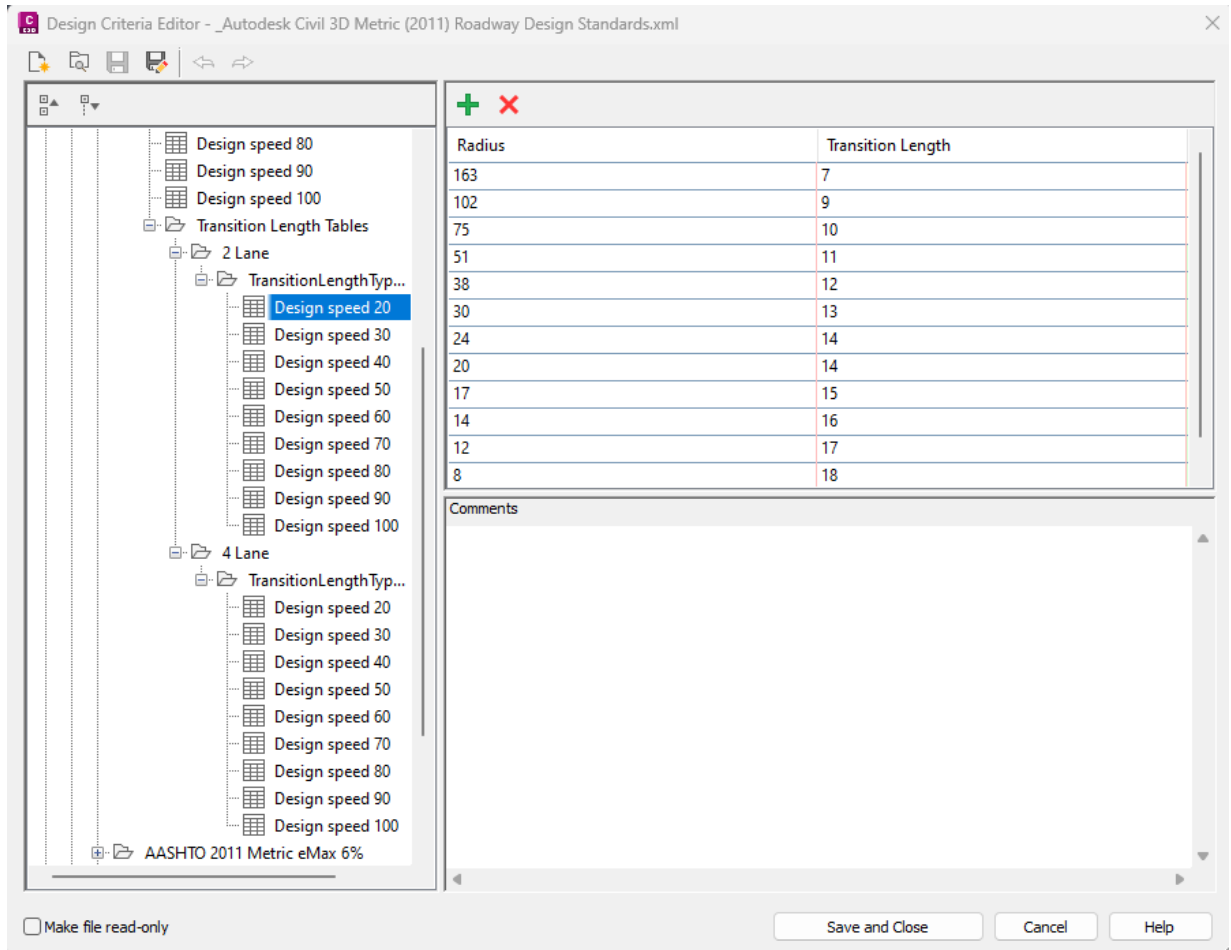
Nota. Por ejemplo, en la figura se puede ver para una velocidad de 80 km/h radios mínimos y su tasa de peralte y como máximo tendrá 4% que es la condición que usuario ingresa de entrada.

Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

El fichero calcula además la longitud de transición para dos y cuatro carriles como se observa en la siguiente figura del fichero.

Figura 19.

Longitud de transición en 2 carriles y 4 carriles



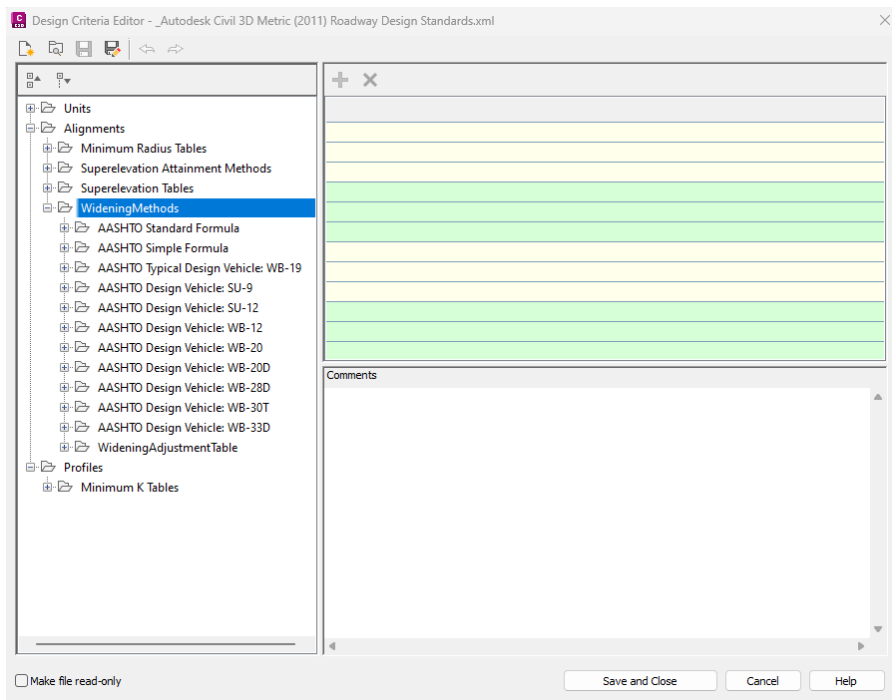
Nota. En la norma americana contempla diseño para autopistas interestatales. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

4.1.1.4. Widening Methods (Métodos de Ensanchamiento)

El fichero de la AASHTO standard para sobreanchos está conformado por la ecuación 3-31 (anchura de carril más factor de separación lateral), 3-32 (alero de vehículo) y 3-33 (tolerancia de anchura adicional)” tomado de A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 6th Edition, 2011, y resuelve el cambio de anchura de carril. El vehículo de diseño es el WB-19 con el cual el fichero calcula con el valor de ancho de carril ingresados por el usuario e inicia con la verificación con la tabla 3-26a de A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 6th Edition, (2011). El programa calcula en función del radio para colocar un sobreancho para cada curva que así lo requiera. En la siguiente figura se representa al vehículo que se conoce como WB-19. En operación durante dos carriles en la en curva. Y un carril en operación en tangente.

Figura 20.

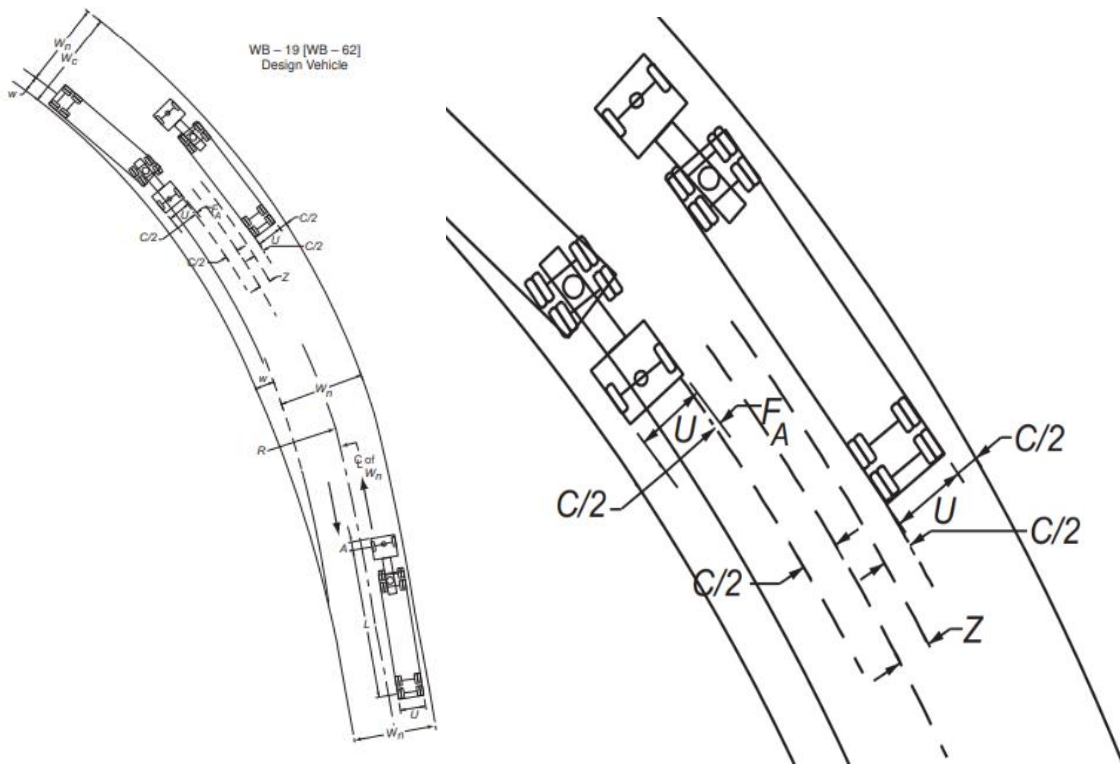
Carpeta Widening Methods



Nota. Se presenta las carpetas donde contiene los valores de sobreanchos para varios vehículos. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Figura 21.

Componentes del sobreebancho



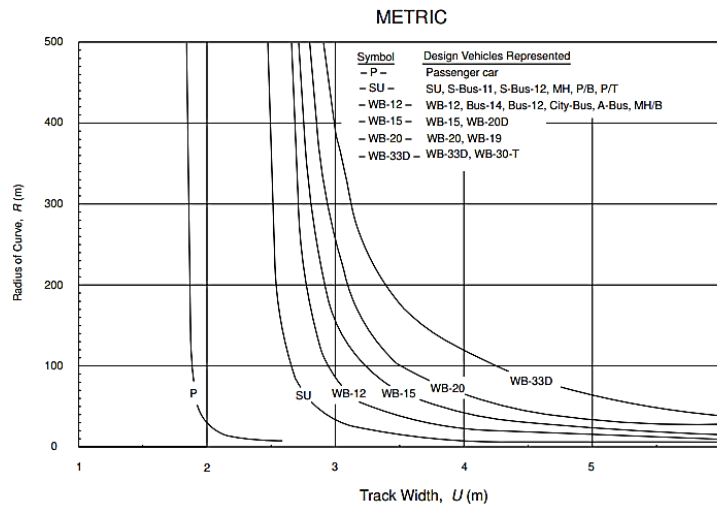
Nota. En la figura se detalla los componentes de un sobreebancho para dos carriles con el vehículo de diseño WB-19 para el sistema métrico con el cual están basadas los cálculos en el fichero. Fuente: AASHTO 2011

El fichero de la AASHTO standard para sobreebanchos está conformado por la ecuación 3-31 (anchura de carril más factor de separación lateral), 3-32 (alero de vehículo) y 3-33 (tolerancia de anchura adicional)” tomado de “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets”, 6th Edition, 2011, y resuelve el cambio de anchura de carril.

La fórmula simple de AASHTO corresponde a la ecuación 3-31 de A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 6th Edition, 2011. Se puede encontrar con todas sus interpolaciones en la siguiente figura.

Figura 22.

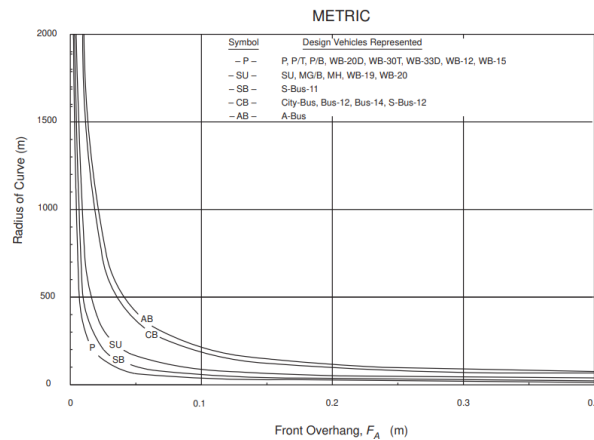
Anchura del carril más factor de separación lateral.



Nota. La norma AASHTO ofrece diferentes análisis para cada tipo de vehículo de diseño. Desde un vehículo de pasajeros P luego un bus y finalmente un WB-19 que es el crítico al momento de curvar. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Figura 23.

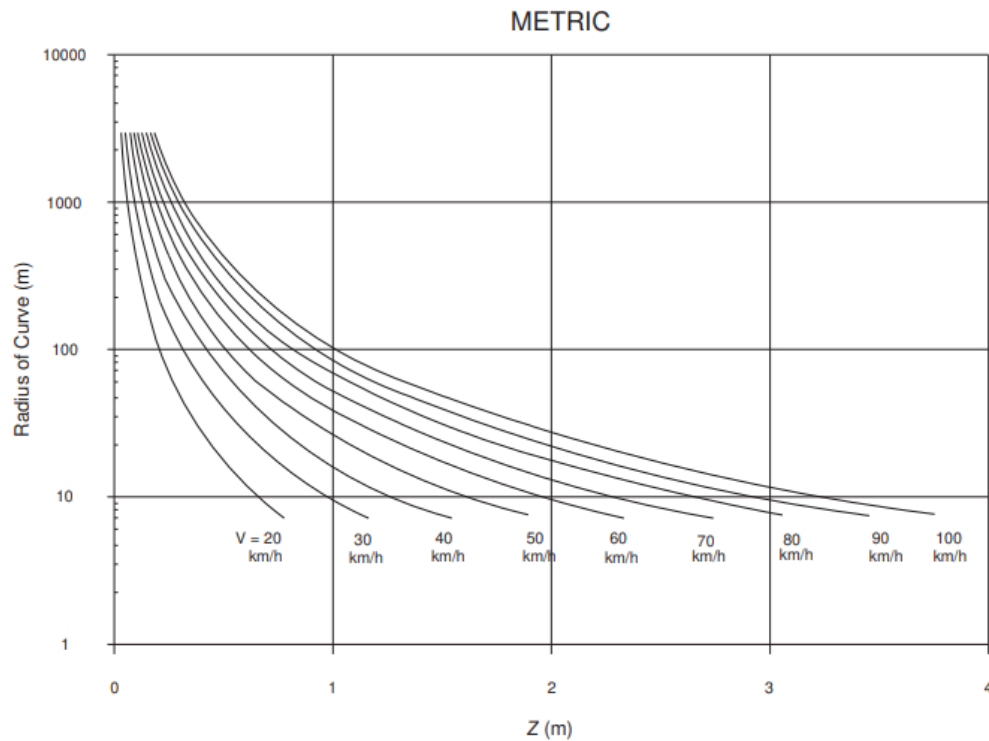
Alero del vehículo



Nota. El alero del vehículo es el punto vértice delantero izquierdo de un vehículo que se desplaza del eje hacia fuera al iniciar a curvar. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Figura 24.

Extra ancho sobre el eje



Nota. Se tiene sobreanchos en velocidades altas hasta cerca de 4 metros

En resumen, se presenta en el Anexo una tabla general de la AASHTO para distintos anchos de carril en donde indicara el sobreancho adecuado tomando en cuenta los datos básicos de diseño que son radio y velocidad. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Distancia de visibilidad horizontal

Ecuación 3:

Ecuación para el cálculo de distancia de visibilidad

$$HSO = R \left[1 - \cos \left(\frac{28.65 S}{R} \right) \right] \quad (3 - 36)$$

Donde:

HSO = Distancia de visibilidad,

S = Distancia de frenado, m

R = Radio de curva, m

Figura 25.

Distancias consideradas para determinar la distancia horizontal de visibilidad.

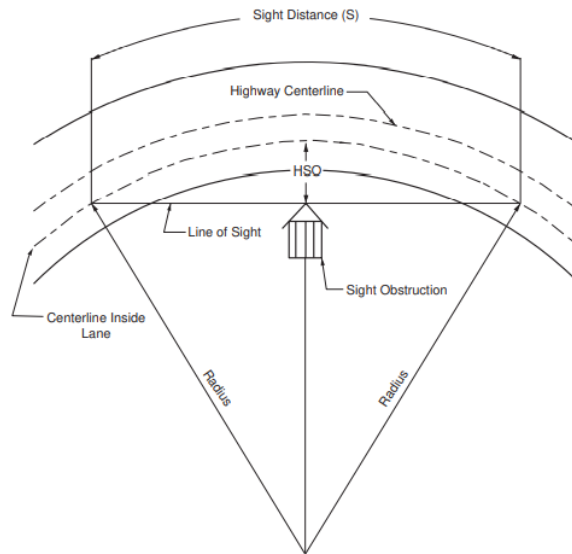


Figure 3-23. Diagram Illustrating Components for Determining Horizontal Sight Distance

Nota. En esta figura se representa los obstáculos de forma horizontal. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

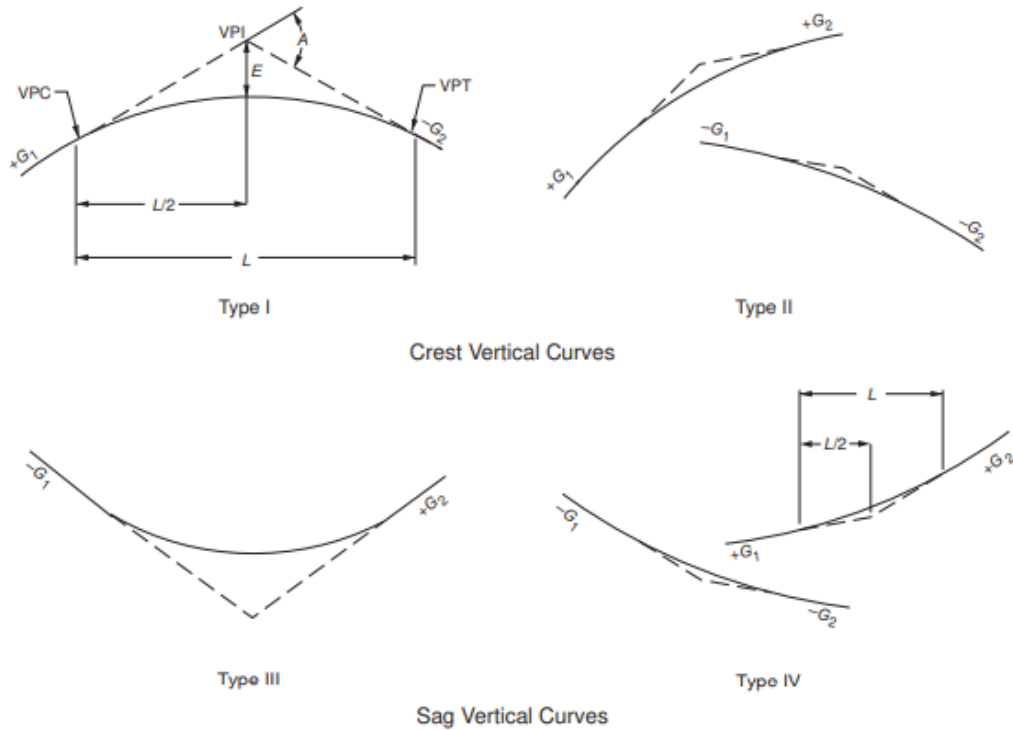
4.1.2. Perfiles

Se trata de las curvas verticales el chequeo consiste en dar cambios graduales entre tangentes. Pueden ser convexas (crest) o concavas (sag)

En la siguiente figura se muestra los elementos de la curva donde $G1=G2$ = pendiente de la tangente (%), A = Diferencia algebraica en grados, L = longitud de la curva vertical, E = Desface vertical hasta el VPI.

Figura 26.

Tipos de curvas



Nota. Tipos de curvas convexas y cóncavas. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Ahora bien, ahora solamente queda realizar los cálculos para lograr el objetivo de la norma que es diseñar curvas con cambios graduales.

4.1.2.1. Curvas Verticales convexas (Crest Vertical Curves)

Es la mínima longitud de la curva basada en la distancia de visibilidad y también para dar seguridad, confort y buen aspecto. A continuación, se presenta la ecuación 3-41 de la AASHTO.

Ecuación 4:

Ecuación para el cálculo de longitud de curva vertical

$$L = \frac{AS^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

Cuando S es mayor que L

Ecuación 5:

Ecuación para el cálculo de longitud de curva vertical $S > L$

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}{A}$$

Donde

L = longitud de la curva vertical

A = diferencia algebraica en porcentaje

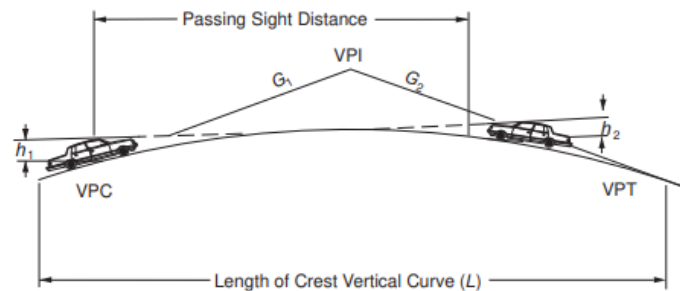
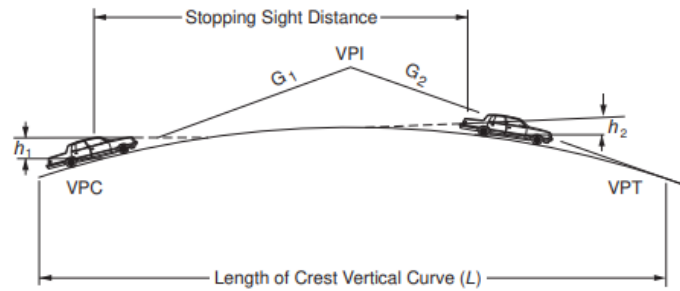
S = distancia de visibilidad

h1 = altura de ojo sobre la calzada

h2 = altura del objeto sobre la calzada

Figura 27.

Distancia de visibilidad y de rebasamiento



Nota. Ilustración gráfica de las longitudes de frenado y rebasamiento. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

El término “K” que se utiliza para el chequeo representa la distancia horizontal L sobre el punto vertical de curvatura (VPC).

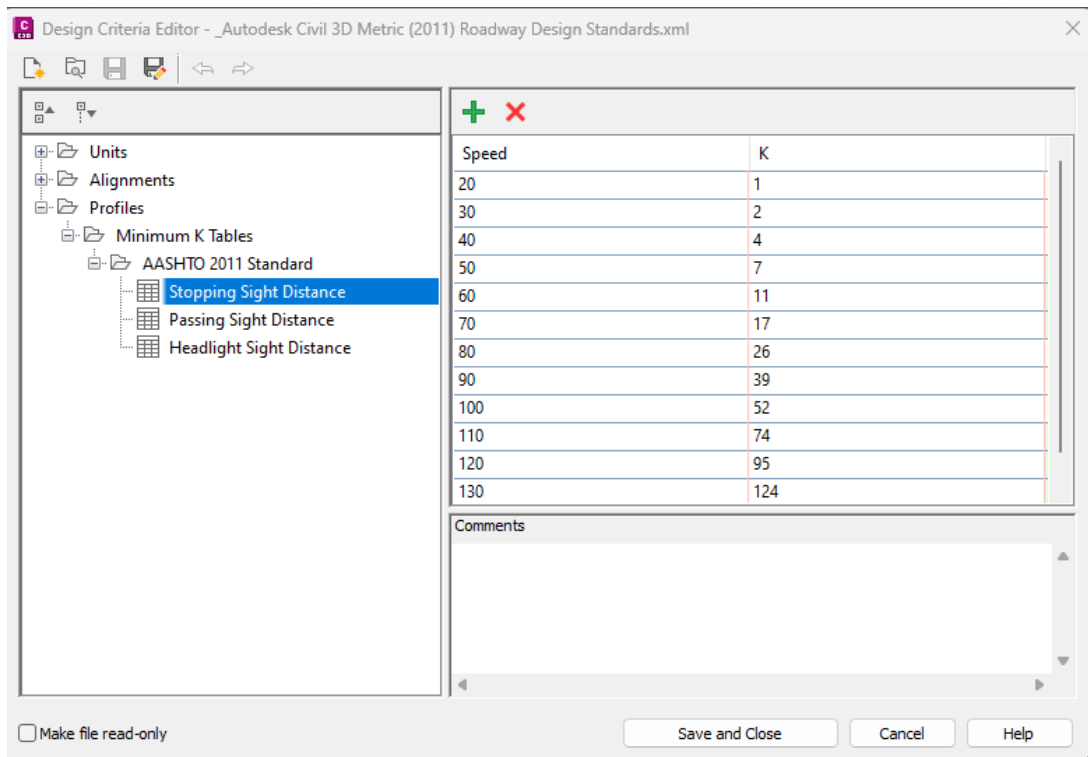
El chequeo se realiza eligiendo el mayor entre distancia de parada y el producto de KA.

- S = distancia de parada
- L= KA
- Lmin = 0.6V, donde V en km/h y L en metros

A continuación, se presenta en la figura 25 como se vería representado dentro del fichero del programa civil.

Figura 28.

Tabla de verificación K para distancia de frenado



The screenshot shows the 'Design Criteria Editor' window for 'Autodesk Civil 3D Metric (2011) Roadway Design Standards.xml'. The left pane shows a tree view with 'Stopping Sight Distance' selected. The main area contains a table with two columns: 'Speed' and 'K'. Below the table is a 'Comments' field. At the bottom, there are buttons for 'Save and Close', 'Cancel', and 'Help', along with a 'Make file read-only' checkbox.

Speed	K
20	1
30	2
40	4
50	7
60	11
70	17
80	26
90	39
100	52
110	74
120	95
130	124

Nota. El programa automáticamente realiza el cálculo de k para el dibujo actual y compara con esta tabla. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Se presenta en el Anexo 14. donde se muestra la velocidad de diseño, la distancia de frenado y el valor de K de diseño

Tabla 1

Valores de K para el control de diseño en curvas verticales convexas

Design Speed (km/h)	Stopping Sight Distance (m)	Rate of Vertical Curvature, Ka	
		Calculated	Design
20	20	0.6	1
30	35	1.9	2
40	50	3.8	4
50	65	6.4	7
60	85	11.0	11
70	105	16.8	17
80	130	25.7	26
90	160	38.9	39
100	185	52.0	52
110	220	73.6	74
120	250	95.0	95
130	285	123.4	124

Nota. La tabla muestra los valores de la tabla 3-34 para control distancia de frenado según la norma AASHTO (2011). Donde $K = L/A$. Fuente: AASHTO (2011).

Passing sight distance (Distancia de visibilidad de rebasamiento)

Ecuación 6:

Ecuación para el cálculo de longitud de distancia de visibilidad de rebasamiento

$$L = \frac{AS^2}{864}$$

Cuando S es mayor que L

Ecuación 7:

Ecuación para el cálculo de longitud de distancia de visibilidad de rebasamiento $S > L$

$$L = 2S - \frac{864}{A}$$

La mínima distancia de visibilidad de rebasamiento está en la tabla es el siguiente parámetro para comprobar dentro del fichero.

Tabla 2

Distancia de visibilidad de rebasamiento

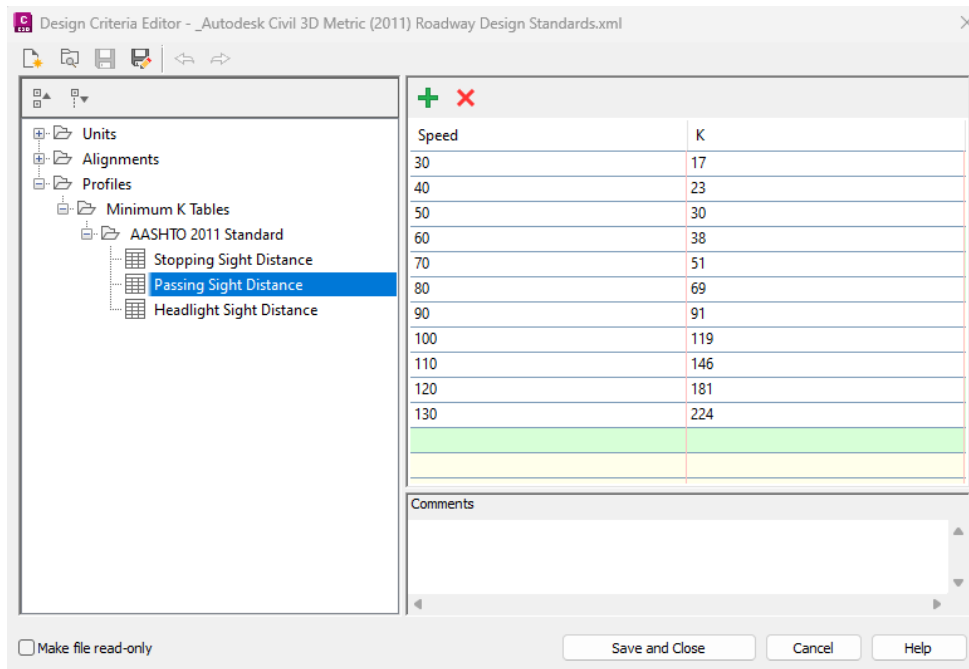
Design Speed (km/h)	Passing Sight Distance (m)	Rate of Vertical Curvature, K Design
30	120	17
40	140	23
50	160	30
60	180	38
70	210	51
80	245	69
90	280	91
100	320	119
110	355	146
120	395	181
130	440	224

Nota. Se presenta los valores con los que se chequea la distancia de visibilidad de rebasamiento. Fuente: AASHTO (2011)

El en el fichero se visualiza la velocidad de diseño y con su k correspondiente. En la figura 29 se observa cómo está representado dentro del fichero.

Figura 29.

Tabla de verificación K para distancia de rebasamiento



The screenshot shows the 'Design Criteria Editor' window for 'Autodesk Civil 3D Metric (2011) Roadway Design Standards.xml'. The left sidebar shows a tree view with 'Minimum K Tables' expanded to 'AASHTO 2011 Standard', where 'Passing Sight Distance' is selected. The main area displays a table with two columns: 'Speed' and 'K'. The table contains the following data:

Speed	K
30	17
40	23
50	30
60	38
70	51
80	69
90	91
100	119
110	146
120	181
130	224

Below the table is a 'Comments' text area and buttons for 'Save and Close', 'Cancel', and 'Help'. A 'Make file read-only' checkbox is also present at the bottom left.

Nota. Valores del coeficiente de curvatura “K” presentados en el fichero con los cuales chequea el programa en las curvas verticales. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Los valores de K mínimos de visibilidad de adelantamiento se toman de la tabla 3-35, "Design Controls for Crest Vertical Curves Based on Passing Sight Distance," de A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 6th Edition, 2011.

Los valores de K mínimos de Visibilidad de iluminación se toman de la tabla 3-36, "Design Controls for Sag Vertical Curves," de A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 6th Edition, 2011.

4.1.2.2. Curvas verticales cóncavas (Sag Vertical Curves)

Diferentes criterios se toman en cuenta en este parámetro como (1) distancia de visibilidad de iluminación, (2) confort del pasajero, (3) drenaje, (4) aspecto general

De igual manera que las curvas revisadas anteriormente se considera la distancia de visibilidad de rebasamiento y de frenado. Y se presenta en el Anexo 15 donde está representado la diferencia algebraica de pendientes en porcentaje, A(%) y la longitud L(m) de curva vertical cóncava.

Se presenta la tabla de K que se usa el fichero para determinar si el diseño está dentro de la norma.

Tabla 3

Sag Curve (Coeficiente K para curvas cóncavas)

Design Speed (km/h)	Stopping Sight Distance (m)	Rate of Vertical Curvature, K^o	
		Calculated	Design
20	20	21	3
30	35	51	6
40	50	85	9
50	65	122	13
60	85	173	18
70	105	226	23
80	130	294	30
90	160	376	38
100	185	446	45
110	220	544	55
120	250	628	63
130	285	727	73

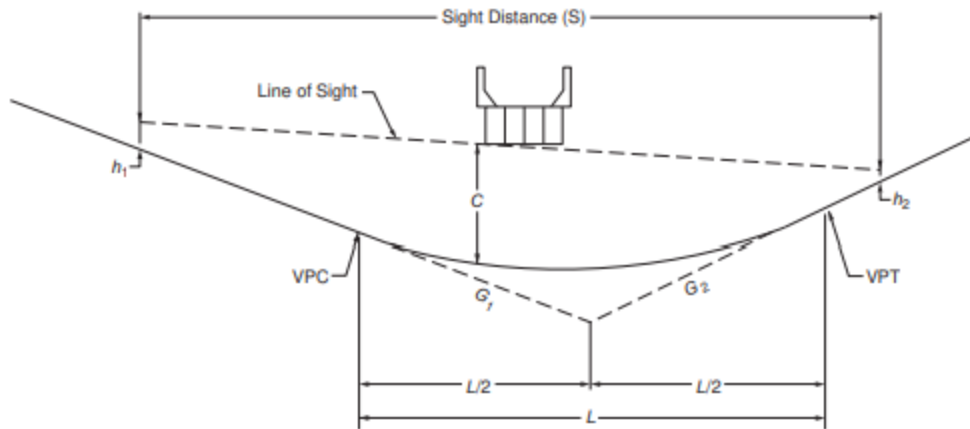
Nota. La tabla contiene los valores de K para curvas cóncava. Según la tabla 3-35 basadas en la distancia de rebasamiento. Fuente: (AASHTO, 2011)

4.1.2.3. Headlight Sight Distance (Distancia de visibilidad de iluminación)

La forma de como iluminan los vehículos durante la noche esta normada por la AASHTO. Una curva cóncava intercepta la luz del faro en la superficie de la carretera y limita la longitud de visibilidad. La visibilidad de iluminación mide la parte superior del faro por encima del pavimento y el ángulo máximo de iluminación para determinar la longitud de la curva. También se tiene en cuenta la altura del ojo del conductor.

Figura 30.

Esquema de una curva vertical cóncava



Nota. Se puede observar la distancia de visibilidad entre los puntos h_1 y h_2 . Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Las siguientes ecuaciones tomadas de la AASHTO 2011 son usadas para el cálculo de distancia de iluminación:

A = Diferencia algebraica en porcentaje (%)

h_d = Altura del faro desde el pavimento (m)

L = Longitud de la curva vertical (m)

S = Distancia de visibilidad (m)

\emptyset = Ángulo de iluminación hacia arriba con respecto a la horizontal (1 grado)

La siguiente ecuación calculan L cuando S es menor que L

Ecuación 8:

Ecuación para el cálculo de longitud de curva vertical

$$L = \frac{AS^2}{(200h_d + 200S(\tan\theta))}$$

La siguiente ecuación calcula S cuando S es menor que L:

Ecuación 9:

Ecuación para el cálculo de distancia de visibilidad S<L

$$S = \frac{200L(\tan\theta)}{2A} + \frac{\sqrt{(200L(\tan\theta))^2 + 800ALh_d}}{2A}$$

La siguiente ecuación calcula L cuando S es mayor o igual que L:

Ecuación 10:

Ecuación para el cálculo de longitud de curva vertical S>L

$$L = 2S - \frac{200h_d + 200S(\tan\theta)}{A}$$

La siguiente ecuación calcula S cuando S es mayor o igual que L

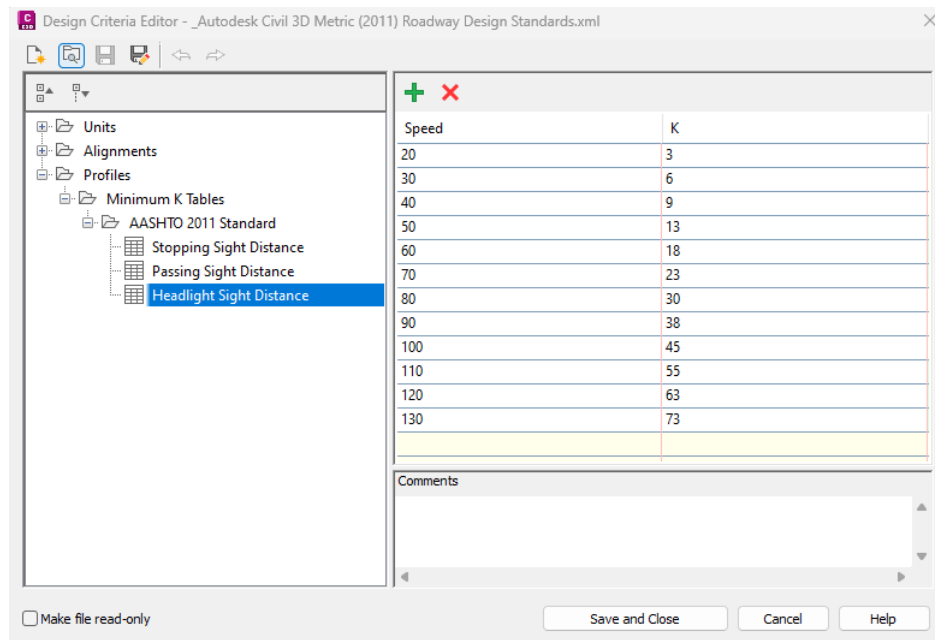
Ecuación 11:

Ecuación para el cálculo de distancia de visibilidad S>L

$$S = \frac{LA + 200hd}{2A - 200(\tan\theta)}$$

Figura 31.

Headlight Sight Distance



Nota. Se muestra los coeficientes K para cumplir la norma de distancia de visibilidad con iluminación. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

4.2. Estudio comparativo AASHTO 2011 con MOP 2003

El criterio de diseño con para las dos normas consiste en determinar una alineación de prueba e identificar que los elementos cumplan estándares geométricos mínimos. Se comprueba si ¿Están todos los elementos dentro del estándar de diseño de clase? Si, ¿Son los elementos de diseño consistentes con la velocidad estimada propuesta? Si, Entonces, completar diseño y aprobarlo.

En norma AASHTO tiene la velocidad de diseño mayor hasta 130 km/h y el número de disponible es de 2 y 4 carriles. En la norma MOP está dirigido a 2 carriles

Dentro del programa Civil3D el proceso de diseño inicia al trazar un alineamiento competente sobre la superficie que representa el terreno natural y se establece la velocidad de diseño que corresponda. El radio mínimo se coloca automáticamente dentro de la norma y aquí

inicia todo el procedimiento donde el fichero de criterio de diseño entra en funcionamiento para asistir al ingeniero y calcular los valores mínimos de elementos geométricos de la vía.

En la norma ecuatoriana inicia en el siguiente orden:

4.2.1. Velocidad de diseño

Para determinar este parámetro el criterio de la MOP es según la categoría de la vía que está en función del TPDA y del relieve de la zona. De aquí parte el diseño tomando la velocidad recomendable cuando sean vías nuevas y velocidad absoluta en vías antiguas.

Se presenta en la tabla a continuación los valores recomendados.

Tabla 4

Velocidad de diseño

CATEGORÍA DE LA VÍA		TPDA ESPERADO	VELOCIDAD DE DISEÑO KM/h											
			BÁSICA (RELIEVE LLANO)				PERMISIBLE EN TRAMOS DIFÍCILES							
			(RELIEVE ONDULADO)				(RELIEVE MONTAÑOSO)							
			Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal.	Utilizada 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.	Utilizada 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.	Utilizada 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.	Utilizada 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.	Utilizada 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.	Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad.
			Recom	Absoluta	Recom	Absoluta	Recom	Absoluta	Recom	Absoluta	Recom	Absoluta	Recom	Absoluta
R-I o R-2 (Tipo)		> 8000	120	110	100	95	110	90	95	95	90	80	90	80
I	Todos	3000 - 8000	110	100	100	90	100	80	90	90	80	50	80	60
II	Todos	1000 - 3000	100	90	90	85	90	80	85	80	70	50	70	50
III	Todos	300 - 1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
IV	TIPO 5,5E,6Y7	100 - 300	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	50	25
V	4 Y 4E	< 100	60	50	60	50	50	35	50	35	40	25	40	25

Nota. Los valores recomendados se ampliarán cuando el T.P.D.A. es cercano al límite superior de la respectiva categoría de vía.

Fuente: MOP (2003).

Los valores absolutos se emplearán cuando el T.P.D.A. es cercano al límite inferior de la respectiva categoría de vía y/o al relieve sea difícil

La categoría IV incluye además los caminos vecinales tipo 5, 5E, 6 y 7 contenidos en el manual de caminos vecinales "Berger-Protocva" 1984 y categoría V son los caminos vecinales 4 y 4E.

En zonas con perfiles de meteorizados profundo (estribaciones) requerirán de un diseño especial considerando los aspectos geológicos.

Para la categoría IV y V en caso de relieve escarpado se podrá reducir la Vd min a 20 Km/h.

4.2.2. Alineamiento Horizontal

4.2.2.1. Radio Mínimo

Este importante parámetro está calculado en las dos normas en función del peralte "e" y del coeficiente de fricción lateral "f" como se detalla en el capítulo IV aquí se realiza una comparación entre las dos ecuaciones de obtener el radio mínimo.

Ecuación (3-7) de la AASHTO. En el Anexo 2 Se detalla la tabla para todas las velocidades de diseño.

Ecuación 12:

Ecuación para el cálculo de radio mínimo según AASHTO

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

Se presenta la tabla de valores para el factor de fricción fmax.

Ecuación (V.3) MOP 2003 En el Anexo 2. Se detalla la tabla para todas las velocidades de diseño.

Ecuación 13:

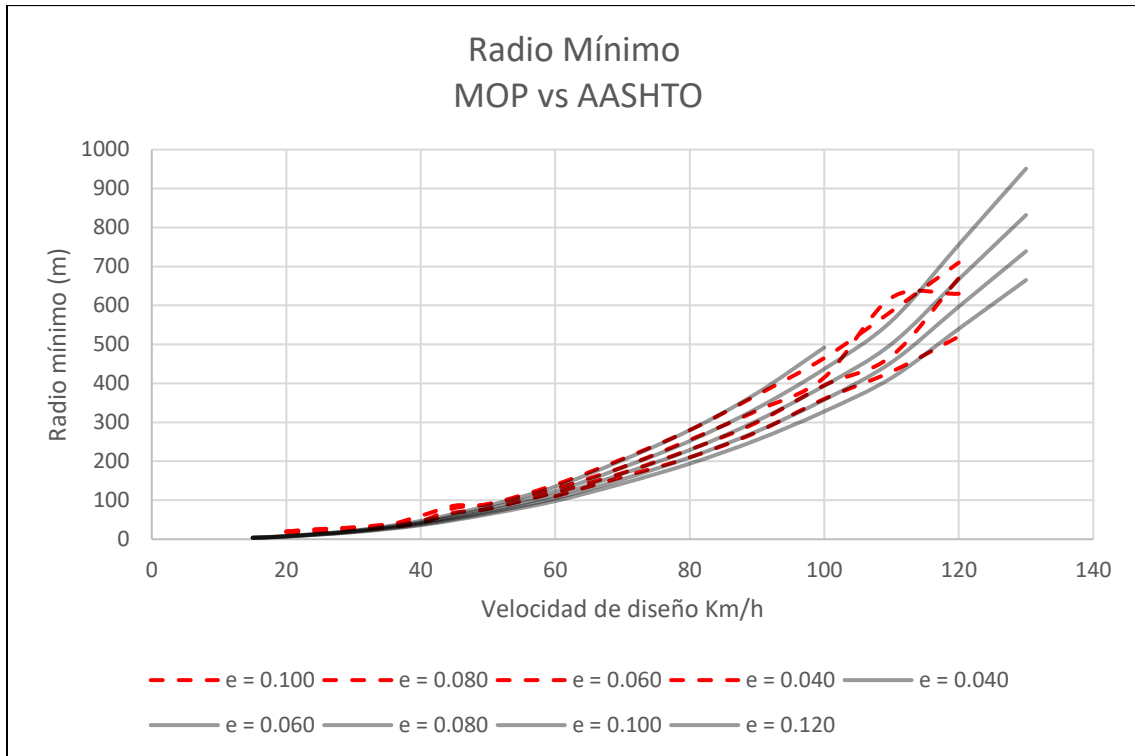
Ecuación para el cálculo de radio mínimo según MOP 2003

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

Se realiza el análisis comparativo con todas las velocidades de diseño permitidas y se realiza una figura de velocidad de diseño y radio mínimo. Se presenta la tabla de valores para el factor de fricción f_{max} .

Figura 32.

Radios mínimos de las normas MOP y AASHTO



Nota. La línea roja representa a los valores de la MOP 2003. Aquí se observa un incremento del radio para una velocidad de diseño de 50 km/h de 20 m aproximadamente, es decir, quiere un poco más de seguridad en esas curvas con esa velocidad. También con un peralte de una curva del 4% el radio mínimo aumenta 90 m para una velocidad de 110 km/h. Para el resto de las

velocidades no se observa diferencias importantes. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

En la MOP presenta los valores de radio mínimo para peraltes (e) desde 4% a 10% similar a la norma AASHTO la diferencia consiste en el factor de fricción de nuestra región. Los análisis del comportamiento del vehículo durante la circulación en la curva es el mismo en todos los casos debido a que es un análisis físico dinámico y estático. Se presenta a continuación la tabla 5 con los radios calculados y recomendados de la norma ecuatoriana.

Tabla 5

Radios mínimos según la norma MOP

Velocidad de Diseño o km/h	"f" máximo m/m	RADIO MÍNIMO CALCULADO (m)				RADIO MÍNIMO RECOMENDADO (m)			
		e = 0.100	e = 0.080	e = 0.060	e = 0.040	e = 0.100	e = 0.080	e = 0.060	e = 0.040
20	0.350	-	7.32	7.68	8.08	-	18	20	20
25	0.315	-	12.46	13.12	13.86	-	20	25	26
30	0.284	-	19.47	20.60	21.87	-	26	30	30
35	0.266	-	27.88	29.59	31.52	-	30	38	36
40	0.221	-	41.86	44.83	48.27	-	42	46	60
45	0.200	-	56.95	61.33	66.44	-	68	80	86
50	0.190	-	72.91	78.74	85.59	-	78	90	90
60	0.165	106.97	115.70	125.98	138.28	110	120	130	140
70	0.150	154.33	167.75	183.73	203.07	160	170	185	206
80	0.140	209.97	229.06	251.97	279.97	210	230	255	280
90	0.134	272.56	298.04	328.76	366.55	275	300	330	370
100	0.130	342.35	374.95	414.42	463.18	360	395	415	465
110	0.124	425.34	467.04	517.80	580.95	430	470	620	585
120	0.120	515.39	566.93	629.92	708.66	520	670	630	710

Nota. Esta tabla es muy importante. Son los radios mínimos en función del peralte y factor de fricción usados en la norma ecuatoriana. Fuente: MOP (2003).

4.2.2.2. Peralte

En Ecuador se usa como máximo el 10% de peralte para las curvas este es otro factor que se toma en cuenta para determinar el radio mínimo. Y En el Anexo 16 se presenta la variación en los coeficientes de fricción lateral “f” de la AASHTO.

Para la MOP es la ecuación (V.3) tomando en cuenta el factor de fricción de la calzada “f”.

Ecuación 14:

Ecuación para el cálculo de peralte

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

A continuación, se presentan los valores de f con los que recomienda la MOP

Tabla 6

Valores límites permisibles de “f” según el estado del pavimento

	Valores límites permisibles de “f” según el estado del pavimento		
	Seco	Húmedo	Con hielo
Estabilidad contra el volcamiento	0.60	0.60	0.60
Estabilidad contra el deslizamiento	0.36	0.24	0.12
Comodidad del viaje para el pasajero	0.15	0.15	0.15
Explotación económica del vehículo	0.16	0.10	0.10

Fuente: Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

4.2.2.3. Método de transición del peralte

Se mencionan tres métodos principales:

1. Haciendo girar la calzada alrededor de su eje para terrenos montañosos.
2. Haciendo girar la calzada alrededor de su borde interior (para terrenos llanos)
3. Haciendo girar la calzada alrededor de su bote exterior.

Siendo el más usado el primer método que gira alrededor del eje el resto de los métodos existe para casos en que requiere mejorar el bombeo.

El tipo de curvas y métodos de transición que ofrece el programa se adapta perfectamente a las usadas en Ecuador curvas circulares, curvas espirales, curvas compuestas como las principales. En la MOP se calcula con el mínimo peralte de 0.5% y el máximo peralte de 10%. A diferencia de la AASHTO con 12% de peralte máximo debido a su velocidad de diseño ligeramente mayor.

Los chequeos se realizan con el cálculo de las longitudes que componen las curvas mediante ecuaciones geométricas.

4.2.2.4. Tangente intermedia mínima

4.2.2.4.1. Longitud de aplanamiento (X)

Longitud necesaria dentro de la tangente para el desarrollo del peralte (X)

Ecuación 15:

Ecuación para el cálculo de longitud tangente desarrollo de peralte

$$X = \frac{b * P}{2i}$$

Donde:

- X= longitud dentro de la tangente para realizar el giro del plano del carril exterior hasta dejarlo a nivel con la horizontal. “Bombeo cero”
- B = ancho de la vía
- P= pendiente transversal de la vía (2%)
- i = gradiente longitudinal

4.2.2.4.2. Longitud para el desarrollo de peralte (L)

Ecuación 16:

Ecuación para el cálculo de longitud desarrollo de peralte

$$L = \frac{e * b}{2i}$$

Donde

- L= longitud de desarrollo del peralte
- e = peralte de la curva
- b = ancho de la vía
- i = gradiente longitudinal

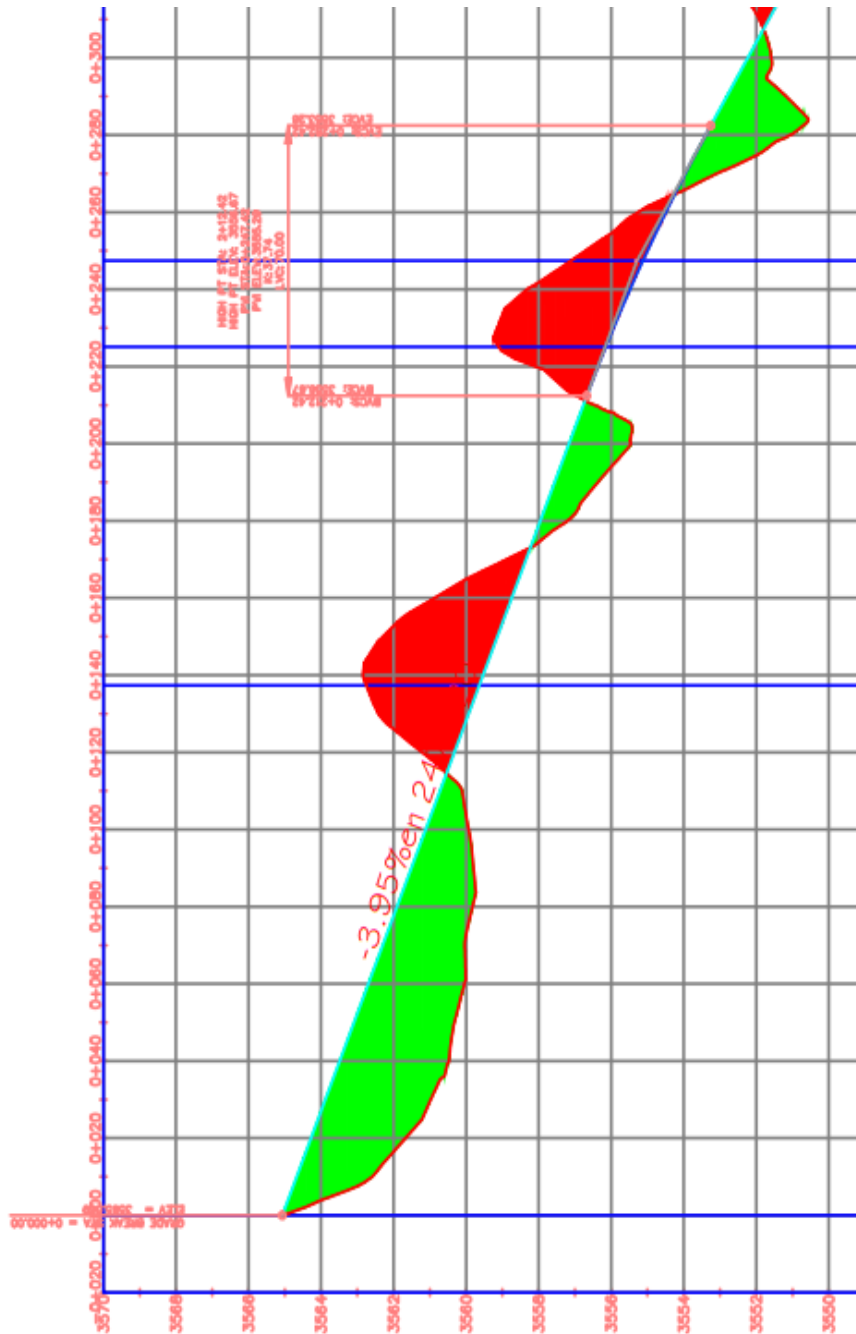
El ingeniero diseñador también tiene que tomar en cuenta la mínima gradiente longitudinal y con esta calcular los parámetros de X y L y tomar el mayor valor calculado.

En siguiente tabla se pueden obtener los valores recomendados de gradiente longitudinal mínima.

La norma en su tabla Anexo R-2 de MOP indica que se puede usar como mínima absoluta la pendiente de 0.5%.

Figura 33.

Perfil vertical de una carretera en CIVIL 3D



Nota. Se observa la gradiente longitudinal de 3.95% en el perfil de la subrasante. Los colores verdes representan el relleno y en color rojo al corte. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Tabla 7

Gradiente Longitudinal (i, %) necesaria para el desarrollo del peralte

Velocidad (km/h)	Valor de i (%)
20	0.800
25	0.775
30	0.750
35	0.725
40	0.700
50	0.650
60	0.600
70	0.550
80	0.500
90	0.470
100	0.430
110	0.400
120	0.370

Nota. Son valores recomendados de gradiente longitudinal de la vía en función de la velocidad de diseño Vd (km/h); Según el anexo R-2 de la MOP (2003) la gradiente longitudinal mínima es 0.5% es la que se usa normalmente en Ecuador. Fuente: Cuadro V.2 MOP (2003)

Por tanto, la longitud de la tangente intermedia mínima es el total de transición que es

Ecuación 17:

Ecuación para el cálculo de longitud total de desarrollo de peralte

$$L_t = L + X.$$

En la siguiente figura se representa la longitud necesaria dentro de la tangente para el desarrollo del peralte y parte de la longitud L distribuida en la curva.

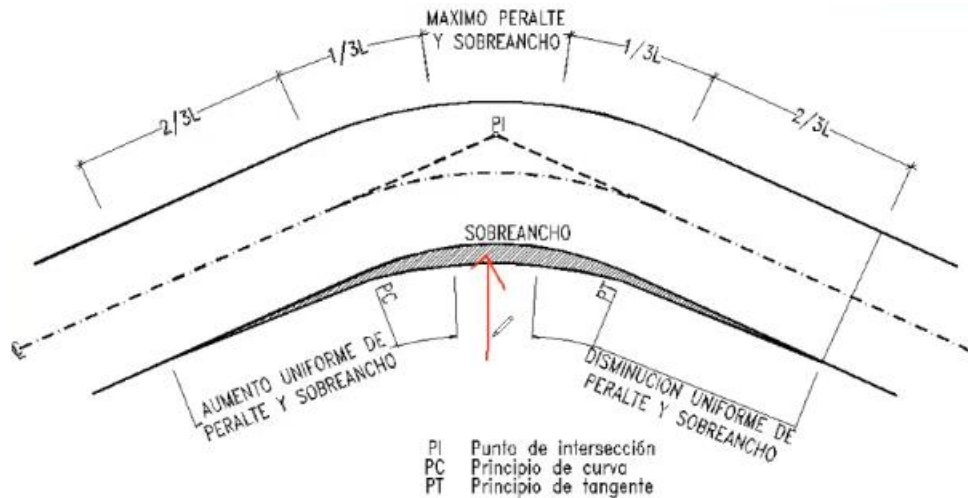
4.2.2.5. Transición del peralte

4.2.2.5.1. Curva circular

La transición se la va a realizar para curva circular como se explica en la siguiente figura.

Figura 34.

Transición del peralte curva circular



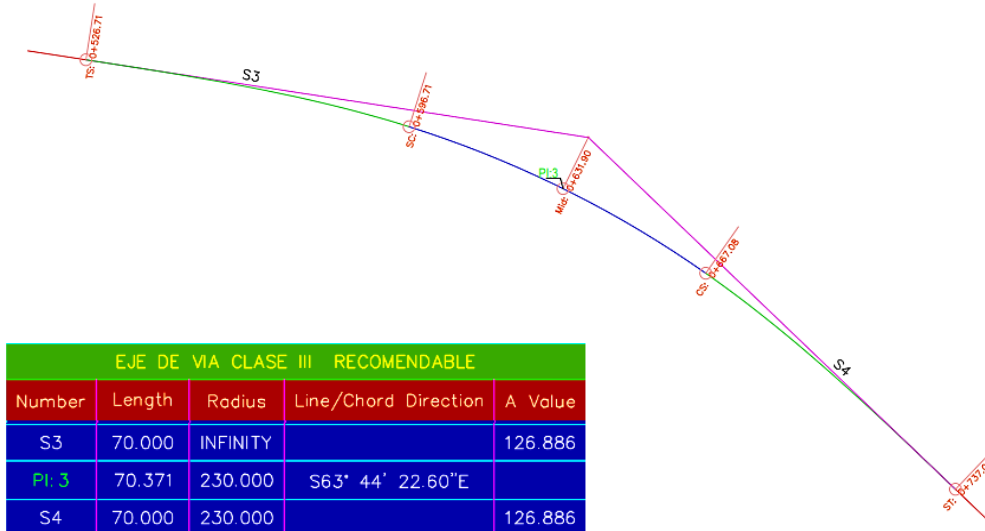
Nota. Longitud de transición se ubica $2/3$ en la alineación recta tangente y el $1/3$ dentro de la curva circular. Para casos difíciles el peralte puede desarrollarse en $1/2L$ en la recta y $1/2$ curva circular. Fuente: MOP (2003)

4.2.2.5.2. Curva Espiral

Para el uso de espirales el desarrollo de peralte se lo hace sobre toda la longitud de la espiral en este caso el desarrollo del peralte debe ser distribuido en $2/3$ de L_e el 66.67% del peralte y en el $1/3$ faltante, desarrollar el peralte hasta el 100% para entrar a la curva circular.

Figura 35.

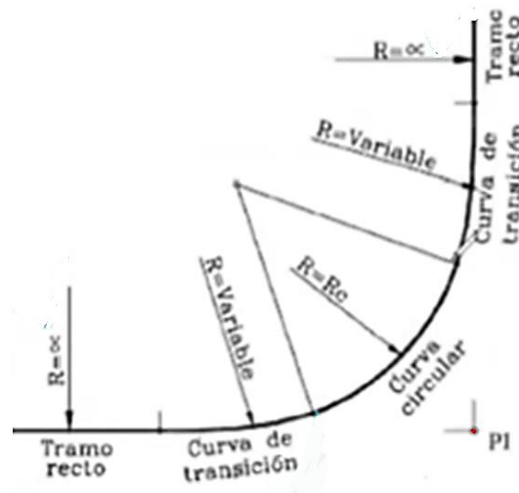
Curva espiral



Nota. Se presenta una curva compuesta con espirales y su tabla de curvas. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Figura 36.

Curva compuesta



Nota. Se describe una curva compuesta que tiene curva de transición de entrada, curva de circular, curva de transición de salida. Además, se considera que una curva compuesta perfecta es

la que tiene las tres longitudes iguales. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Respecto al fichero AASHTO tiene la disponible transición de peralte método plano y el método con bombeo normal. El método de bombeo normal es el compatible con la norma ecuatoriana MOP para diseño horizontal.

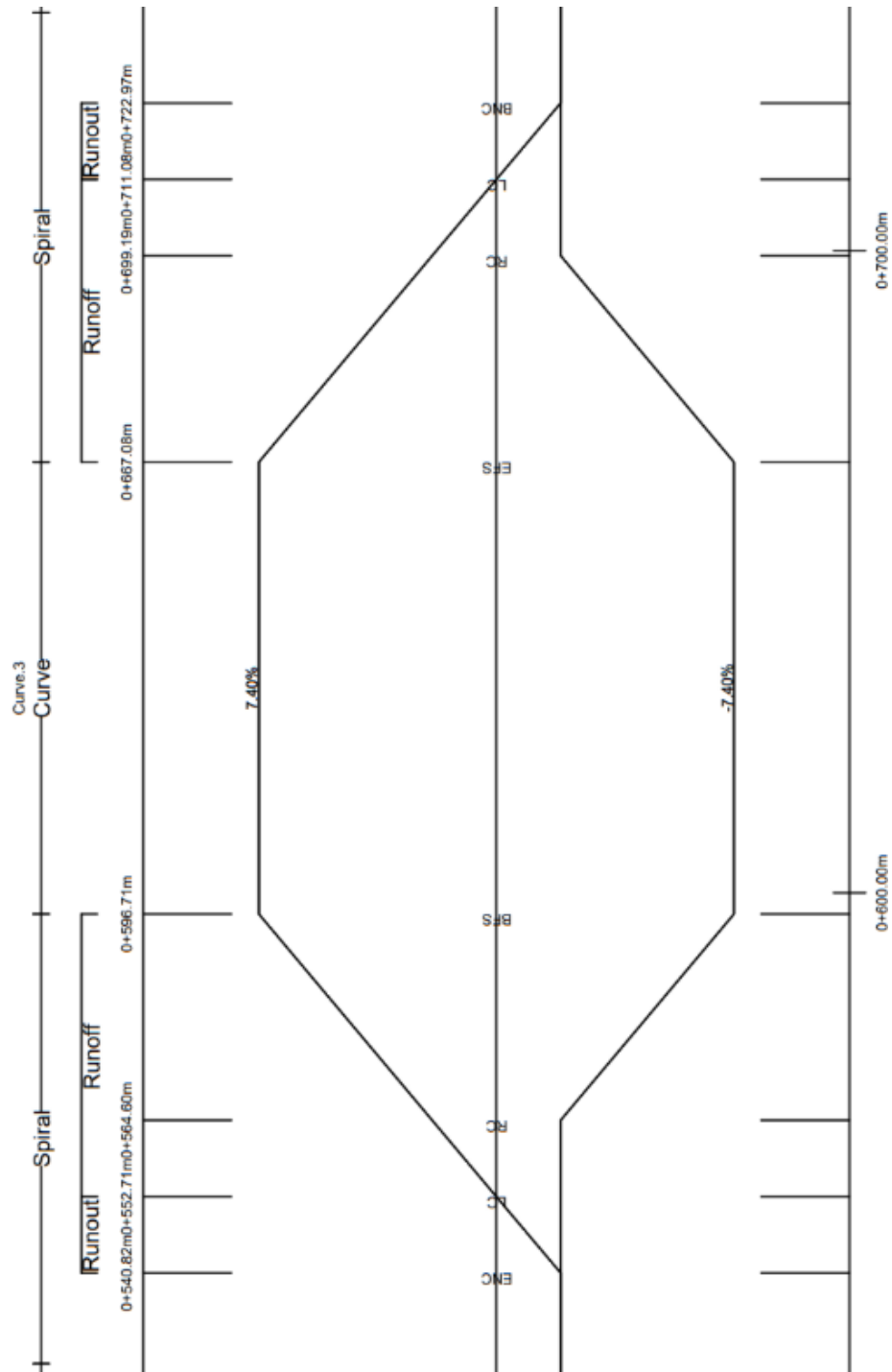
La diferencia con la AASHTO es que las tablas precargadas no logran adaptar correctamente desarrollo del peralte en toda la longitud de la espiral. Para las circulares no existe inconveniente, pero por lo general se usa una curva compuesta que es espiral – curva – espiral

La figura de diagrama de peralte a continuación es de una curva-espiral-curva fue realizada con el fichero activado AASHTO con el criterio de diseño por defecto. Como se observa la transición no la hace en la longitud de la espiral. Como recomienda directamente en la norma ecuatoriana. Otra diferencia con la AASHTO es que no contempla la unión de dos espirales y la MOP si permite.

Civil 3D determina las interpolaciones para que a medida que avanza la abscisa el peralte siga desarrollándose. Esto lo hace totalmente automático, pero siempre y cuando esté en el fichero las fórmulas y tablas de transición del peralte como. Los peraltes son calculados por el programa sin embargo debe ser revisado por el usuario.

Figura 37.

Diagrama de peraltes de una curva espiral – círculo – espiral



Nota. El diagrama de peralte que se presenta tiene la zona de aplanamiento (runout) y la zona de transición (runoff). Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

La longitud espiral mínima según la MOP está definida por la siguiente ecuación. Con la cual se genera la siguiente tabla de longitud de espiral.

Ecuación 18:

Ecuación para el cálculo de longitud de espiral

$$Le = 0.036V^2/R$$

Tabla 8

Valores mínimos recomendables de longitud de espiral

		Longitud de la espiral													
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

Nota. Se presenta la longitud de la espiral mínima recomendada (Le). Ésta es comparada con {L} y {Le} y se toma la mayor para usar en la espiral. Fuente: MOP (2003).

4.2.2.6. Sobreancho

Este parámetro mejora la seguridad y comodidad de tránsito de los vehículos. La norma MOP (2003) entrega las tablas en base a los siguientes criterios:

- a) El sobreancho para carreteras será determinado por el ancho del vehículo de diseño (U, m)
- b) El espacio lateral que necesita cada vehículo (C, m)
- c) El avance del voladizo delantero producido al girar (FA, m)
- d) El sobreancho adicional de seguridad (Z)

El ancho para dos carriles en la curva

El ancho de vía de dos carriles se obtiene con la ecuación:

$$A_c = 2(U + C) + FA + Z$$

Con esto se establece que el valor mínimo del sobreancho es 30 cm hasta 50 km/h y de 40cm para velocidades mayores. En los cuadros de los anexos

se indica detalla sobreanchos en función de la velocidad, radio y vehículo de diseño.

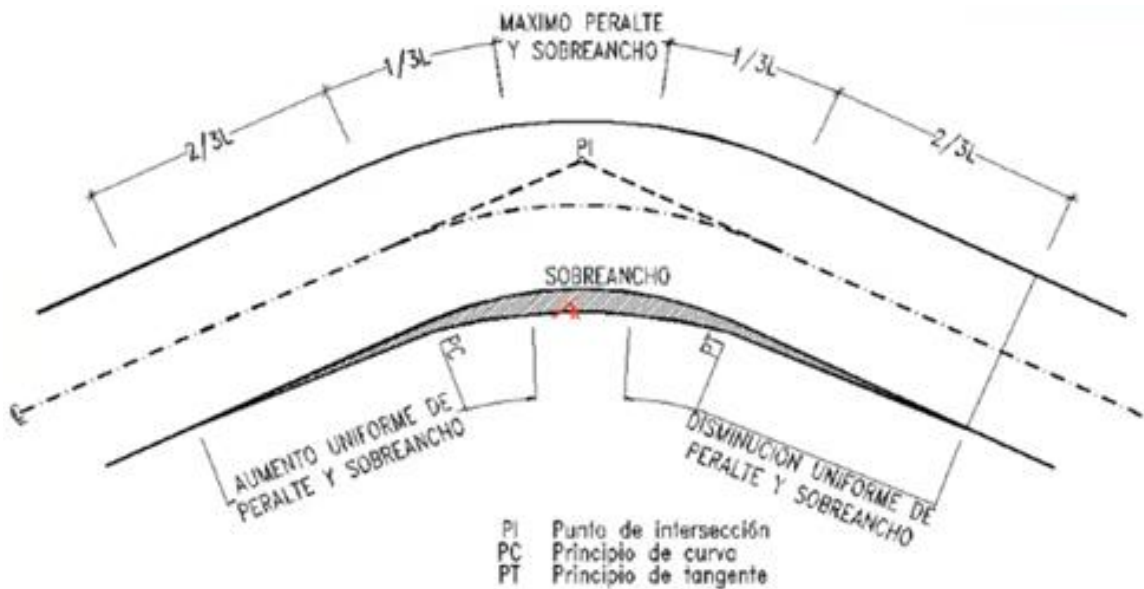
El radio máximo para cada velocidad de diseño se dice máxima porque a partir de este radio el vehículo tiende a salirse del carril y tiene visibilidad amplia.

4.2.2.6.1. Distribución del sobreancho

- a) En curvas circulares el ensanchamiento es respecto al borde interno.
- b) En las curvas con espirales, el ensanchamiento se reparte por igual con el borde interno y el externo de la calzada.
- c) En alineamientos sin peralte (en tangente solo con bombeo), el ensanchamiento se realiza progresivamente a lo largo de la longitud de desarrollo del peralte. Es decir, $2/3$ en la tangente y $1/3$ dentro de la curva.
- d) Alineamiento con curvas espirales se distribuye a lo largo de la longitud de la espiral.

Figura 38.

Distribución del sobreancho



Nota. En la curva circular la norma recomienda el aumento uniforme de peralte y sobreancho en la misma proporción. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

4.2.3. Perfil Vertical

4.2.3.1. Gradientes y longitud máxima

La norma recomienda adoptar los siguientes valores

Para gradientes del 8-10% longitud máxima de 1000 m

Para gradientes del 10-12% longitud máxima de 500 m

Para gradientes del 12-14% longitud máxima de 250 m

La gradiente mínima será del 0.5%

4.2.3.2. Curvas verticales

La relación L/A expresa la longitud de la curva en metros, por cada tanto por ciento de la diferencia algébrica de gradientes; esta relación, denominada K .

4.2.3.3. Curva Convexa

Se calcula en base a los requerimientos de distancia de visibilidad para parada de un vehículo, considerando una altura del ojo del conductor de 1.15 m y una altura del objeto que se divisa igual a 0.15. En los cuadros VII-2 y VII-3 se de la MOP (2003) se indican los valores de K para diferentes velocidades de diseño.

Las curvas tienen los mismos tipos en las nos normas y tiene una variación en los valores de K que a continuación se presentan las siguientes tablas con los coeficientes k.

Tabla 9

Coefficiente K en función de la distancia de visibilidad de parada

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de Visibilidad de parada - "s", (metros)	Coeficiente $K=S^2/426$	
		Calculado	Redondeado
20	20	0.94	1
25	25	1.47	2
30	30	2.11	2
35	35	2.88	3
40	40	3.76	4
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

Nota. Se presenta los valores recomendados de K para curvas convexas. Fuente: Cuadro VII-2 MOP (2003)

4.2.3.4. Curva Cóncava

Por seguridad las curvas verticales cóncavas deben ser lo suficientemente largas que la iluminación de los faros del vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad necesaria para la parada de un vehículo. Se basa en una altura de 60 cm para los faros del vehículo y la luz del faro un grado hacia arriba respecto al eje longitudinal del vehículo.

Tabla 10

Coefficiente K en función de la distancia de visibilidad de parada e iluminación.

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de Visibilidad de parada - "s", (metros)	Coefficiente $K=S^2/122+3.5S$	
		Calculado	Redondeado
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

Nota. Se presente los valores de K de distancia de visibilidad de parada que sean iguales a la distancia de iluminación de los faros de vehículo. Fuente: MOP (2003).

4.3. Investigación de parametrización para un nuevo fichero en CIVIL 3D

En este apartado se detalla como el programa Civil 3D busca adaptarse al resto de países del mundo y da facilidades al ingeniero vial. En esta ocasión permite la edición y creación de criterios de diseño para el diseño geométrico de carreteras.

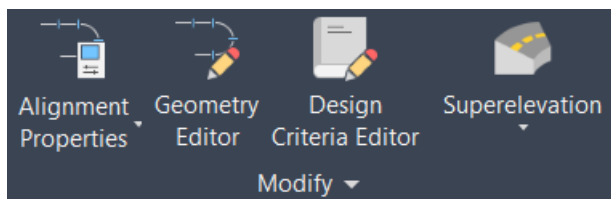
Se realiza la investigación de cómo puede ser editado y según las especificaciones de Knowledge de Autodesk el procedimiento para usar el “Design Criteria Editor” dentro del menú Modify del Alineamiento.

4.3.1. Design Criteria Editor

Inicia desde el menú modificar abriendo el editor de criterio. Aquí nos permite colocar los valores aceptados de nuestra región

Figura 39.

Menú modificar del alineamiento.



Nota. En el menú alineamiento encontramos a las propiedades, al editor de geometría, al editor de criterio de diseño y peraltes. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

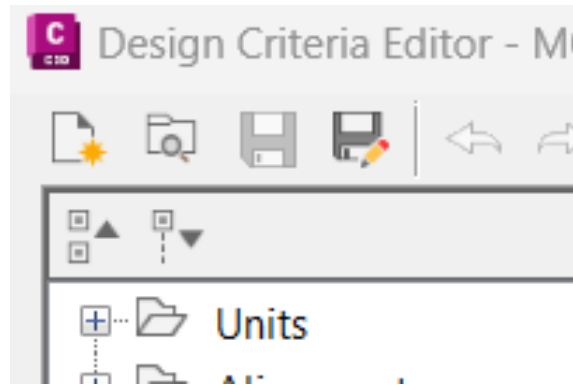
Al abrir el Editor de criterio obtenemos los siguientes botones de creación,

4.3.2. Barra de herramientas del editor de criterio

En esta ventana encontramos las unidades, el alineamiento y perfiles que conforman el criterio de diseño de carreteras. Se puede editar el que viene por defecto o crear uno nuevo con estas tres carpetas como base.

Figura 40.

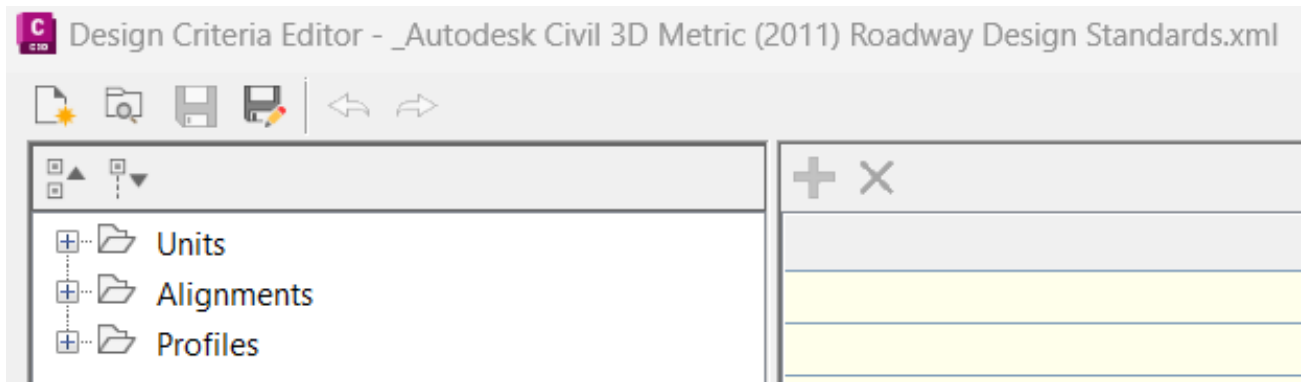
Herramientas del Editor de Criterio de diseño



Nota. Se puede observar el botón nuevo fichero, abrir, guardar y guardar como. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Figura 41.

Carpetas del fichero



Nota. En esta figura se observan los criterios a tomar en cuenta para la creación del nuevo fichero. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Todas las carpetas son editables esta es la ventaja que ofrece el programa. Podemos adaptar el fichero a cualquier condición. Incluso hay la posibilidad de adaptarte a condiciones más extremas durante del diseño geométrico de carreteras.

4.3.3. Design Check (Chequeos de diseño)

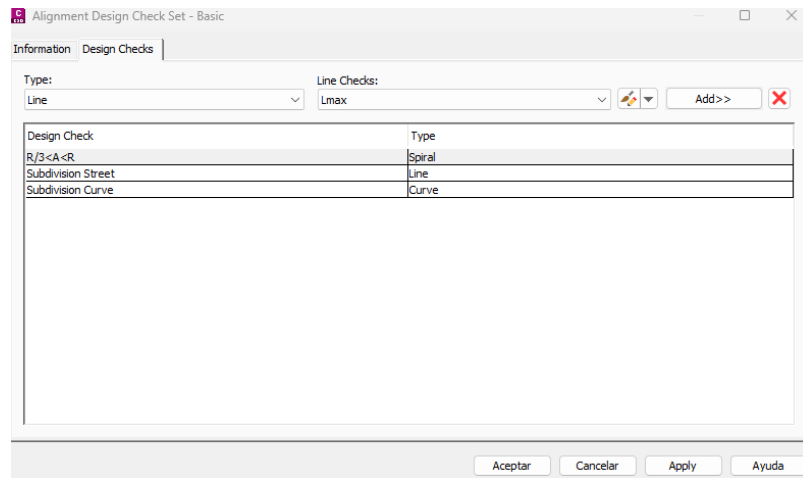
Se investiga que existen chequeos adicionales dentro del programa parte de la norma que son las longitudes mínimas de tangentes, curvas y espirales

Los Design Check son restricciones o parámetros que define el usuario para controlar aspectos del diseño. La plantilla _Autodesk Civil 3D (Metric) NCS.dwt trae cargados estos parámetros por defecto las restricciones como por ejemplo la tangente intermedia debe ser mayor a 35m, el radio de las curvas mayor a 110m y la longitud de la espiral definido por la AASHTOO (2011).

A continuación, se muestra la ventana de chequeos. Donde puede crear un estilo de chequeo propio y se creará un fichero adicional. Para poder ser usado en otros proyectos y no volverlo a crear cada que se inicie nuevos diseños.

Figura 42.

Chequeos normativos de longitudes



Nota. Los chequeos básicos se añaden (Usando el botón Add>>) una vez creados; en esta ventana ponemos condiciones normadas como radio de espiral longitud de transición del peralte en curva espiral y circular. Los que se muestran son los que vienen por defecto en el estilo “Basic”.

Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

4.3.3.1. Chequeo de tangente intermedia mínima

En la figura del chequeo de longitud intermedia mínima se toma el mayor entre L_e y L revisando las tablas el menor valor es para 2% de bombeo 10% de peralte máximo, gradiente longitudinal mínima de 0.5% y un ancho de carril de 3m nos da un $X=6m$ y $L=30m$


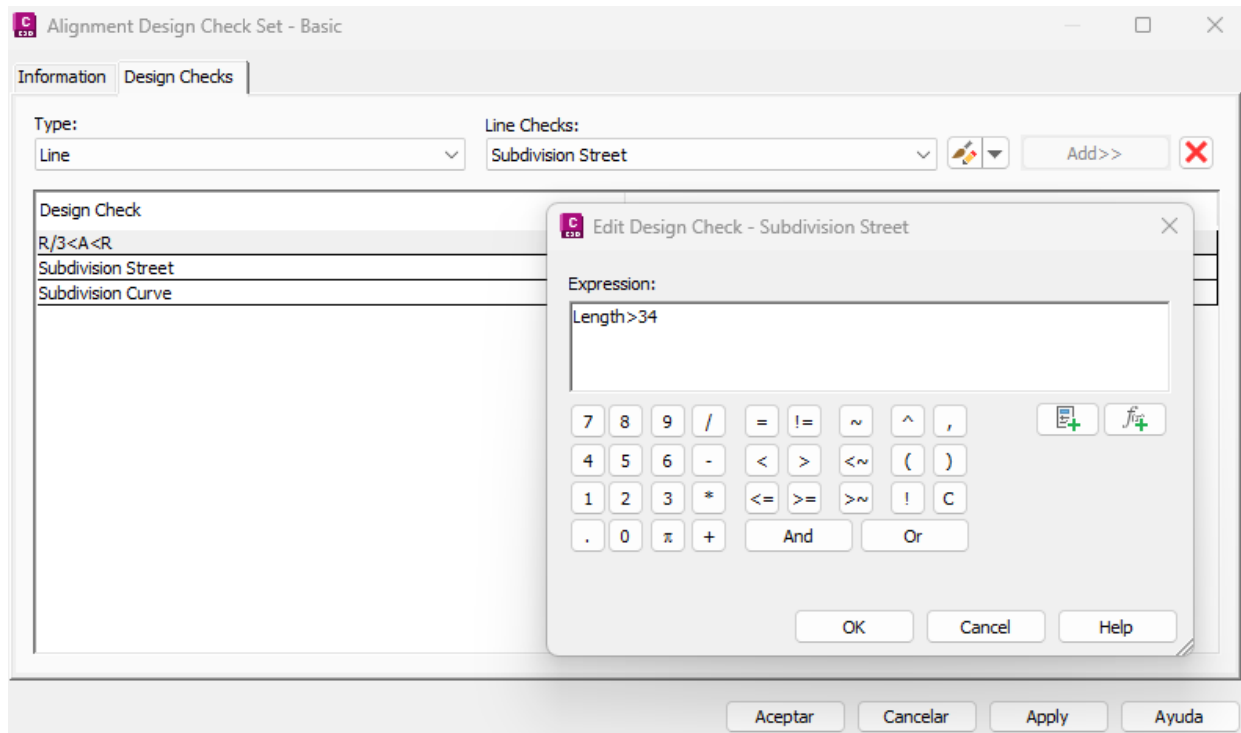
Para editar Line podemos usar el mismo estilo de edición que todos los componentes de civil. Es decir, dando clic en el botón editar una vez seleccionado Subdivision Street del tipo línea con el botón .

Figura 43.

Chequeo tangente intermedia mínima



Nota. Según los valores por defecto tiene que la longitud de la tangente intermedia ser mayor a 34 m. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

4.3.3.2. Chequeo de radio mínimo en curva circular


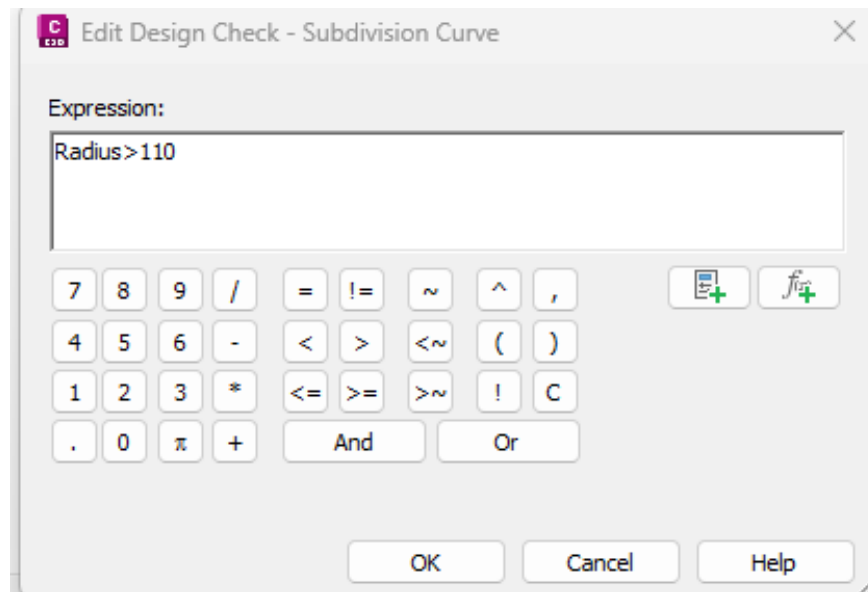
Para el caso de subdivisión curve se edita este chequeo  y podemos visualizar que el radio que este chequeo está en función del mismo radio mínimo definido en las tablas en función de la velocidad y peralte.

Figura 44.

Subdivision curve



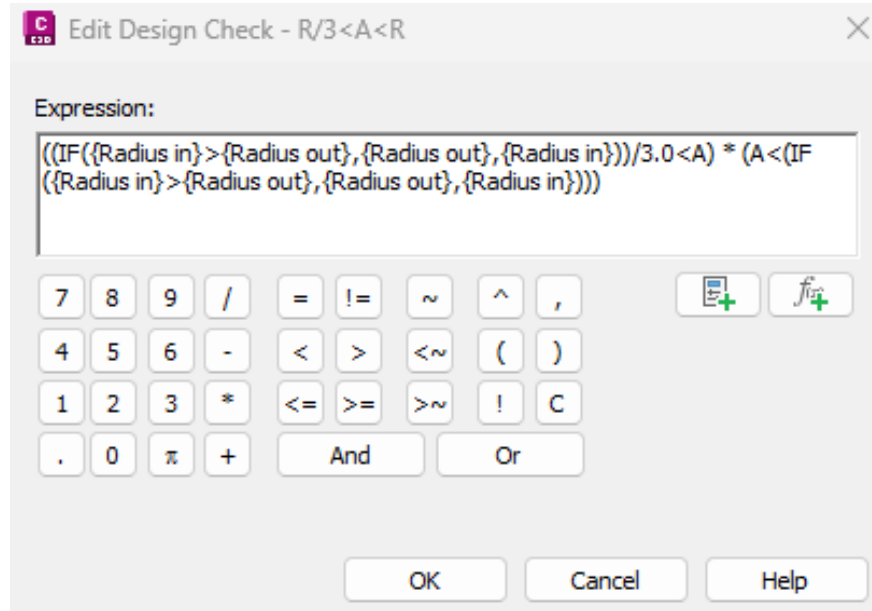
Nota. Se aprecia que en la edición solicita el radio mínimo para el parámetro Subdivision Street. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

4.3.3.3. Chequeo de parámetro A en las espirales

Para el caso de espirales se chequea la longitud A cumpla las condiciones de la norma AASHTO en este caso.

Figura 45.

Chequeo de longitud de la espiral



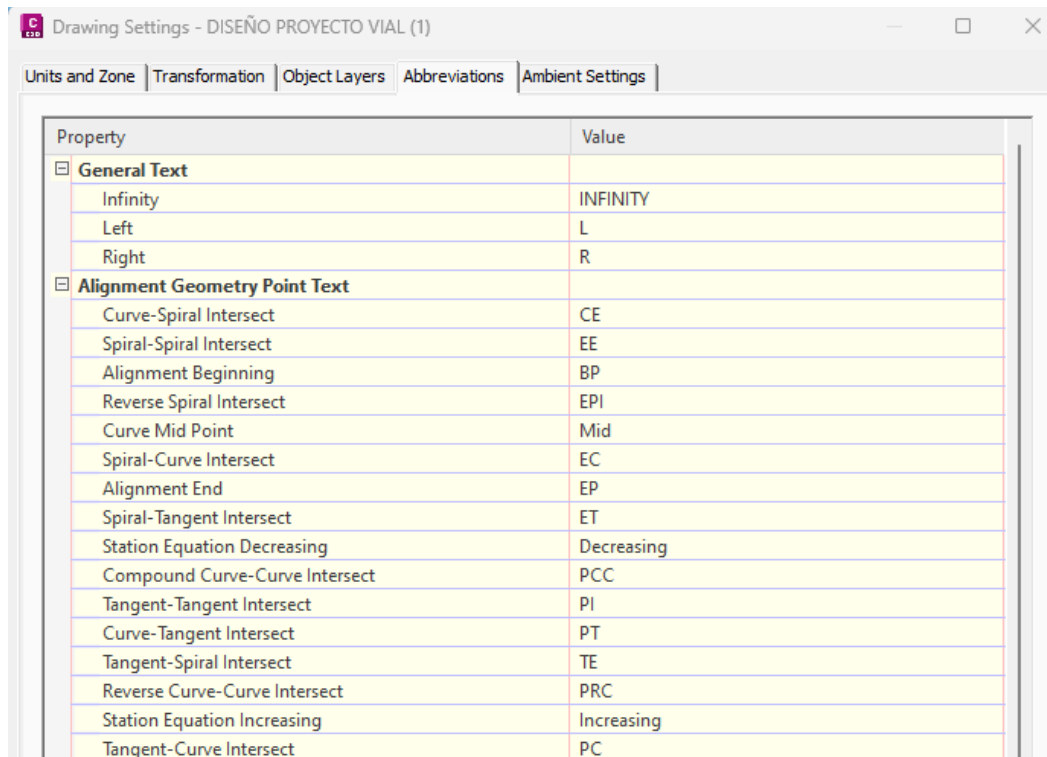
Nota. Se presenta en este chequeo la verificación en función de A en este caso el programa la llama así porque la espiral de entrada será de la misma longitud que la espiral de salida. $Lc1=Lc2=\{A\}$ Las condiciones a cumplir son el mayor de los radios de entrada o salida dividido para 3 tiene que ser menor que $\{A\}$ y tiene que ser menor que el menor del radio de entrada o salida. $R/3<A<R$. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

4.4. Implementación del fichero

Para facilitar la comprensión se presenta una tabla de abreviaturas con las cuales el programa civil 3D trabaja.

Figura 46.

Configuraciones de dibujo pestaña Abreviaturas en civil 3D



Property	Value
General Text	
Infinity	INFINITY
Left	L
Right	R
Alignment Geometry Point Text	
Curve-Spiral Intersect	CE
Spiral-Spiral Intersect	EE
Alignment Beginning	BP
Reverse Spiral Intersect	EPI
Curve Mid Point	Mid
Spiral-Curve Intersect	EC
Alignment End	EP
Spiral-Tangent Intersect	ET
Station Equation Decreasing	Decreasing
Compound Curve-Curve Intersect	PCC
Tangent-Tangent Intersect	PI
Curve-Tangent Intersect	PT
Tangent-Spiral Intersect	TE
Reverse Curve-Curve Intersect	PRC
Station Equation Increasing	Increasing
Tangent-Curve Intersect	PC

Nota. Se presentan los puntos geométricos principales del alineamiento. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

4.4.1. Alineamiento Horizontal

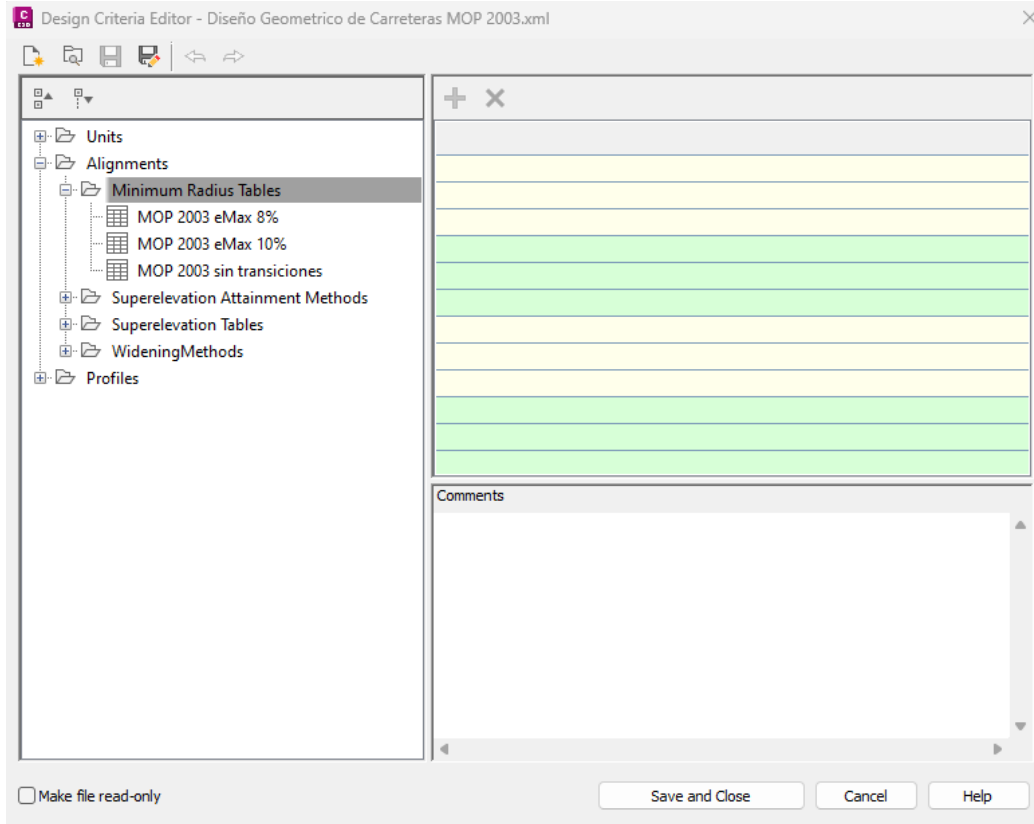
El programa Civil 3D está diseñado para adaptarse a las normativas de diferentes países. A través del editor de criterio de diseño se modifica las tablas de radio mínimo con los valores de la MOP 2003.

A continuación, se muestra valores de los radios mínimos que se ingresó al fichero según el Estudio comparativo de AASHTO con MOP 2003 de la página 23 de este trabajo. Donde

muestra las tablas con las cuales trabaja la MOP y estos valores van a ser colocados en el nuevo fichero. En las figuras a continuación se vería como queda conformada la norma ecuatoriana en el programa civil.

Figura 47.

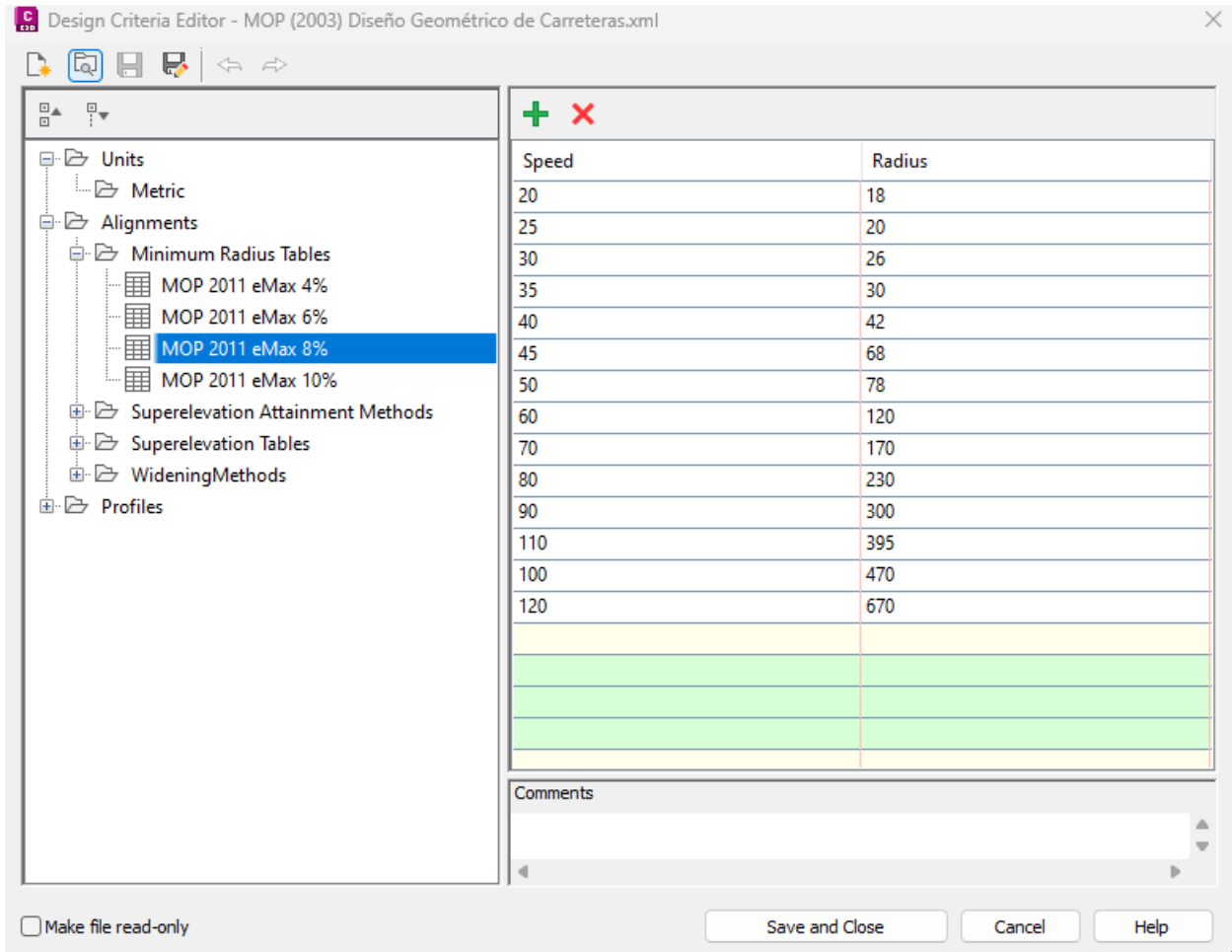
Tablas de Radio mínimo



Nota. Se presenta la carpeta del fichero que contiene los radios mínimos calculados en función del peralte. En Ecuador por lo general se usa el 10% de peralte, pero como la norma indica se pondrá usar un peralte máximo de 8% para tipos 4 5 y 6 y hasta clase 3 un 10% de peralte máximo. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Figura 48.

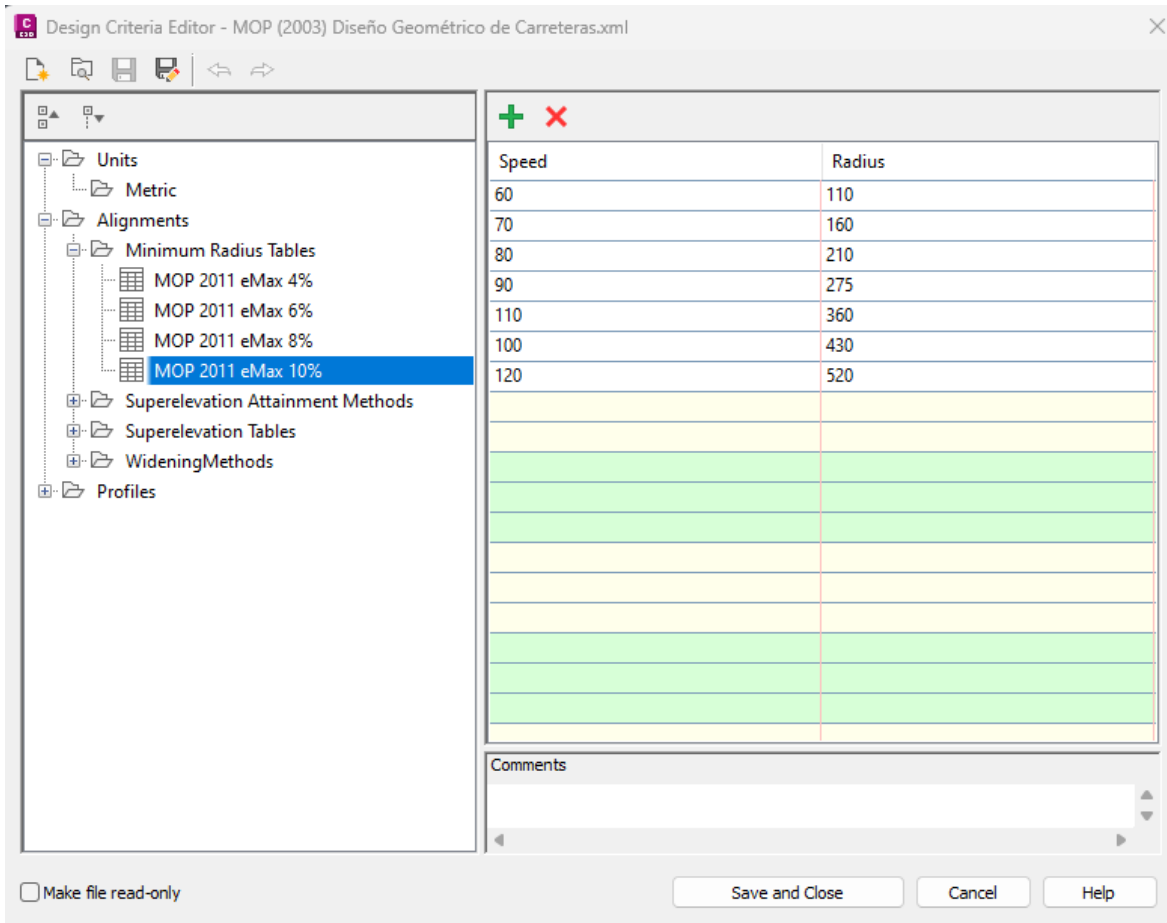
Radio mínimo con peralte máximo de 8%



Nota. Se presenta los valores ingresados en el nuevo fichero para radios mínimos recomendados por la MOP 2003 cuando se tiene de peralte máximo 8% valores. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Figura 49.

Radio mínimo con peralte máximo de 10%



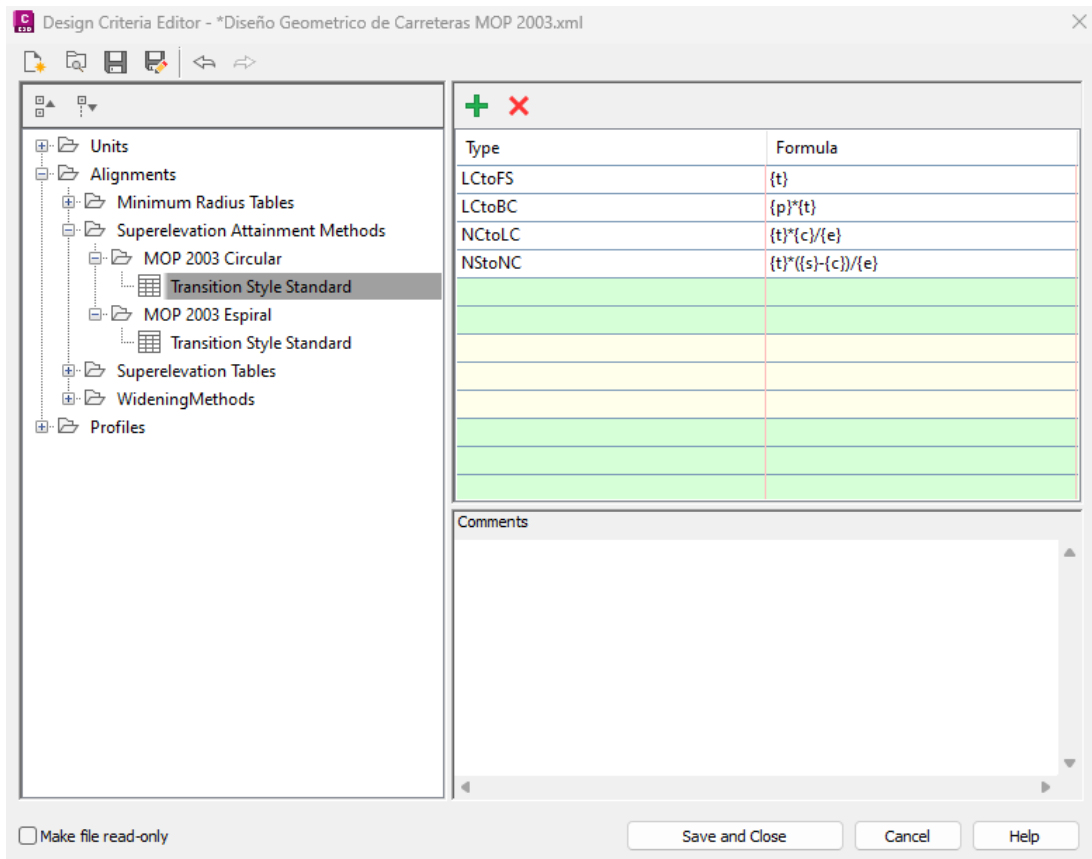
Nota. Se presenta los valores ingresados en el nuevo fichero para radios mínimos recomendados por la MOP 2003 cuando se tiene de peralte máximo 10% valores. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

4.4.2. Transición de peraltes

Longitud de transición de peralte para carretera con bombeo método estándar

Figura 50.

Fichero para curva circular



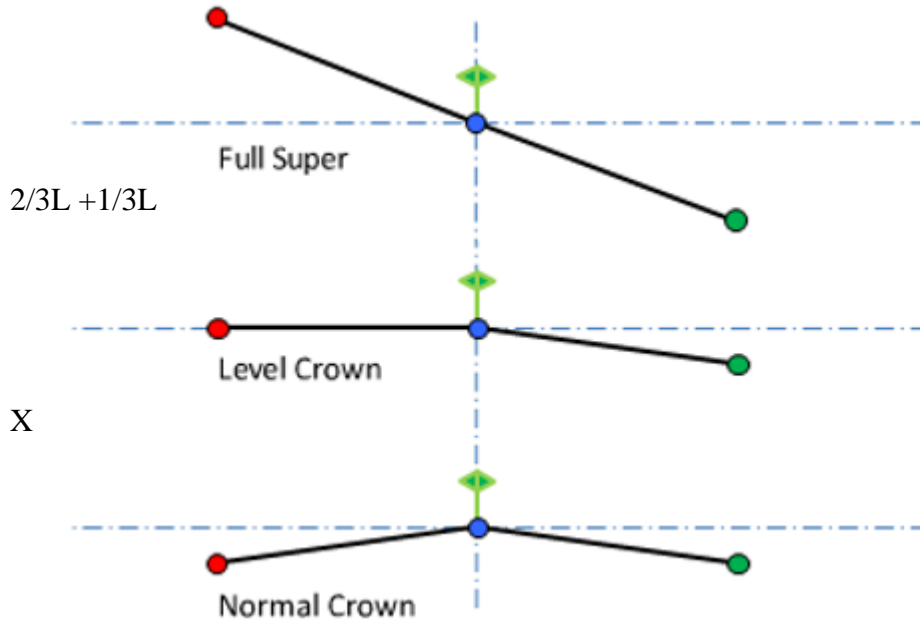
Nota. Se presenta las ecuaciones geométricas que salen a partir de las ecuaciones desarrolladas en la norma MOP (2003) en función de las variables que usa el programa civil 3D.

Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Longitud de transición es $L_t = L + X$ y se ubica $2/3 L$ en la alineación recta tangente y el $1/3L$ dentro de la curva circular. Es decir, $\{p\}=66.67\%$ de $\{t\}$

Figura 51.

Transición para curva circular

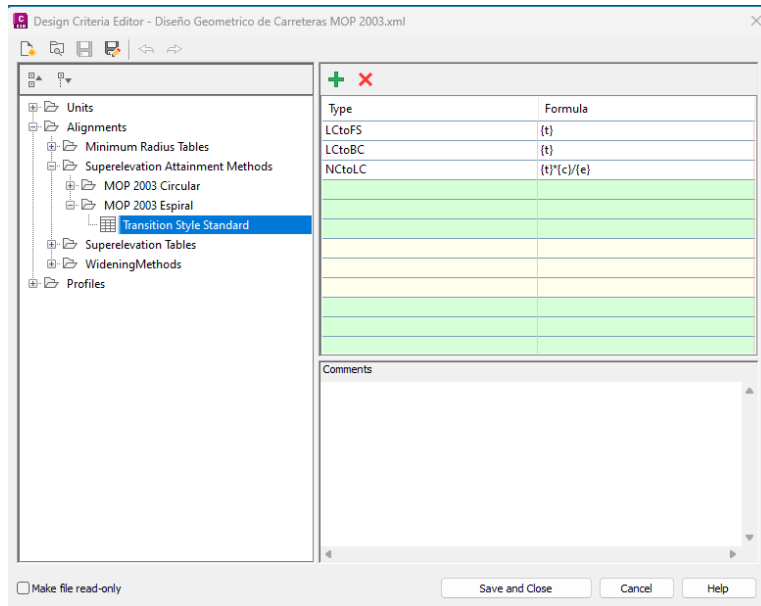


Nota. Se presenta la transición estándar para una curva circular. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Para el uso de espirales el desarrollo de peralte se lo hace sobre toda la longitud de la espiral desarrollar el peralte hasta el 100% para entrar a la curva circular.

Figura 52.

Fichero para uso en espirales



Nota. Se presenta las ecuaciones geométricas para determinar la longitud de transición según recomienda la norma MOP 2003. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

4.4.3. Chequeos para la longitud de la espiral

Es la longitud donde se efectúa la transición de las pendientes transversales entre una sección normal y una peraltada alrededor del eje de la vía o uno de sus bordes.

La mínima se elige según los siguientes criterios de la MOP

Para el caso de la espiral

Ecuación 19:

Ecuación para el chequeo de longitud de espiral

$$Le = 0.036V^2/R$$

Para el caso de la circular

Ecuación 20:

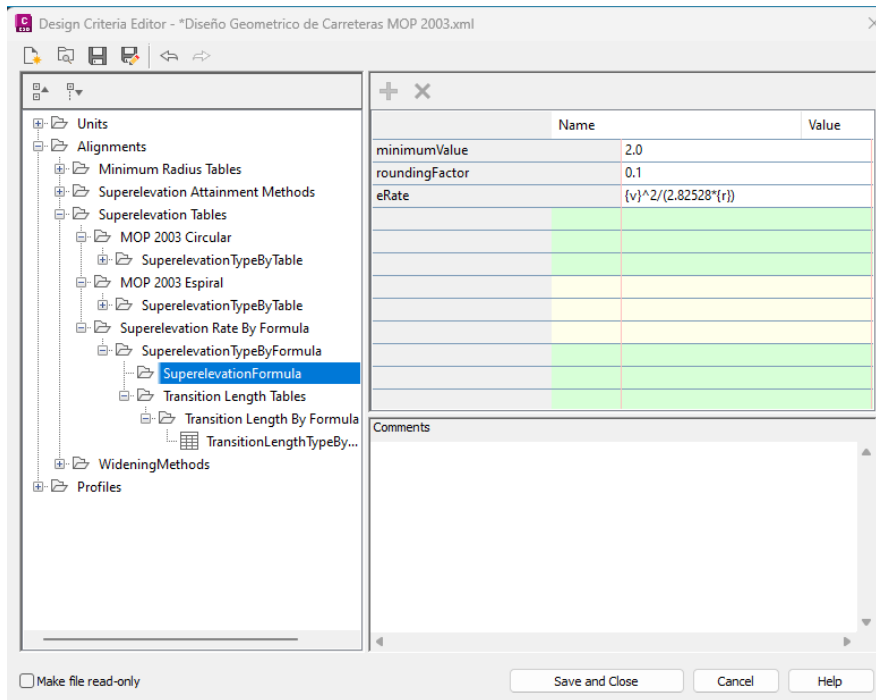
Ecuación para el chequeo de longitud de circular

$$L = L + X$$

- La diferencia entre pendientes longitudinales entre el borde y el eje no debe ser mayor a los valores máximos indicados en la tabla V.2 de la MOP
- La longitud de transición debe ser mayor a la distancia necesaria de un vehículo que transita a una velocidad de diseño durante 2 segundos.
- El valor mínimo para terrenos montañosos es $L_{min} = 0.56 * V$ km/h
- En el fichero quedaría de la siguiente forma:

Figura 53.

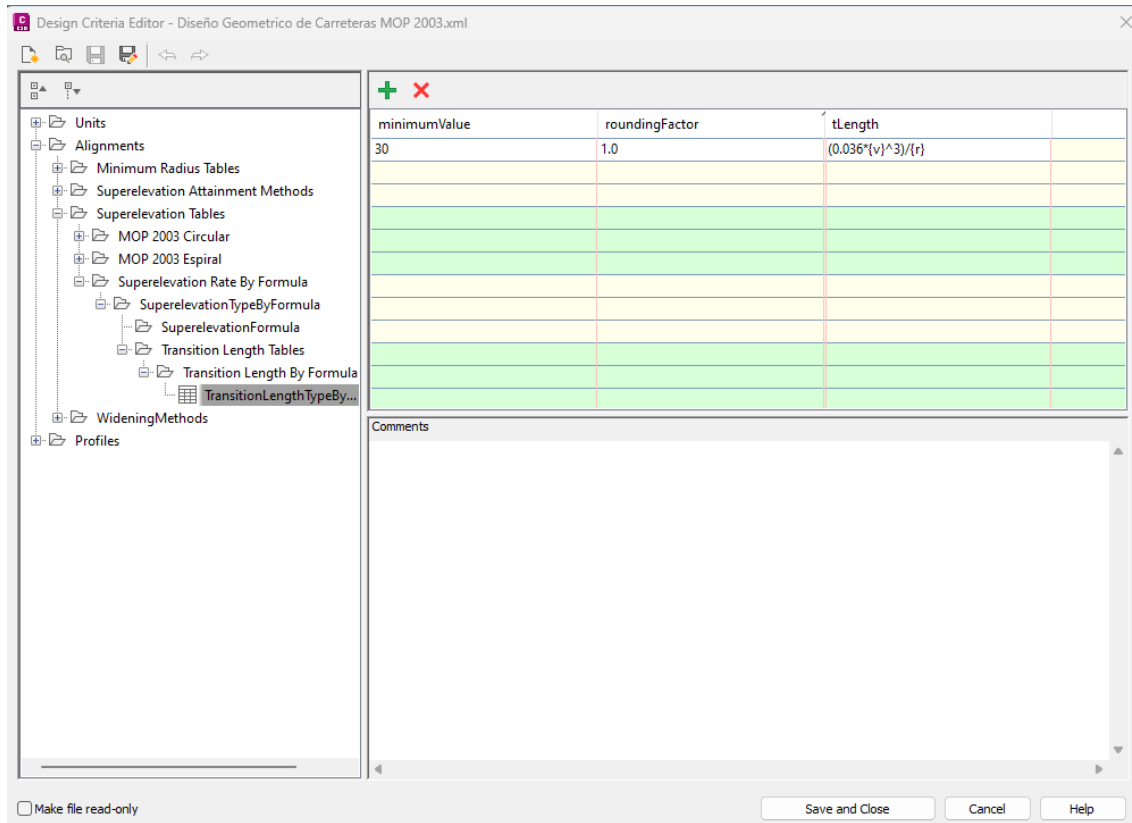
Fórmula para tasa de transición de peralte.



Nota. Esta fórmula es la usada por la AASHTO con la cual la MOP se basa para los cálculos de la tasa de desarrollo del peralte a lo largo de la longitud de transición. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Figura 54.

Fórmula para cálculo de longitud de transición de peralte.



Nota. Se ingresa en el fichero la formula del cuadro V.2 de la MOP (2003) para el cálculo de la longitud (Le) de transición en espirales. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

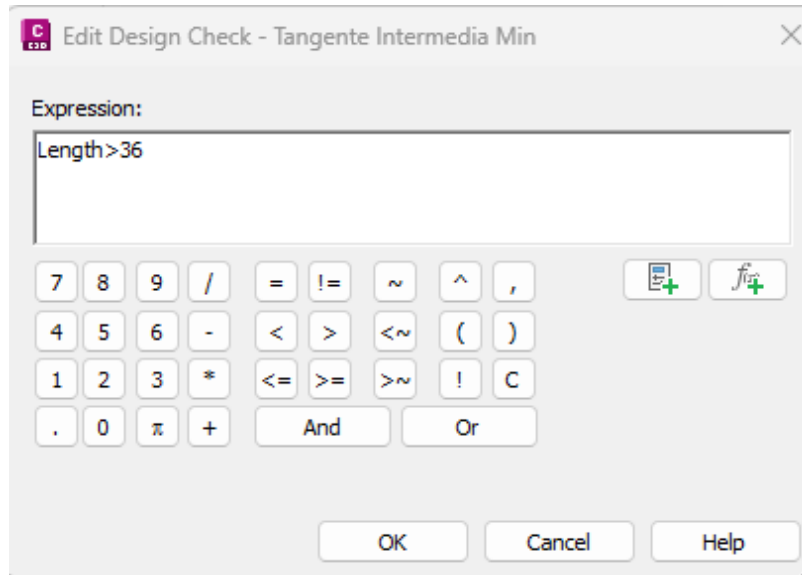
4.4.4. Creación de chequeos en la ventana “Design Check Set – MOP (2003)”

4.4.5. Chequeo de longitud tangente intermedia mínima

Se toma el mayor entre Le y L revisando las tablas el menor valor es para 2% de bombeo 10% de peralte máximo, gradiente longitudinal mínima de 0.5% y un ancho de carril de 3m nos da un X=6m y L=30m. Por tanto, Lmin = 36 m.

Figura 55.

Chequeo tangente intermedia mínima



Nota. Se demuestra que para el caso de longitud de línea tangente es 36 m. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.


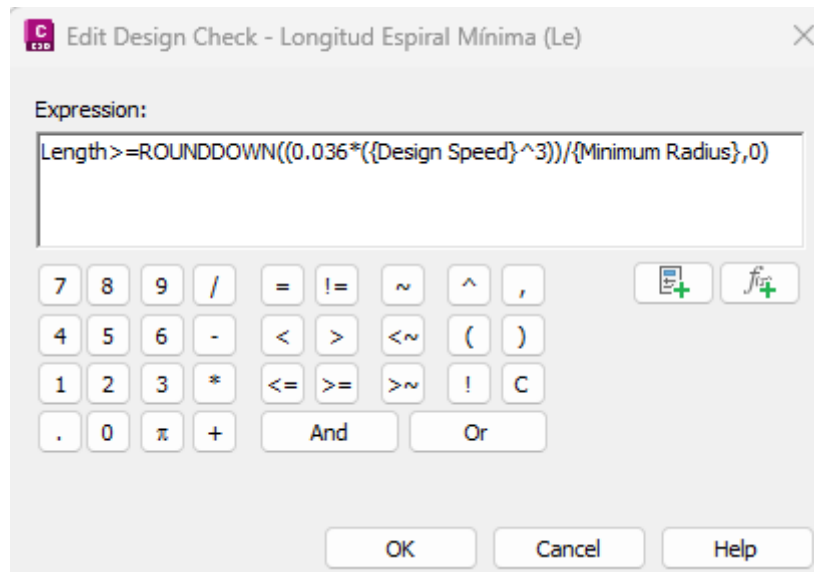
Para el caso de subdivisión curve se edita este chequeo  y podemos visualizar que el radio que este chequeo está en función del mismo radio mínimo definido en las tablas en función de la velocidad y peralte.

Figura 56.

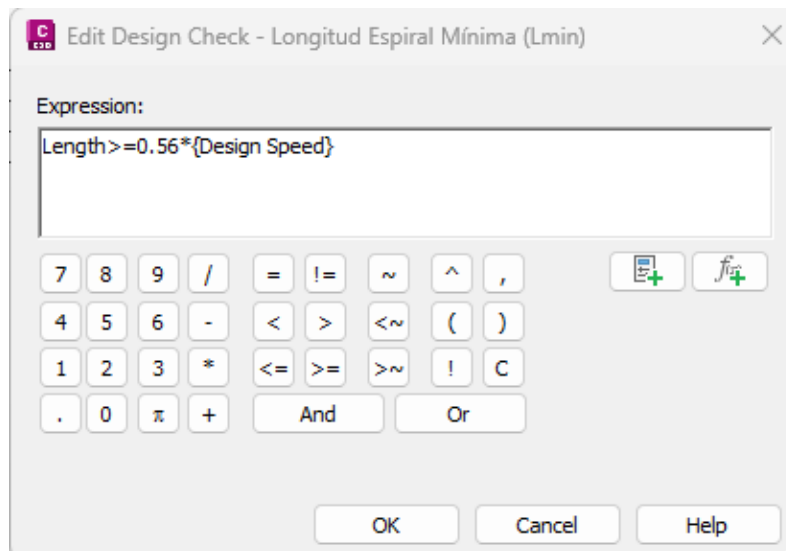
Chequeo de longitud de espiral mínima (Le)



Nota. La longitud de la espiral será mayor a la ecuación $Le = 0.036 V^3 / R$. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Figura 57.

Chequeo de la longitud espiral mínima (Lmin)

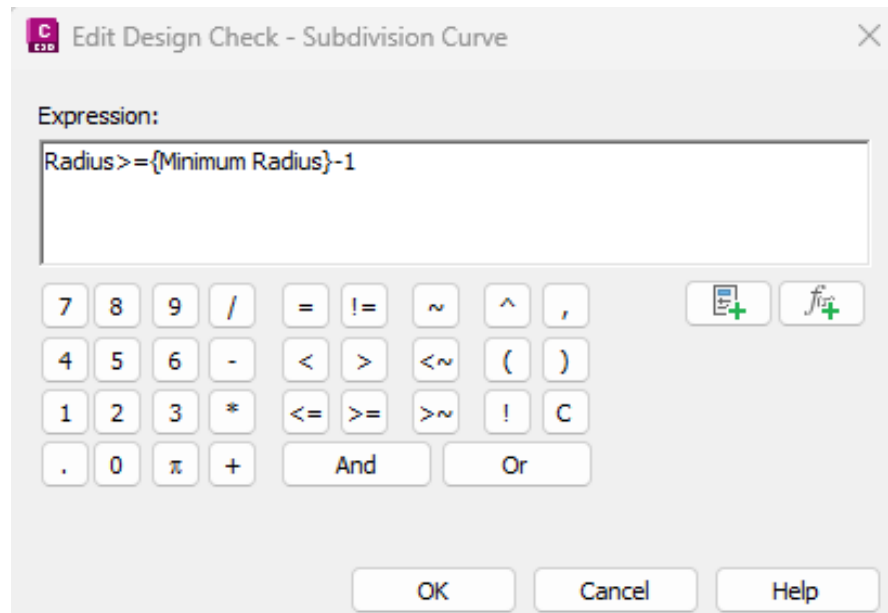


Nota. La longitud de la espiral será mayor la longitud transitada por 2 segundos con la velocidad de diseño $L = 0.56V$. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

4.4.6. Chequeo del radio mínimo de curva circular

Figura 58.

Subdivision curve



Nota. Se chequea que el radio de la curva circular sea mayor o igual que el radio mínimo menos 1 para eliminar errores por decimales. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

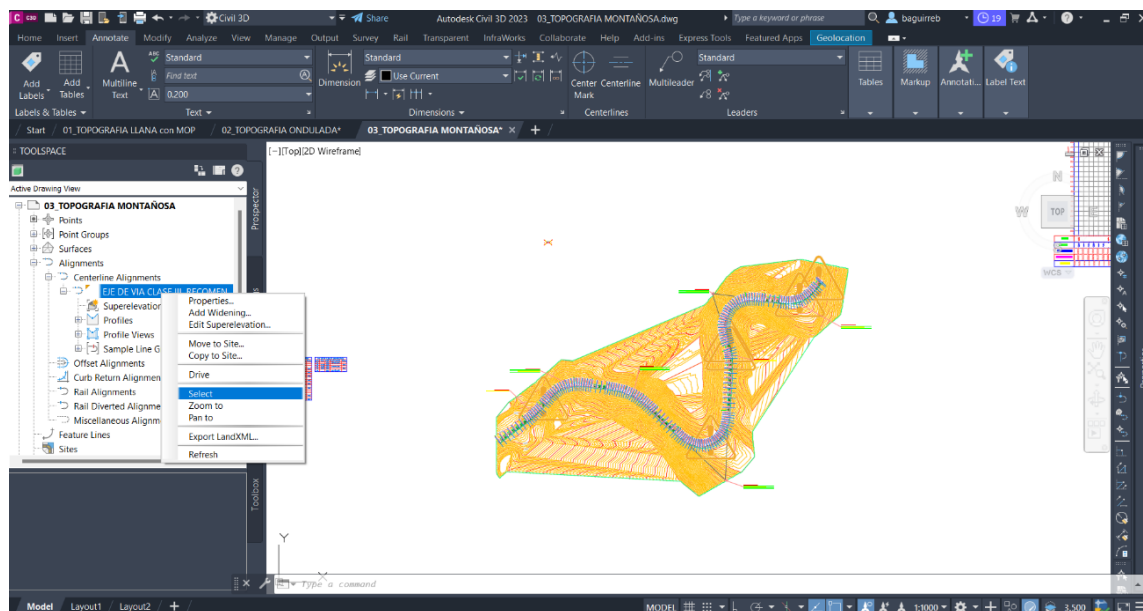
4.4. Elaboración de la guía de uso del fichero

Para aplicar la norma MOP 2003 en el diseño geométrico de carreteras y caminos vecinales con Civil3D se activa el fichero con los siguientes pasos.

- 1.) Desde la pestaña “Prospector”, Alignments, clic derecho sobre el nombre en este caso “EJE VIA CLASE III RECOMENDABLE” y elegir “select”. Se marcará de azul el alineamiento y se activará el menú “Modify”

Figura 59.

Selección de alineamiento

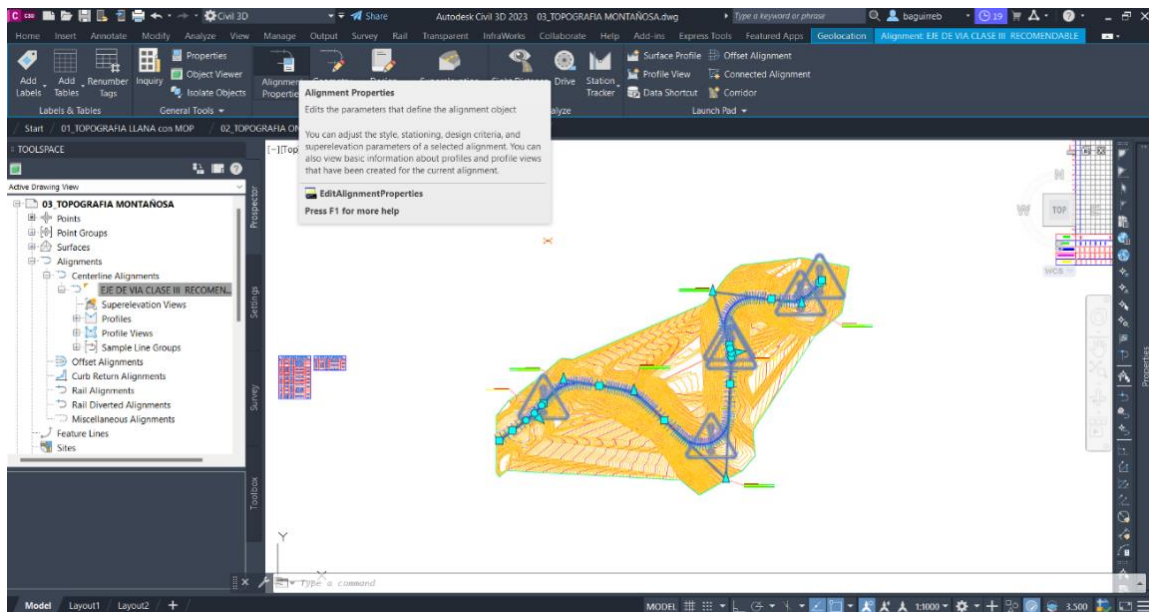


Nota. Se puede seleccionar el alineamiento de esta forma o dando clic sobre el alineamiento directamente del Model. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

- 2.) Abrir las propiedades del alineamiento seleccione el botón Alignment Properties del menú modify.

Figura 60.

Propiedades del alineamiento



Nota. Modificar las propiedades del alineamiento Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.


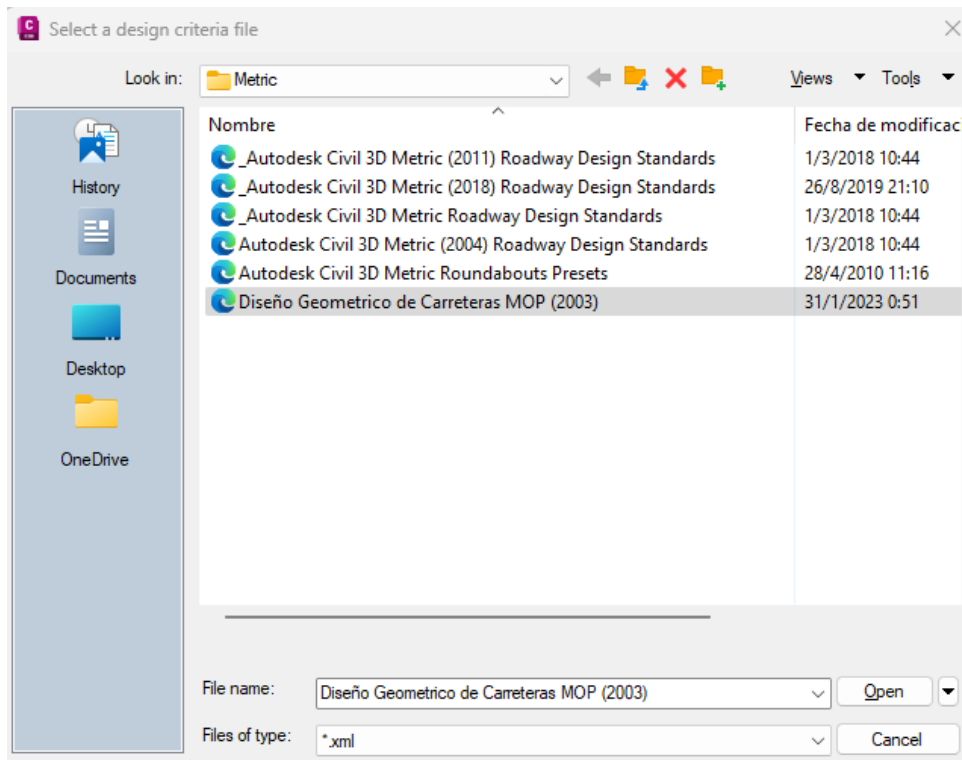
- 3.) En las propiedades ir a la pestaña Design Criteria y activar los casilleros “use criterio-based design” y “Use design criterio file” y con  localizar el archivo de la norma ecuatoriana MOP (2003) Diseño Geométrico de Carreteras.xml

Figura 61.

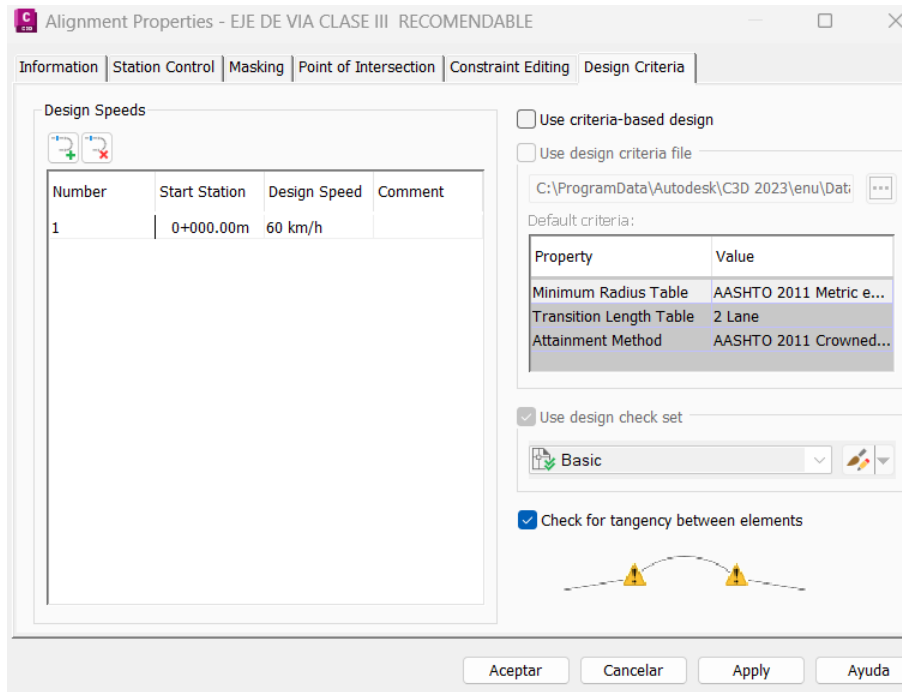
Importación del archivo XML



Nota. Para agregar el fichero en su computador debe ser guardado en la ruta "C:\ProgramData\Autodesk\C3D 2023\enu\Data\Corridor Design Standards\Metric\ Diseño Geométrico de Carreteras MOP (2003).xml ". Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Figura 62.

Alignment Properties

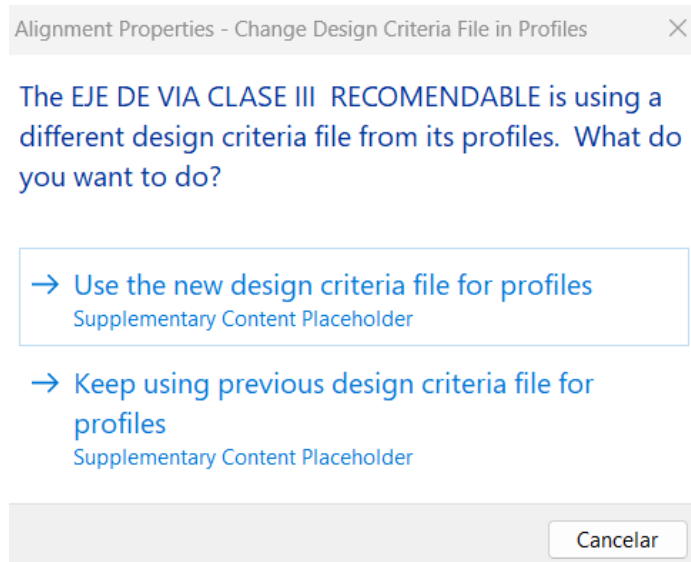


Nota. En esta ventana debe activar el uso de criterio base de diseño y su velocidad de diseño. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

El programa notifica que se seleccionó un criterio de diseño diferente y le decimos que use el nuevo criterio de diseño seleccionando la primera opción.

Figura 63.

Aviso de cambio de criterio de diseño

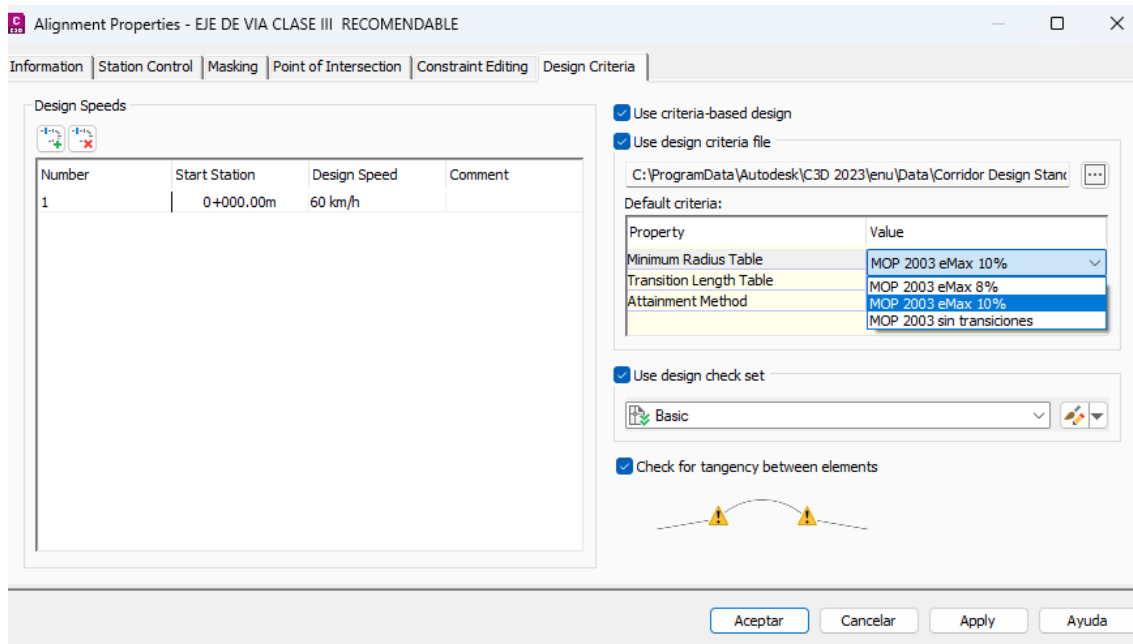


Nota. Notificación del programa la cual se debe poner la primera opción que es usar el nuevo criterio de diseño. Fuente: Autodesk Civil 3D.

- 4.) Establecer la velocidad de diseño con su respectiva abscisa de inicio en este caso 0+000.00m y 60km/h.
- 5.) Seleccione la pendiente correspondiente al tipo de terreno. Por ejemplo, para una vía en terreno montañoso clase III corresponde una pendiente de 9% según la tabla 2-R Valores de diseño de la MOP 2003

Figura 64.

Selección de tabla de radio mínimo

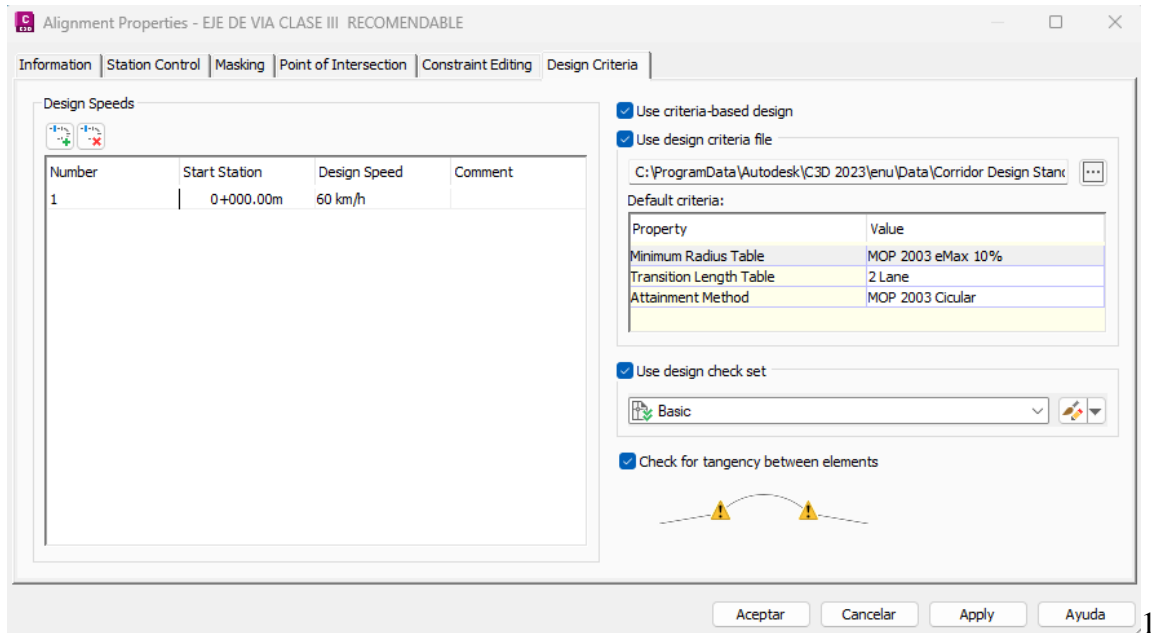


Nota. Se puede elegir entre peralte máximo de 8% para carreteras desde clase IV y hasta clase III se usa por lo general peralte máximo de 10%. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

- 6.) Seleccionar 2 carriles para definir el criterio sobre la longitud de transición de peralte que mediante la tabla de 2 carriles contiene la tasa de transición de peralte y la longitud de transición.

Figura 65.

Tablas de longitud de peralte

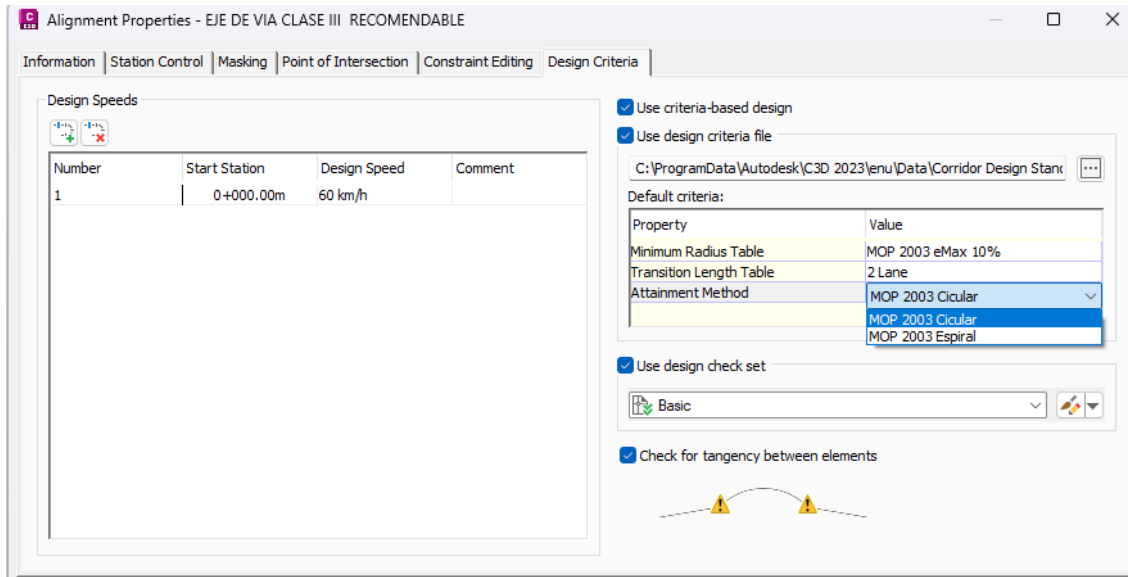


Nota. Con este fichero únicamente se podrá elegir tablas realizadas para 2 carriles en función del ancho. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

- 7.) Seleccionar el método de transición de peraltes para curva circular o convexa que es el usado en la MOP los dos son realizados a partir del método estándar AASHTO. Solamente cambia donde inicia la transición como se recomienda en la MOP.

Figura 66.

Método de transición del peralte



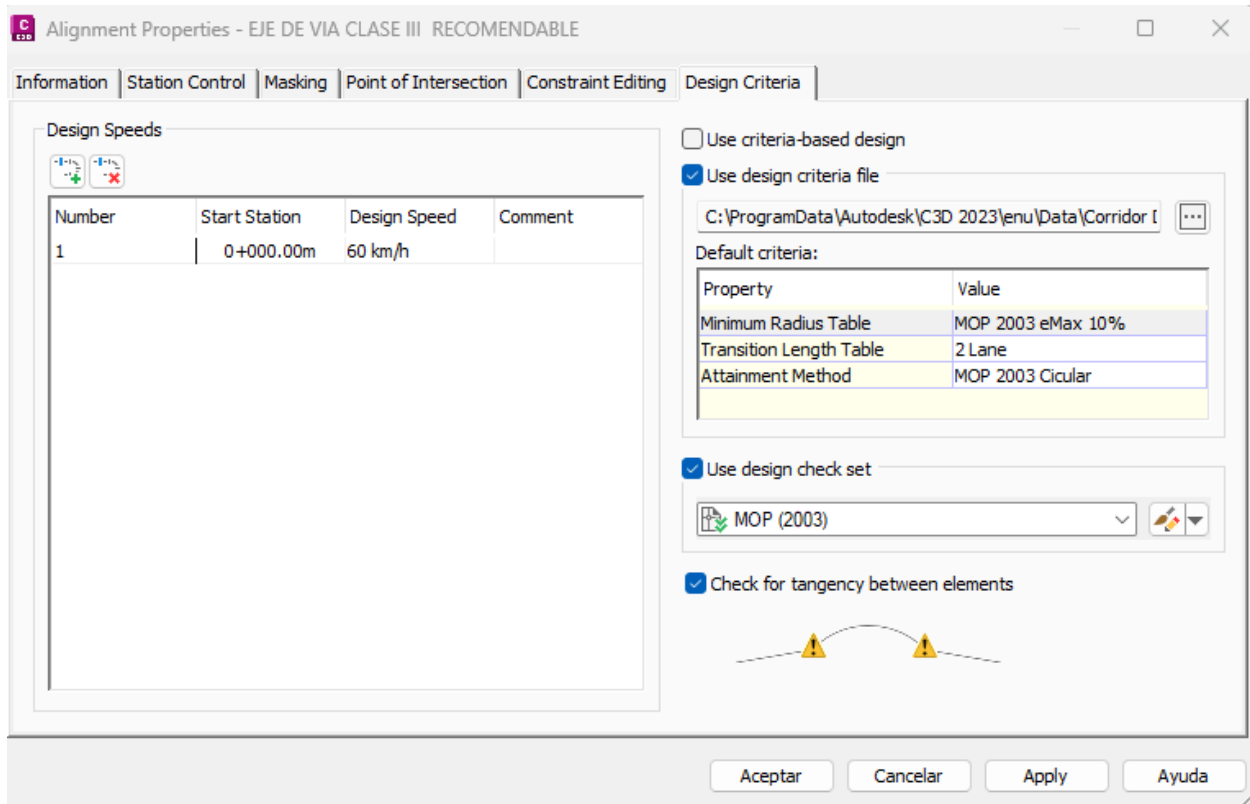
Nota. Se puede elegir entre una curva circular y una con espiral. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Al realizar el cálculo de transición del peralte usando Civil 3D se elige los siguientes parámetros: fichero con criterio de diseño, peralte máximo eMax, tabla de longitud transición para 2 carriles y método de transición. Para la zona de transición es decir la zona de runoff, aquí se verán reflejados los valores que ingresamos de {p}parte fraccionaria de L y {t}longitud de espiral expresada en el porcentaje a ser usado. Finalmente, clic en aceptar.

8.) Activar “Use design check set” que son set de chequeos geométricos para la MOP 2003

Figura 67.

Set de chequeos

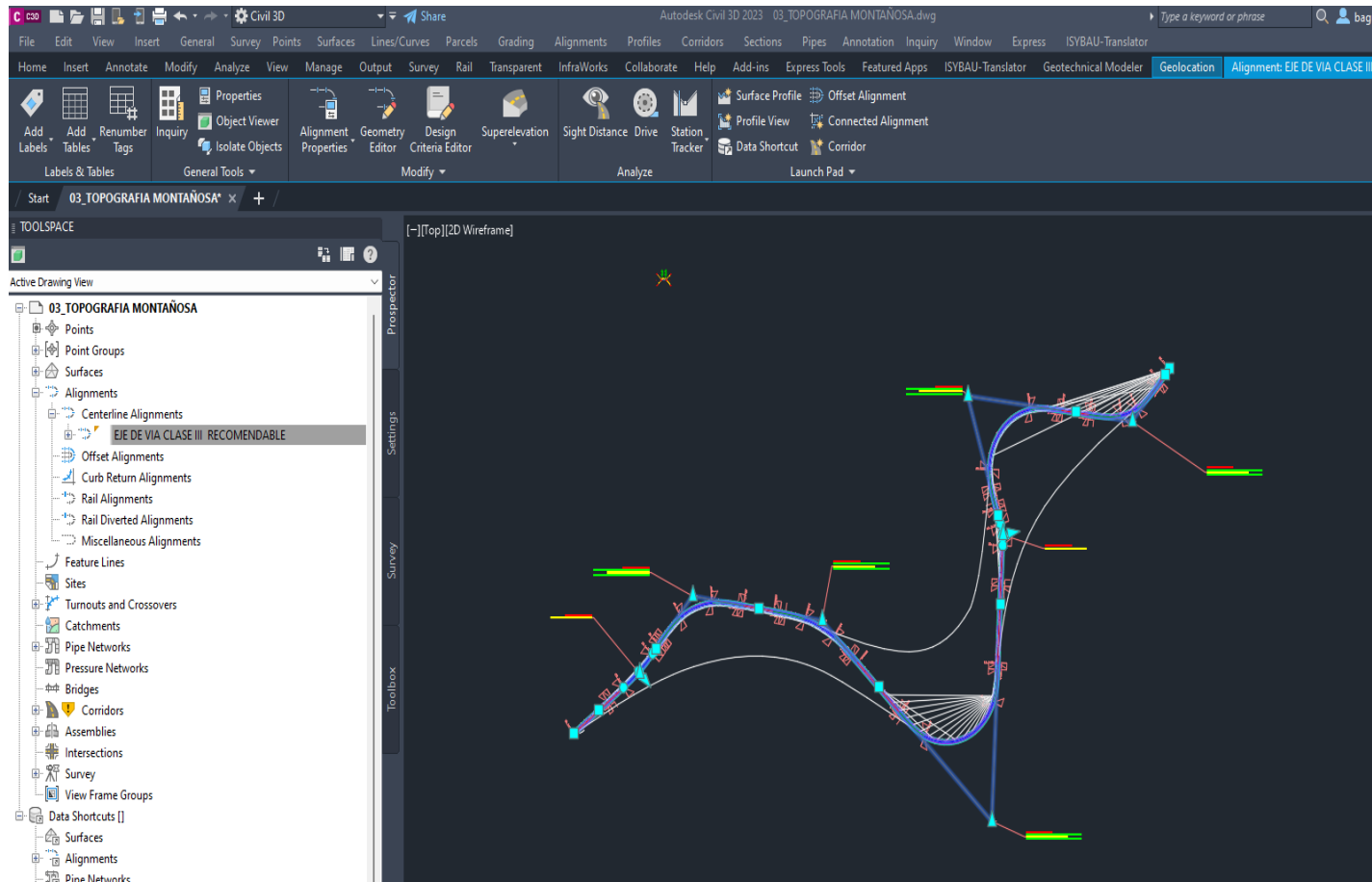


Nota. Selección del set “MOP (2003)”. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

- 9.) Para calcular los peraltes usando el fichero con la herramienta “Calculate Superelevation – Attainment”. (Cálculo de transición del peralte). Seguir el siguiente procedimiento:
 - 9.1.) Seleccionar el alineamiento para que se active las herramientas de modificación

Figura 68.

Selección de alineamiento

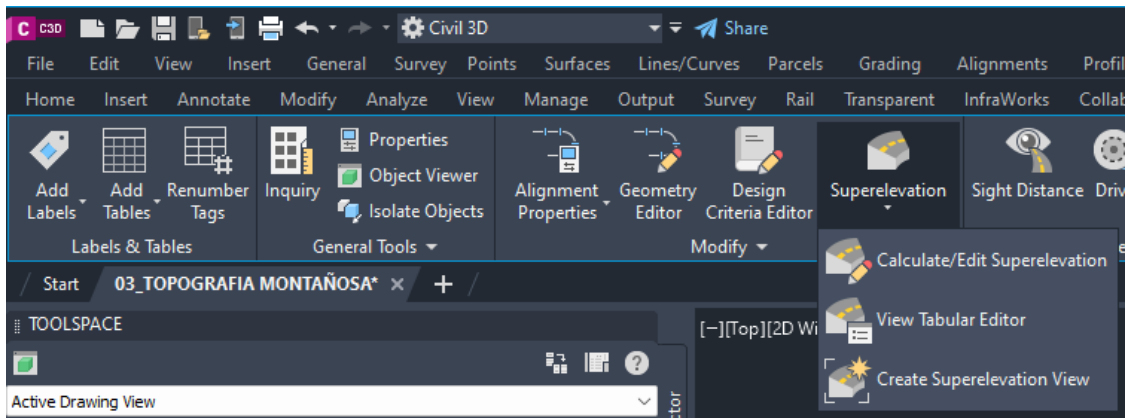


Nota. Se puede seleccionar desde el prospector dando clic derecho - select en el alineamiento. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

9.2.) En el menú Modify clic en “Superelevation” y clic en “Calculate/Edit Superelevation”

Figura 69.

Calculation/Edit Superelevation

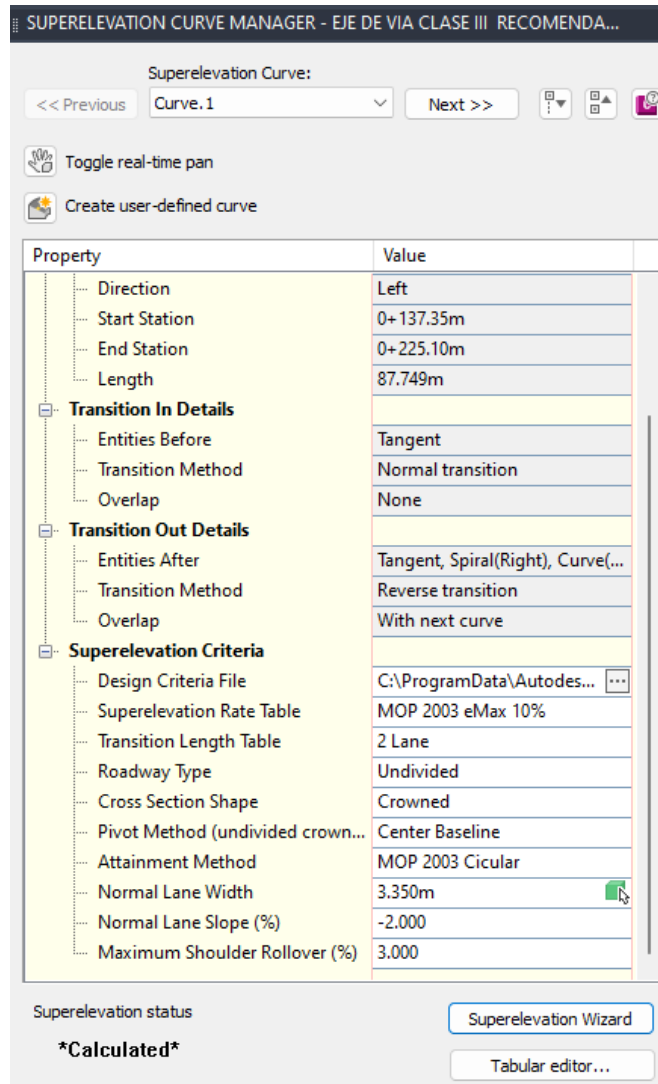


Nota. Iniciar el cálculo de peraltes Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

9.3.) Se despliega la ventana Administrador de peralte en curvas. La cual permite colocar las normas incluso por curva o por tramos.

Figura 70.

Superelevation Curve Manager

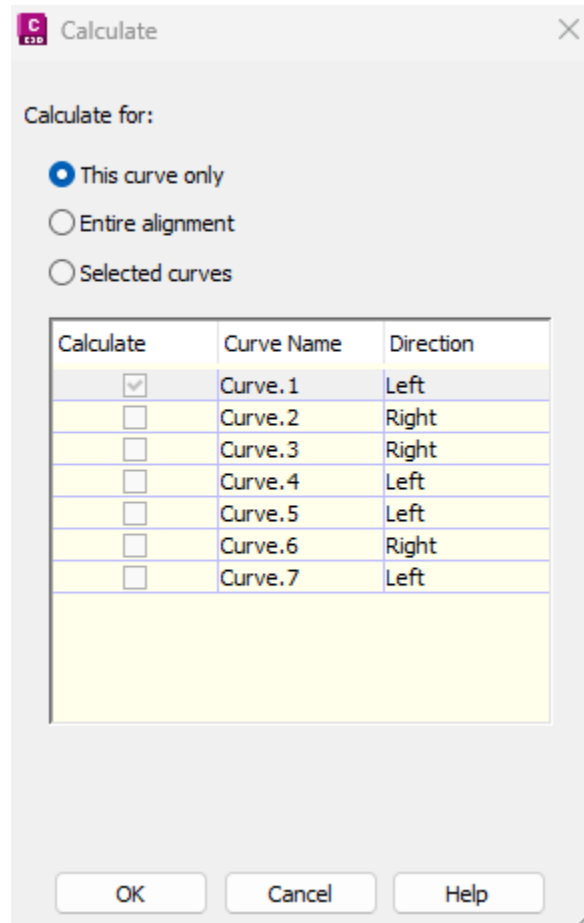


Nota. Se presenta el administrador de peraltes por cada curva. Permite trabajar de forma individual cada curva o en conjunto. A continuación, dar clic en el botón “Superelevation Wizard” Que es el asistente que incluye esta ventana. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

9.4.) Seleccione las curvas a ser administradas.

Figura 71.

Seleccione las curvas a ser calculadas

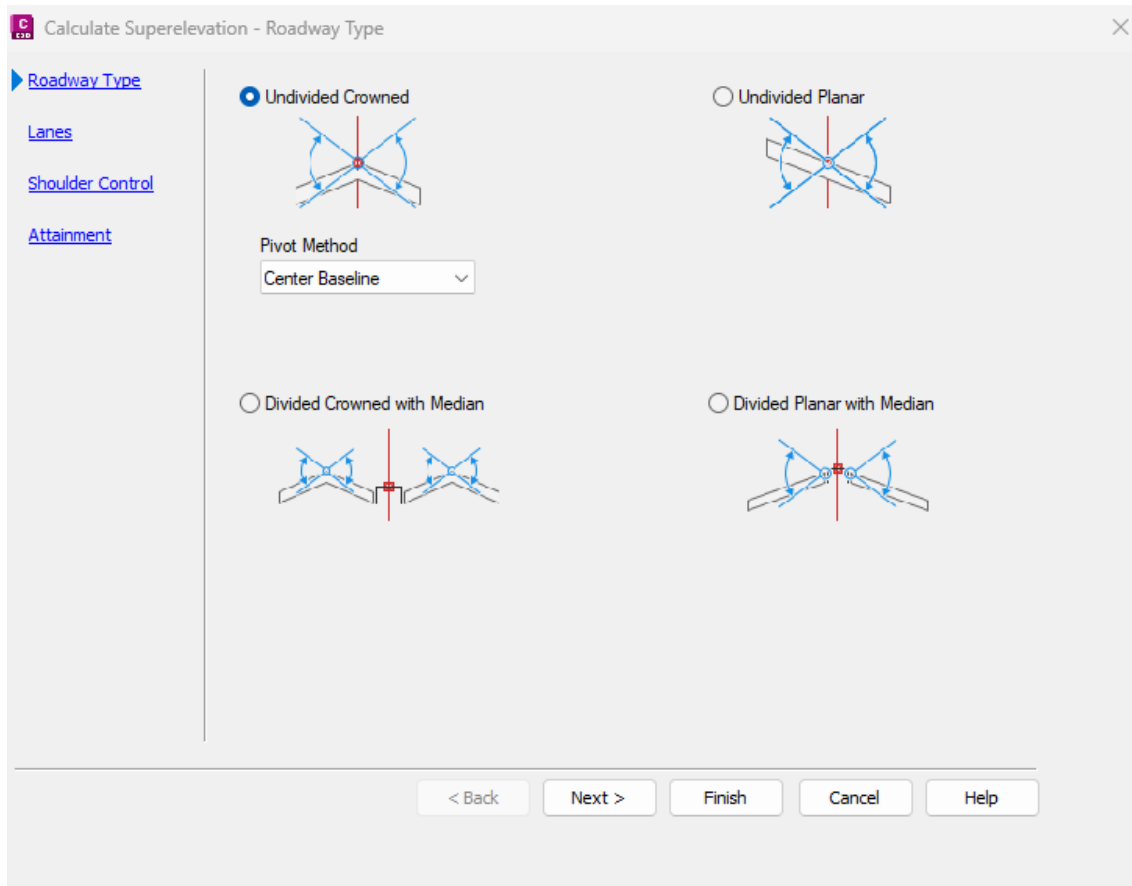


Nota. Podemos elegir entre: Esta curva, Alineamiento completo y Curvas seleccionadas. Y ponemos en el botón OK. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

9.5.) Seleccionar el método de transición del peralte en función del pivot

Figura 72.

Método de pivot

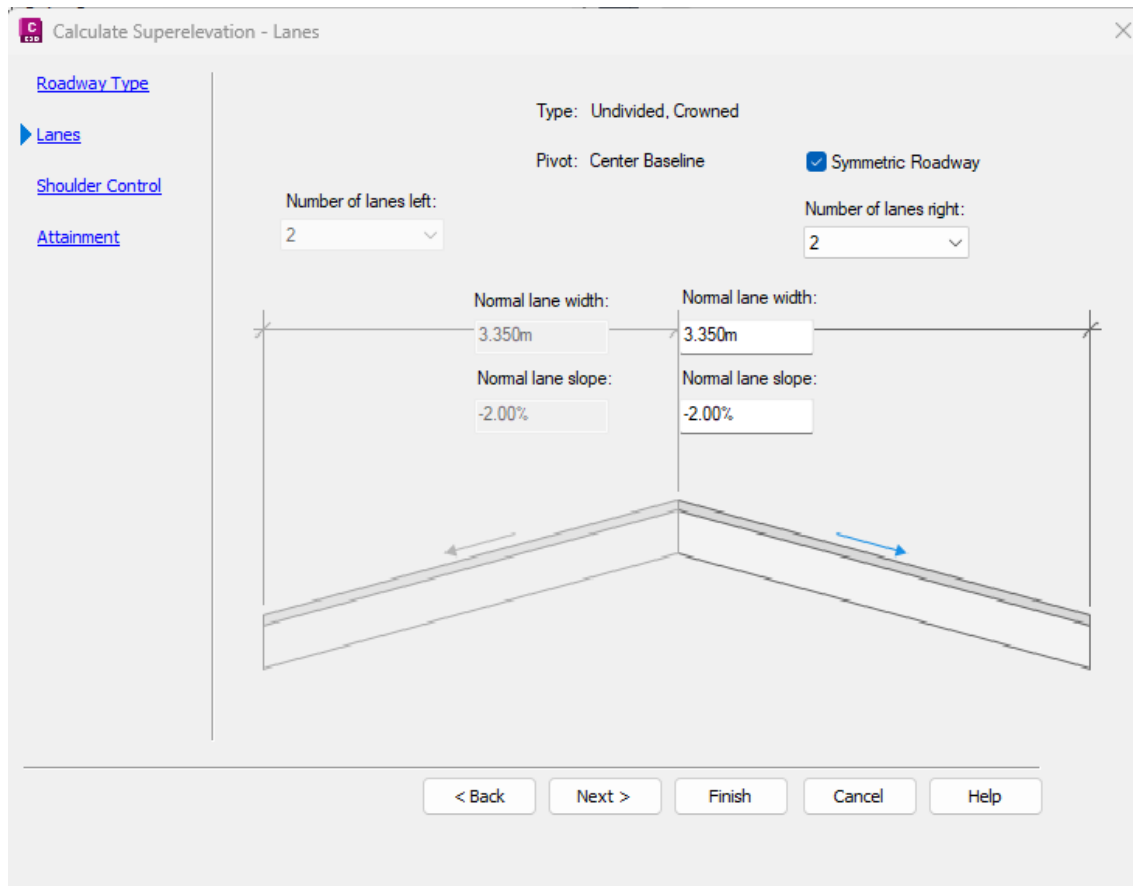


Nota. Se selecciona el método desde el cual se realiza la transición del peralte. En este caso se usa el método desde el centro de la línea base. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

9.6.) Seleccionar el número de carriles, ancho de calzada y bombeo.

Figura 73.

Lines (Carriles)

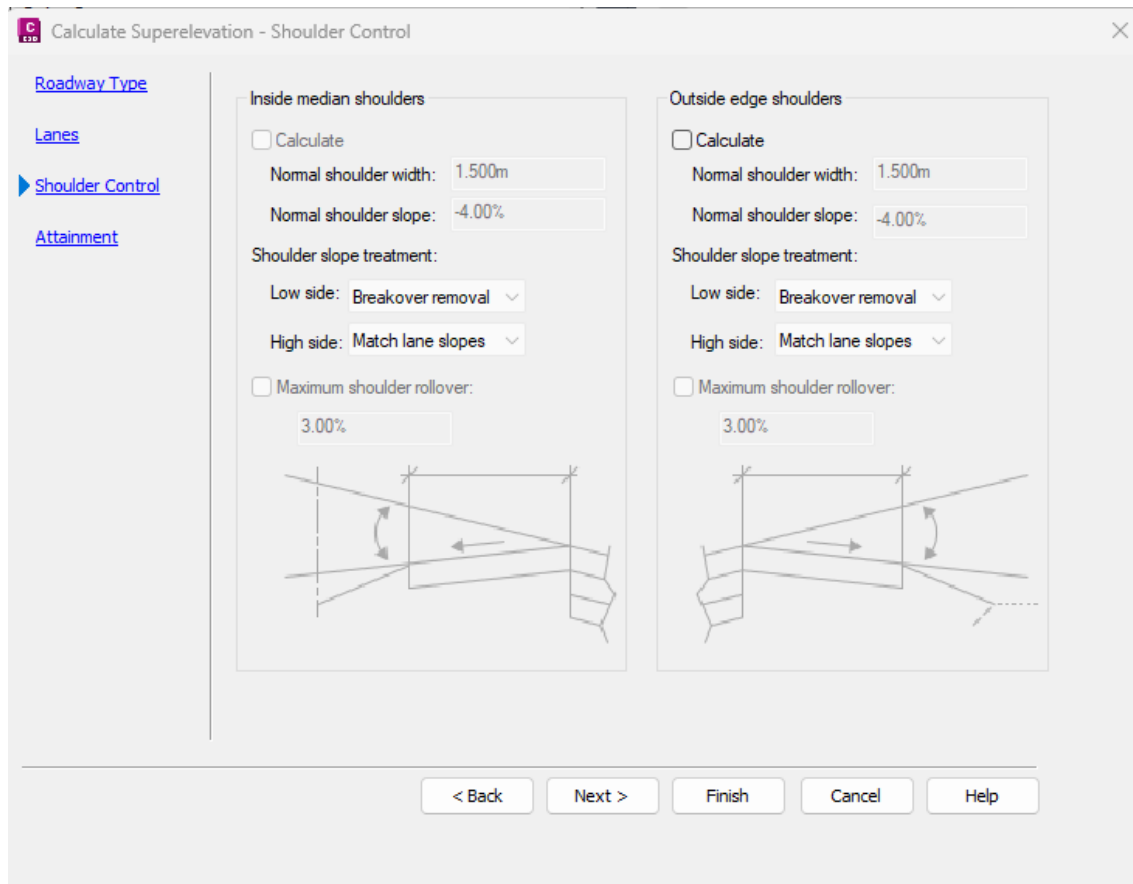


Nota. Se selecciona el número de carriles. Se selecciona que se trata de una calzada simétrica y se debe indicar el ancho del carril con su respectivo bombeo. Que son los datos básicos para el cálculo de desarrollo de peralte. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

9.7.) Seleccionar la transición de peralte en la zona del espaldón que en el programa se denomina como “shoulder”

Figura 74.

Shoulder control (Control de peralte en espaldón)

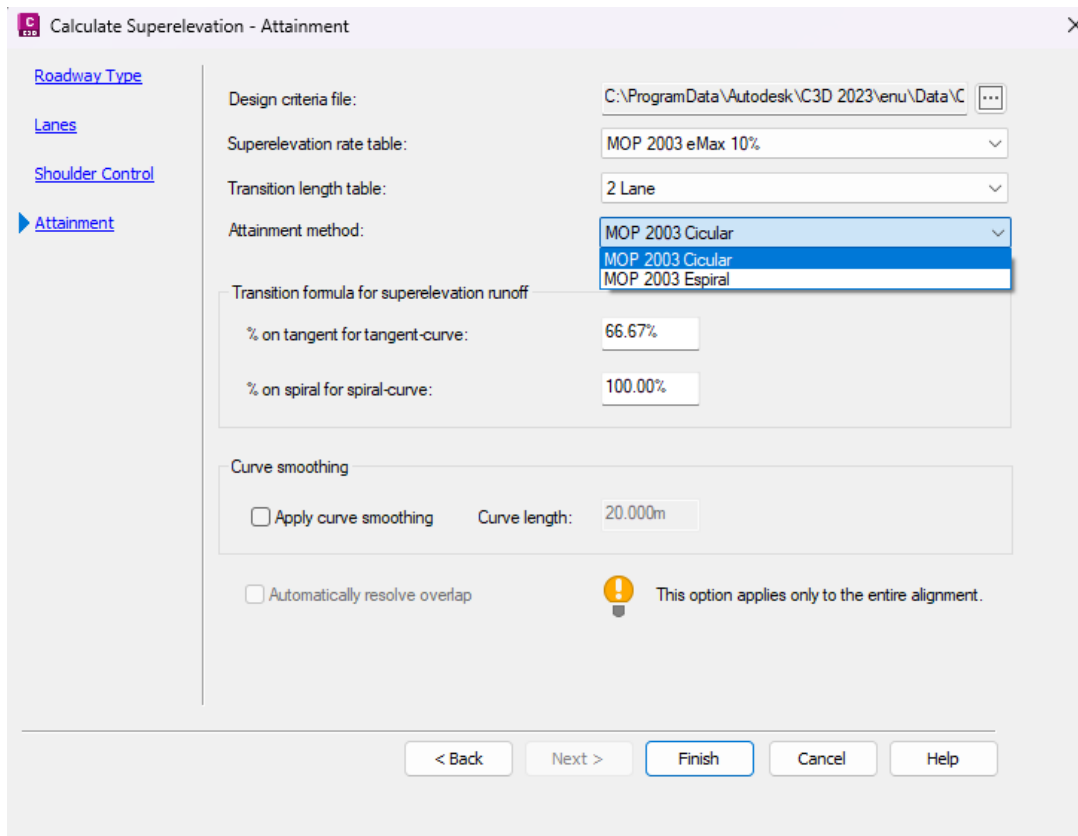


Nota. Se tomará en cuenta para el diseño del bombeo en el espaldón. La norma recomienda entre 2 y 4% por lo general se usa 3%. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

9.8.) Seleccione la normativa para el cálculo de la transición de peralte.

Figura 75.

Método de transición

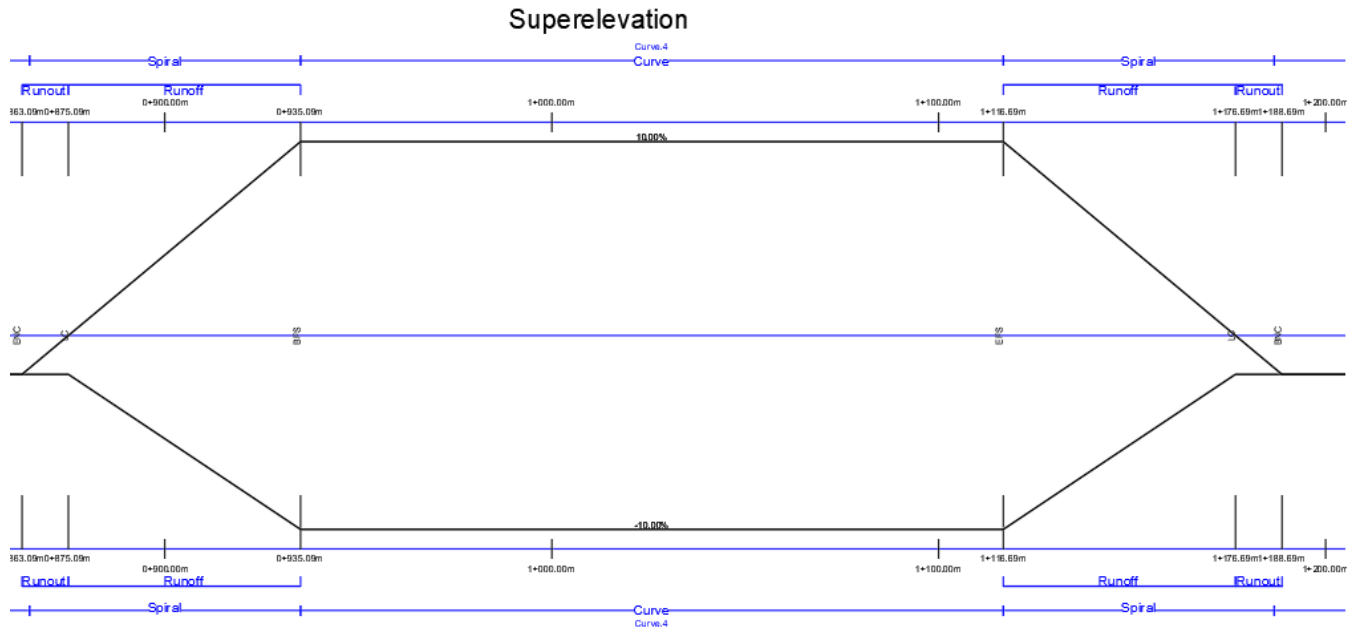


Nota. Elegir los siguientes parámetros. Criterio de diseño: MOP (2003), Tabla de tasa de peralte: MOP (2003) eMax 10%, Tabla de longitud de transición: 2 line y Método de transición: Método circular o espiral. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

En el % de tangente para tangente – curva será el 66.67 % y el 100% en las espirales – curva. Una vez bien parametrizado dar clic en Finish para que inicie el cálculo de peraltes dando como resultado una distribución apegada a la norma MOP (2003).

Figura 76.

Resultado de cálculo de peralte.

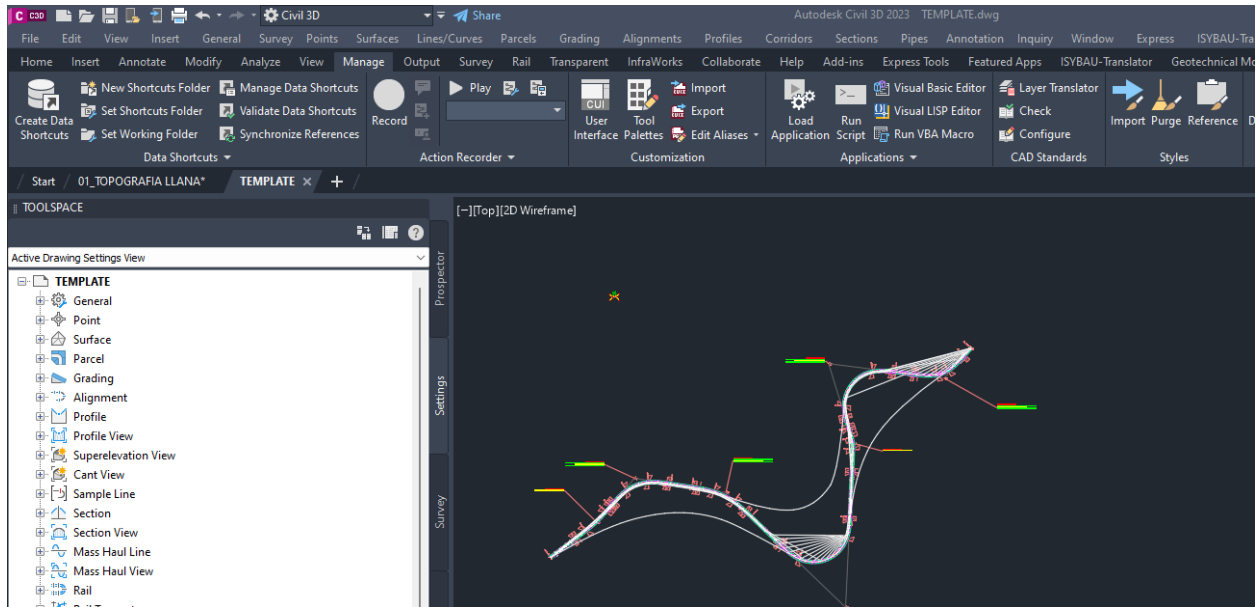


Nota. Como se puede apreciar en esta curva con espiral se evidencia que la transición se realiza siguiendo la norma MOP es decir distribuyendo en el 100% de la longitud de la espiral. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

- 10.) Importar estilos que puede ser un usando el botón importar como se muestra en la siguiente figura y seleccionando el archivo template.dwg donde contiene los chequeos adicionales de la MOP (2003).

Figura 77.

Importar estilos



Nota. En la sección Styles en el botón import se abrirá el exportador y se debe cargar el archivo template_mop.dwg. Aceptar en todas las ventanas subsiguientes y queda listo Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

CAPÍTULO V

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

5.1. Pruebas en un diseño con topografía llana

Se pone a prueba un diseño de una vía nueva.

5.1.1. Análisis de la topografía

Revisando las curvas de nivel se determina que el terreno tiene una pendiente transversal entre el 1% y 5% y una pendiente longitudinal menor a 3% por lo tanto se considera un terreno llano. Según el TPDA asumido se planifica una vía CLASE III de 2 carriles con los siguientes datos:

- Velocidad de diseño 90 km/h,
- Radio mínimo de curvas horizontales 275 m,
- Distancia de visibilidad de parada 135 m,
- Distancia de visibilidad para rebasamiento 640 m
- Peralte máximo 10%
- Coeficiente “k” para curvas verticales
 - Curvas verticales convexas 43 m
 - Curvas verticales cóncavas 31 m
- Gradiente longitudinal máxima 4%
- Gradiente longitudinal mínima 0.5%
- Ancho de pavimento 6.70 m
- Clase de pavimento: Carpeta Asfáltica con espaldón de 2 m
- Gradiente transversal para pavimento 2%
- Gradiente transversal para espaldones 2%

- Curvas de transición usar espirales cuando sea necesario

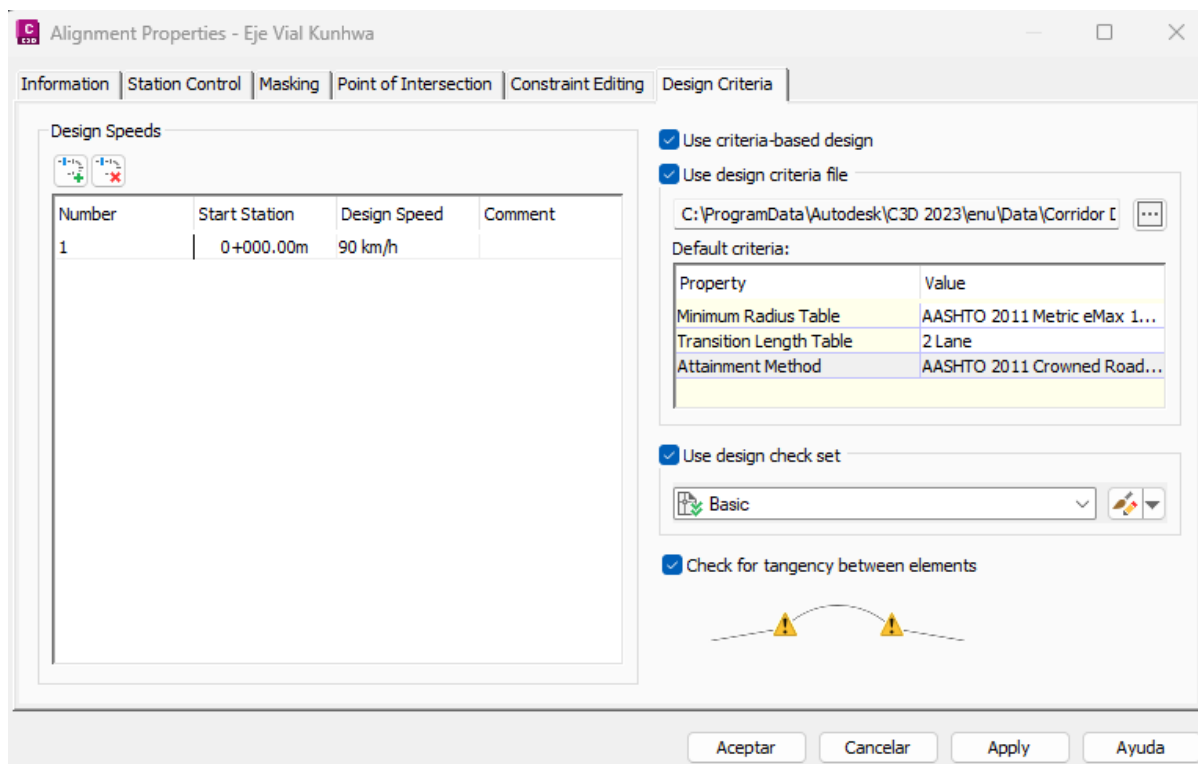
5.1.2. Alineamientos

5.1.2.1. Alineamiento usando AASHTO

Se realiza la prueba con el alineamiento creado. Se activa el fichero AASHTO (2011) usando peralte el eMax = 10%. Una vez que se da en aceptar y se observa que no tenemos notificaciones para diseño de curvas horizontales.

Figura 78.

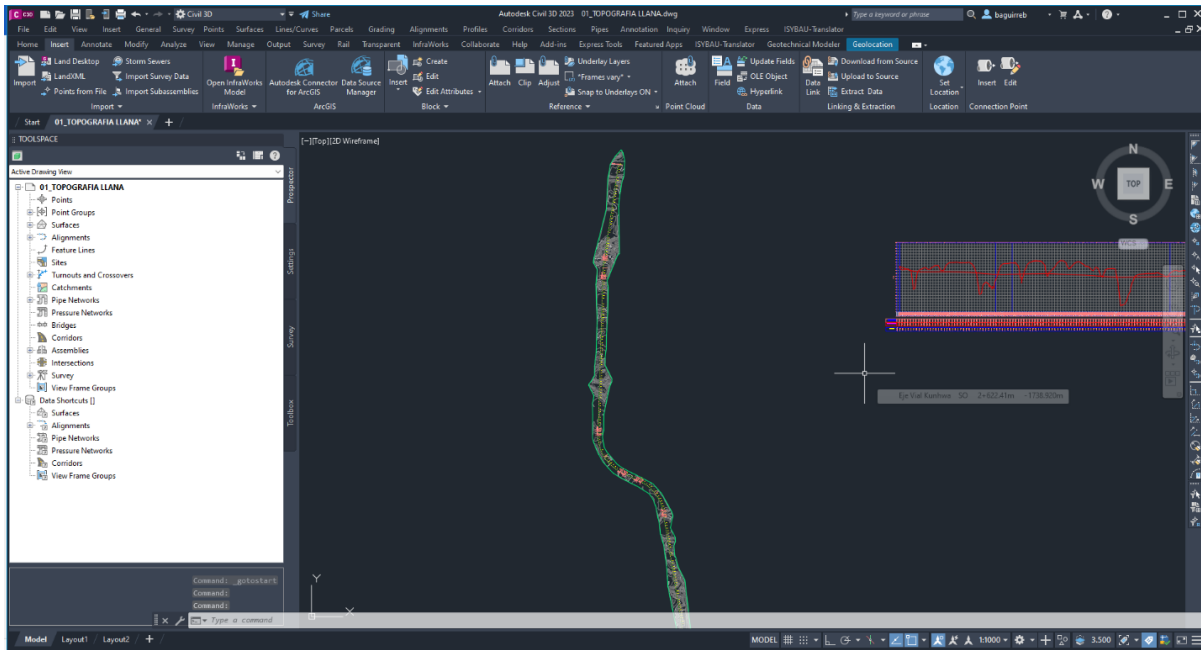
Propiedades del alineamiento



Nota. En esta ventana está definido la velocidad de diseño que es de 90 km/h y peralte máximo de 10%. Tabla de Longitud de transición en dos carriles y método de transición de la AASHTO carretera con bombeo. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Figura 79.

Alineamiento en terreno llano creado en CIVIL 3D



Nota. Se observa el Alineamiento creado en el programa CIVIL 3D para terreno llano.
Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

En la figura a continuación se ve el listado de las curvas de la ventana (Panorama). Que para la AASHTO el radio mínimo con esa velocidad debe ser 277 m.

Figura 80.

Lista de curvas

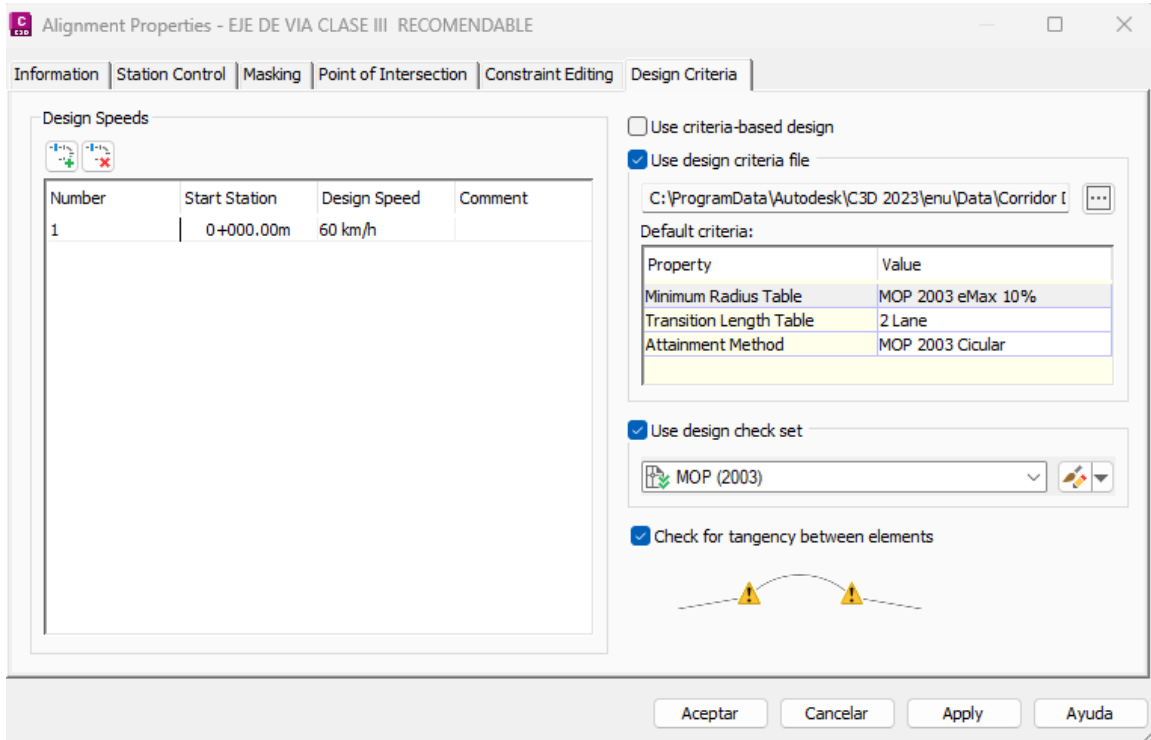
No.	Type	Tangency Constraint	Parameter Constrai...	Parameter Constraint	Length	Radius	Minimum Radius	Design Speed
1	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	694.339m			90 km/h
2	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	119.411m	1000.000m	277.000m	90 km/h
3	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	1140.041m			90 km/h
4	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	346.198m	300.000m	277.000m	90 km/h
5	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	147.072m			90 km/h
6	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	288.047m	300.000m	277.000m	90 km/h
7	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	1151.569m			90 km/h
8	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	594.804m	1000.000m	277.000m	90 km/h
9	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	651.148m			90 km/h
10	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	881.277m	800.000m	277.000m	90 km/h
11	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	366.503m			90 km/h

Nota. Se evidencia que no se presenta notificaciones los radios están dentro de la noma debido a que todas son curvas circulares con radios en el rango donde no es necesario introducir espirales. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

5.1.2.2. Alineamiento usando MOP

Figura 81.

Propiedades del alineamiento



Nota. En esta ventana está definido la velocidad de diseño que es de 90 km/h y peralte máximo de 10%. Tabla de Longitud de transición en dos carriles y método de transición de la AASHTO carretera con bombeo. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

En la figura a continuación se ve el listado de las curvas de la ventana (Panorama). Que para la MOP el radio mínimo con velocidad 90 km/h debe ser 275 m.

Figura 82.

Lista de curvas

No.	Type	Tangency Constraint	Parameter Constrai...	Parameter Constraint	Length	Radius	Minimum Radius	Design Speed
1	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	694.339m			90 km/h
2	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	119.411m	1000.000m	275.000m	90 km/h
3	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	1140.041m			90 km/h
4	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	346.198m	300.000m	275.000m	90 km/h
5	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	147.072m			90 km/h
6	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	288.047m	300.000m	275.000m	90 km/h
7	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	1151.569m			90 km/h
8	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	594.804m	1000.000m	275.000m	90 km/h
9	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	651.148m			90 km/h
10	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	881.277m	800.000m	275.000m	90 km/h
11	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	366.503m			90 km/h

Nota. Se evidencia que no se presenta notificaciones los radios están dentro de la norma. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

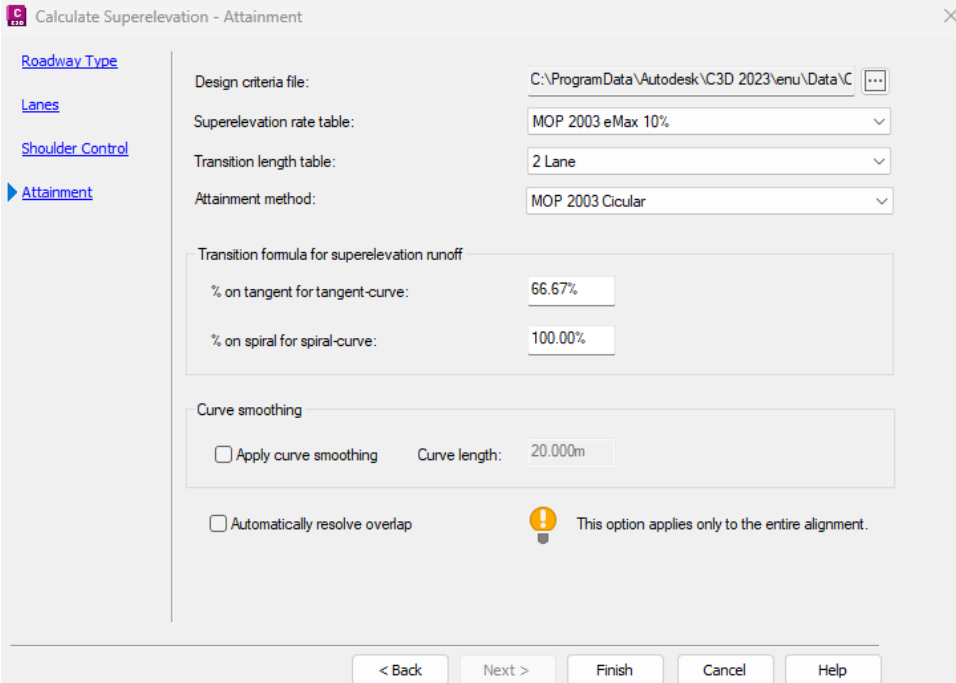
Con esta prueba se confirma que el programa lee satisfactoriamente el fichero al cambiar el radio mínimo de 277 m a 275 m. Y no solamente revisa el radio está revisando las longitudes previstas en el set de chequeo según el criterio de diseño.

5.1.3. Transición del peralte

Se realiza el cálculo de peraltes se selecciona la norma MOP 2003. Y se parametriza lo siguiente: 1. Que tome las tablas de la tasa de desarrollo de peralte de la carpeta “MOP 2003 eMax 10%”. 2. La tabla de longitud de desarrollo del peralte para 2 carriles (2 Lane) y 3. El método de transición con las ecuaciones geométricas que contiene el Método de transición estándar “MOP 2003 Circular”

Figura 83.

Calculate Superelevation



The screenshot shows the 'Calculate Superelevation - Attainment' dialog box. On the left, there is a navigation pane with options: Roadway Type, Lanes, Shoulder Control, and Attainment (selected). The main area contains the following settings:

- Design criteria file: C:\ProgramData\Autodesk\VC3D 2023\enu\Data\...
- Superelevation rate table: MOP 2003 eMax 10%
- Transition length table: 2 Lane
- Attainment method: MOP 2003 Circular

Under 'Transition formula for superelevation runoff':

- % on tangent for tangent-curve: 66.67%
- % on spiral for spiral-curve: 100.00%

Under 'Curve smoothing':

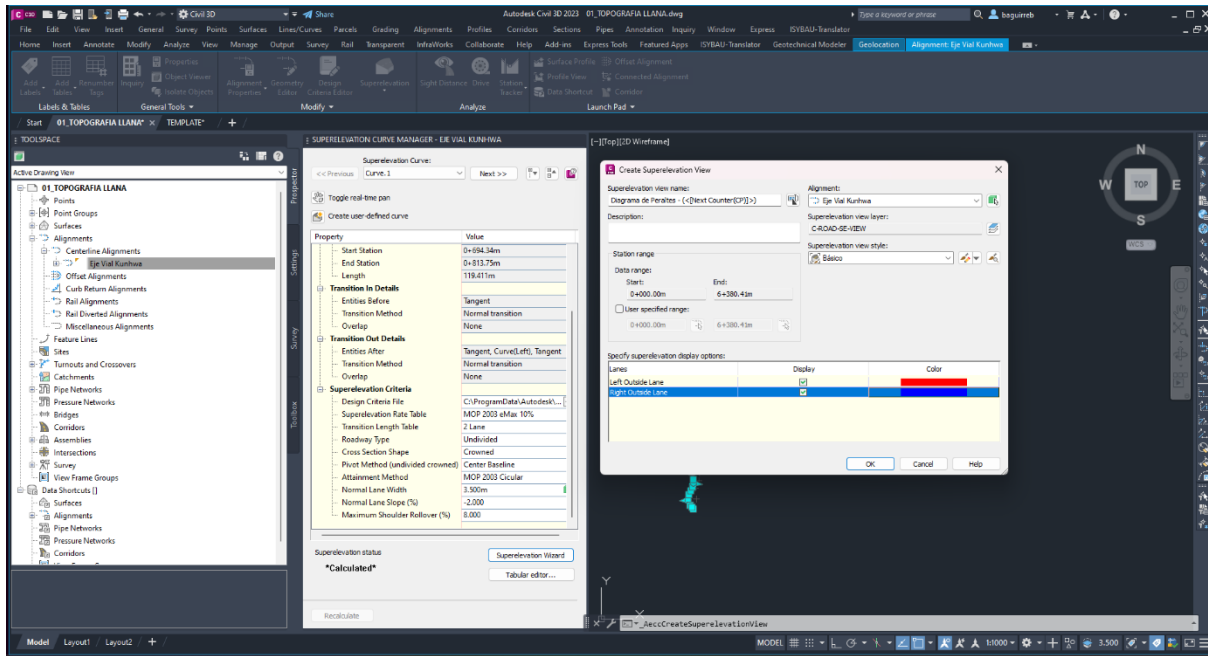
- Apply curve smoothing (Curve length: 20.000m)
- Automatically resolve overlap (Warning: This option applies only to the entire alignment.)

At the bottom, there are buttons: < Back, Next >, Finish, Cancel, and Help.

Nota. Aquí se puede seleccionar Curve smoothing para suavizar la transición del peralte que no sea tan brusco el cambio de peralte al llegar a la curva y al salir de la curva sobre todo cuando se tiene tangentes mínimas. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Figura 84.

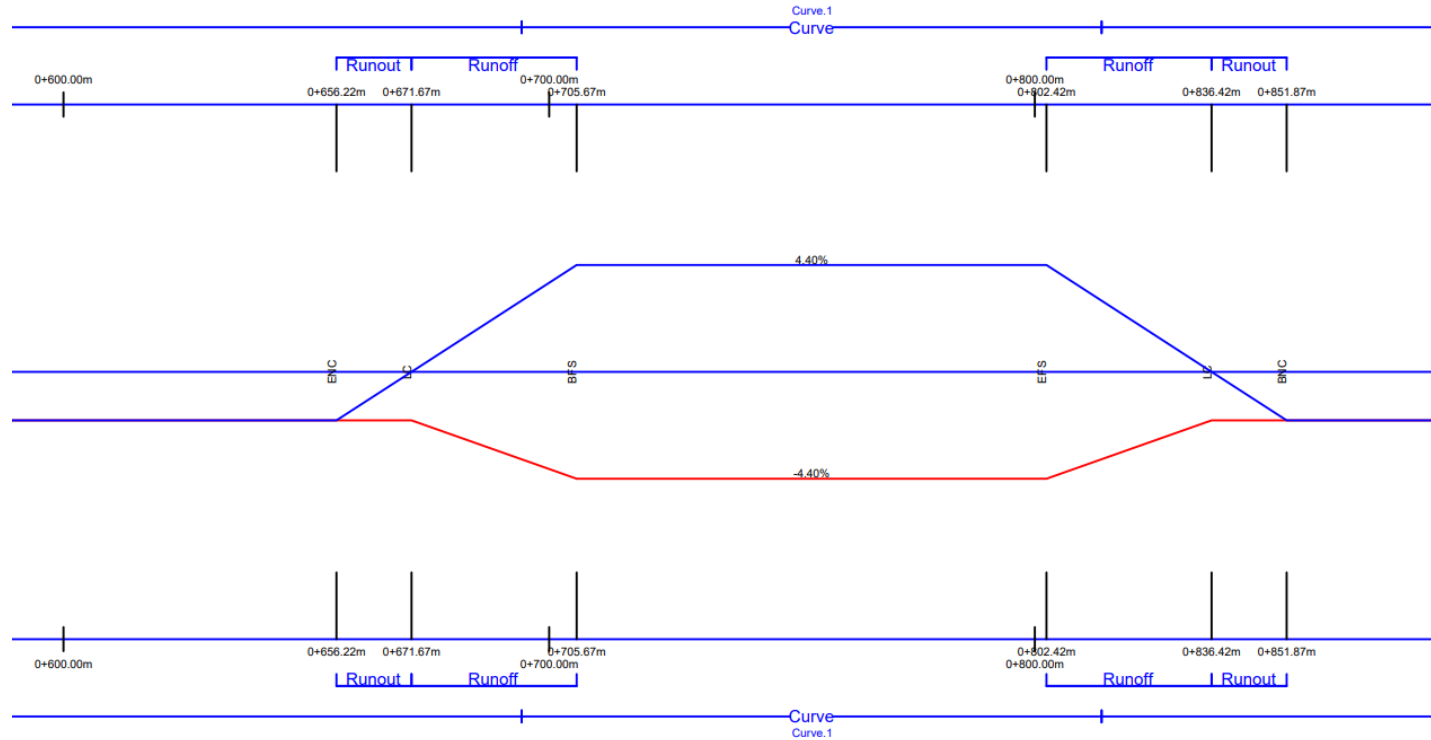
Create Superelevation View



Nota. Se ha seleccionado la norma MOP para realizar las pruebas de funcionamiento. Siendo rojo el carril izquierdo y azul el carril derecho. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Figura 85.

Diagrama de peraltes



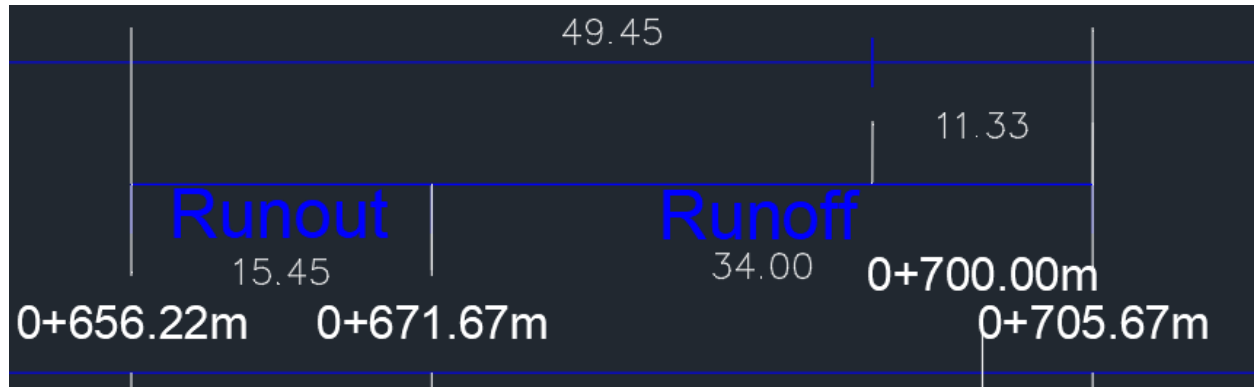
Nota. La zona Ronout (zona de aplanamiento) tiene una longitud de 15.45 m y Runoff (zona de transición) 34 m. Elaborado por:

Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Se analiza las longitudes calculadas por el programa y se prueba que el fichero trabaja de acuerdo con los valores de la MOP donde $X=15.45$ m y $L = 34.00$ m. Los $2/3 L$ antes de la curva y $1/3 L$ que son 11.33 m dentro de la curva

Figura 86.

Runout - Runoff



Nota. Longitudes que componen la transición del peralte calculada usando el fichero MOP (2003) por el programa CIVIL. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

5.1.4. Perfil

Se observa que para el perfil vertical en este tipo de terreno no existe mayor complejidad y pasa todos los chequeos.

Figura 87.

Lista de curvas verticales

No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In	Grade Out	A (Grade Change)	Profile Curve Type	Profile Curve Length	K Value	Curve Radius
1	0+000.00m	471.000m		-4.00%					
2	0+100.00m	467.000m	-4.00%	0.08%	4.08%	Sag	102.083m	25.000	2500.000m
3	0+340.00m	467.200m	0.08%	-0.16%	0.24%	Crest	36.596m	150.000	15000.000m
4	0+464.50m	467.000m	-0.16%	-0.81%	0.65%	Crest	98.103m	150.000	15000.000m
5	0+710.00m	465.000m	-0.81%	0.45%	1.26%	Sag	50.398m	40.000	4000.000m
6	1+069.32m	466.600m	0.45%	-0.70%	1.15%	Crest	575.114m	500.000	50000.000m
7	1+580.00m	463.000m	-0.70%	0.24%	0.95%	Sag	75.654m	80.000	8000.000m
8	2+120.00m	464.300m	0.24%	-0.14%	0.39%	Crest	77.134m	200.000	20000.000m
9	2+810.00m	463.300m	-0.14%	1.31%	1.45%	Sag	58.071m	40.000	4000.000m
10	2+940.08m	465.000m	1.31%	-2.27%	3.58%	Crest	136.090m	38.000	3800.000m
11	3+050.00m	462.500m	-2.27%	1.21%	3.49%	Sag	69.761m	20.000	2000.000m
12	3+153.00m	463.750m	1.21%	-0.91%	2.13%	Crest	80.805m	38.000	3800.000m
13	3+333.75m	462.100m	-0.91%	4.46%	5.37%	Sag	107.445m	20.000	2000.000m
14	3+780.00m	482.000m	4.46%	0.56%	3.90%	Crest	156.153m	40.000	4000.000m
15	3+960.00m	483.000m	0.56%	-2.99%	3.55%	Crest	141.906m	40.000	4000.000m
16	4+345.82m	471.456m	-2.99%	-1.18%	1.81%	Sag	36.144m	20.000	2000.000m
17	4+527.77m	469.300m	-1.18%	-5.71%	4.52%	Crest	113.021m	25.000	2505.088m
18	4+692.52m	459.900m	-5.71%	0.90%	6.61%	Sag	132.112m	20.000	2000.000m
19	4+903.67m	461.800m	0.90%	-2.13%	3.03%	Crest	115.211m	38.000	3800.000m
20	5+035.00m	459.000m	-2.13%	1.69%	3.82%	Sag	145.230m	38.000	3800.000m
21	5+174.07m	461.350m	1.69%	-1.40%	3.09%	Crest	123.734m	40.000	4000.000m
22	5+370.00m	458.600m	-1.40%	-0.02%	1.39%	Sag	55.498m	40.000	4000.000m
23	5+990.00m	458.500m	-0.02%	2.96%	2.98%	Sag	119.187m	40.000	4000.000m
24	6+380.41m	470.070m	2.96%						

Nota. Se presenta los valores de K calculados por el programa y se encuentran dentro de la norma y no existe avisos por parte del programa. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

5.2. Pruebas en un diseño con topografía ondulada

Se pone a prueba un diseño de una vía nueva.

5.2.1. Análisis de la topografía

Revisando las curvas de nivel se determina que el terreno tiene una pendiente transversal entre el 5% y 25% y una pendiente longitudinal entre 3% al 7% por lo tanto se considera un terreno ondulado. Según el TPDA asumido se planifica una vía CLASE III de 2 carriles con los siguientes datos:

- Velocidad de diseño 80 km/h,
- Radio mínimo de curvas horizontales 210 m,
- Distancia de visibilidad de parada 110 m,
- Distancia de visibilidad para rebasamiento 565 m
- Peralte máximo 10%
- Coeficiente “k” para curvas verticales
 - Curvas verticales convexas 28 m
 - Curvas verticales cóncavas 24 m
- Gradiente longitudinal máxima $6\% + 1\% (3) = 7\%$
- Gradiente longitudinal mínima 0.5%
- Ancho de pavimento 6.70 m
- Clase de pavimento: Carpeta Asfáltica con espaldón de 1.50 m
- Gradiente transversal para pavimento 2%
- Gradiente transversal para espaldones 3%
- Curvas de transición usar espirales cuando sea necesario

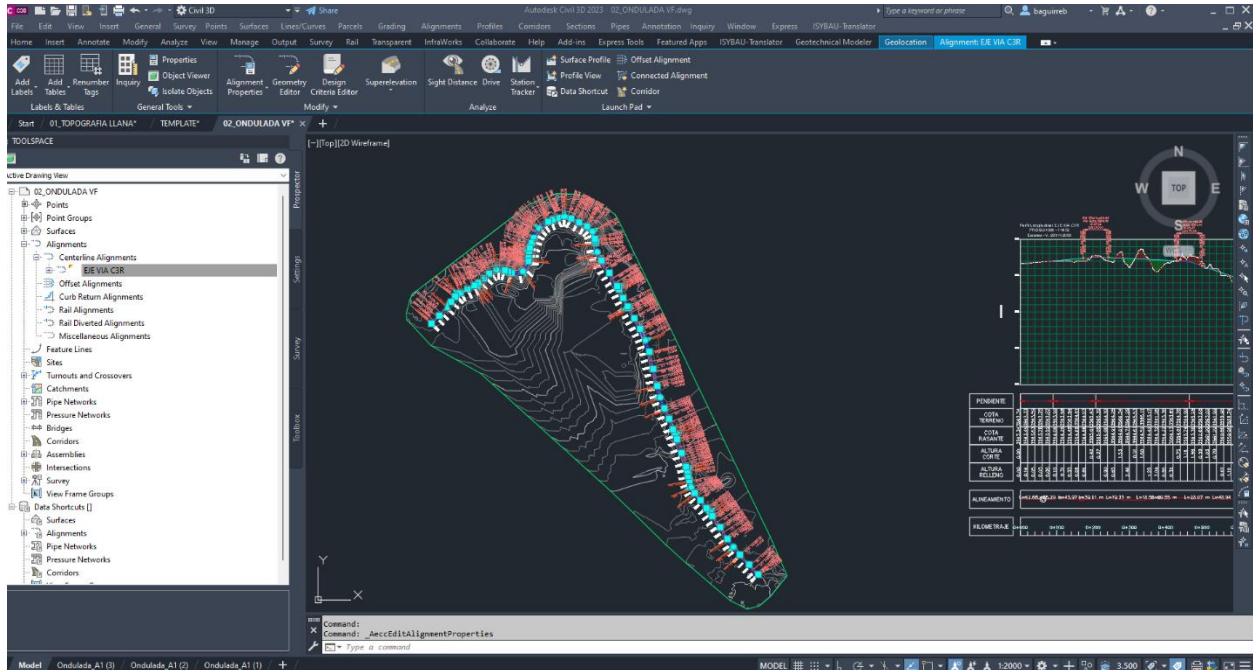
5.2.2. Alineamientos

5.2.2.1. Alineamiento usando MOP

Se realiza la prueba directamente con el fichero MOP

Figura 88.

Alineamiento en terreno llano creado en CIVIL 3D



Nota. Se observa el Alineamiento creado en el programa CIVIL 3D para terreno ondulado.

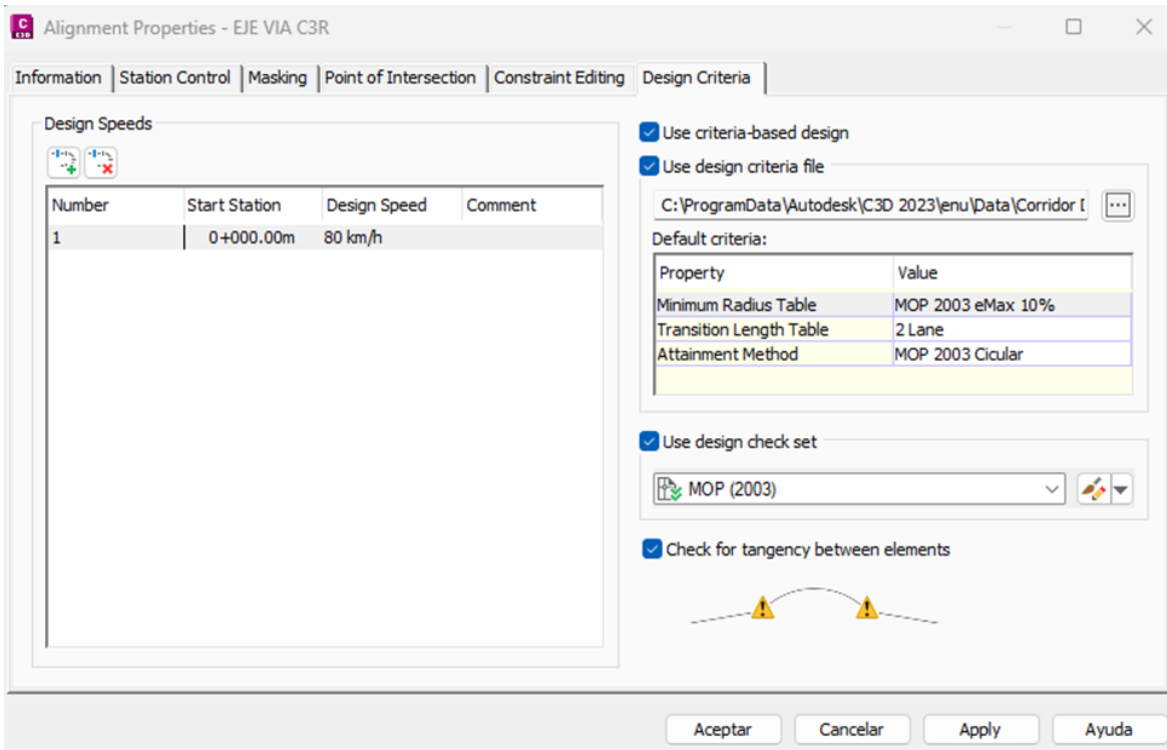
Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

En la figura a continuación se ve el listado de las curvas de la ventana (Panorama). Que para la MOP el radio mínimo con esa velocidad debe ser 210 m

5.2.2.2. Alineamiento usando ASHTO

Figura 89.

Propiedades del alineamiento



Nota. En esta ventana está definido la velocidad de diseño que es de 80 km/h y peralte máximo de 10%. Tabla de Longitud de transición en dos carriles y método de transición de la MOP 2003 para circular en carretera con bombeo. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

En la figura a continuación se ve el listado de las curvas de la ventana (Panorama). Que para la MOP el radio mínimo con velocidad 80 km/h debe ser 210 m.

Figura 90.

Lista de curvas

No.	Type	Tangency Constraint	Parameter Constrai...	Parameter Constraint	Length	Radius	Minimum Radius
1	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	62.659m		
2	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	35.290m		
⚠️	3	Curve	Constrained on Both Sides (F...	Radius	19.849m	⚠️ 43.000m	210.000m
4	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	43.968m		
⚠️	5	Curve	Constrained on Both Sides (F...	Radius	12.386m	⚠️ 43.000m	210.000m
6	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	39.805m		
⚠️	7	Curve	Constrained on Both Sides (F...	Radius	45.991m	⚠️ 43.000m	210.000m
⚠️	8	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	19.329m		
⚠️	9	Curve	Constrained on Both Sides (F...	Radius	64.598m	⚠️ 35.000m	210.000m
⚠️	10	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	18.559m		
⚠️	11	Curve	Constrained on Both Sides (F...	Radius	18.382m	⚠️ 73.000m	210.000m
⚠️	12	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	29.546m		
⚠️	13	Curve	Constrained on Both Sides (F...	Radius	61.618m	⚠️ 73.000m	210.000m
⚠️	14	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	28.072m		
⚠️	15	Curve	Constrained on Both Sides (F...	Radius	38.400m	⚠️ 43.000m	210.000m
16	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	48.936m		
⚠️	17	Curve	Constrained on Both Sides (F...	Radius	43.282m	⚠️ 43.000m	210.000m
⚠️	18	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	10.084m		
⚠️	19	Curve	Constrained on Both Sides (F...	Radius	52.175m	⚠️ 110.000m	210.000m
20	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	82.636m		
⚠️	21	Curve	Constrained on Both Sides (F...	Radius	10.247m	⚠️ 110.000m	210.000m
22	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	52.093m		
⚠️	23	Curve	Constrained on Both Sides (F...	Radius	5.103m	⚠️ 110.000m	210.000m
24	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	65.707m		
25	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	🔒	Radius	69.218m	250.000m	210.000m
26	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	94.937m		
27	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	🔒	Radius	66.427m	400.000m	210.000m
28	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	60.982m		
29	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	🔒	Radius	29.968m	400.000m	210.000m
30	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	80.329m		
⚠️	31	Curve	Constrained on Both Sides (F...	Radius	10.935m	⚠️ 80.000m	210.000m
⚠️	32	Line	Not Constrained (Fixed)	Two points	27.575m		
⚠️	33	Curve	Constrained on Both Sides (F...	Radius	37.952m	⚠️ 80.000m	210.000m
34	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	52.079m		
35	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	🔒	Radius	26.805m	400.000m	210.000m
36	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	76.518m		
37	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	🔒	Radius	54.887m	400.000m	210.000m
38	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	74.525m		

Nota. Se evidencia que no se presenta notificaciones los radios están dentro de la norma.

Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

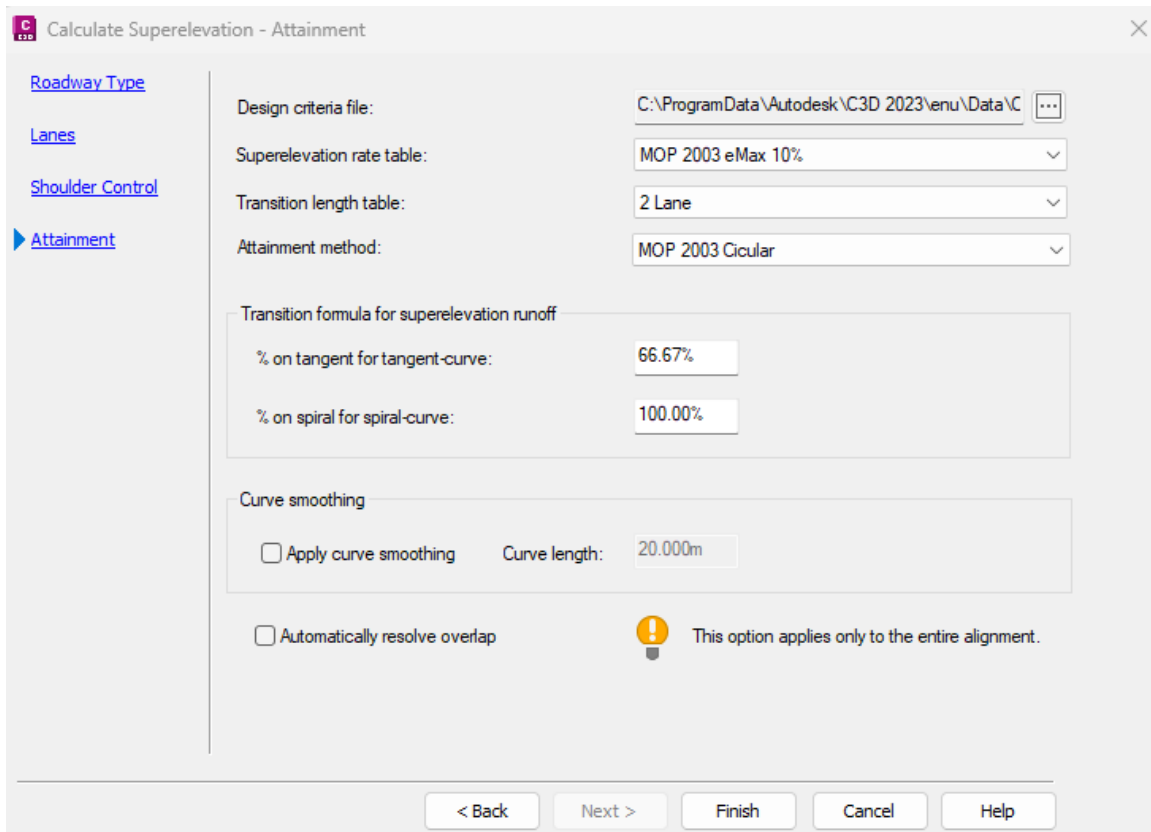
En este diseño se evidencia que no cumple con los radios mínimos y el diseño horizontal esta fuera de la norma MOP (2003).

5.2.3. Transición del peralte

Se realiza el cálculo de peraltes se selecciona la norma MOP 2003. Y se parametriza lo siguiente: 1. Que tome las tablas de la tasa de desarrollo de peralte de la carpeta “MOP 2003 eMax 10%”. 2. La tabla de longitud de desarrollo del peralte para 2 carriles (2 Lane) y 3. El método de transición con las ecuaciones geométricas que contiene el Método de transición estándar “MOP 2003 Circular”

Figura 91.

Calculated superelevation




The screenshot shows the 'Calculate Superelevation - Attainment' dialog box. On the left, there is a navigation pane with links for 'Roadway Type', 'Lanes', 'Shoulder Control', and 'Attainment'. The main area contains the following settings:

- Design criteria file: C:\ProgramData\Autodesk\C3D 2023\enu\Data\C [...]
- Superelevation rate table: MOP 2003 eMax 10%
- Transition length table: 2 Lane
- Attainment method: MOP 2003 Circular

Under 'Transition formula for superelevation runoff':

- % on tangent for tangent-curve: 66.67%
- % on spiral for spiral-curve: 100.00%

Under 'Curve smoothing':

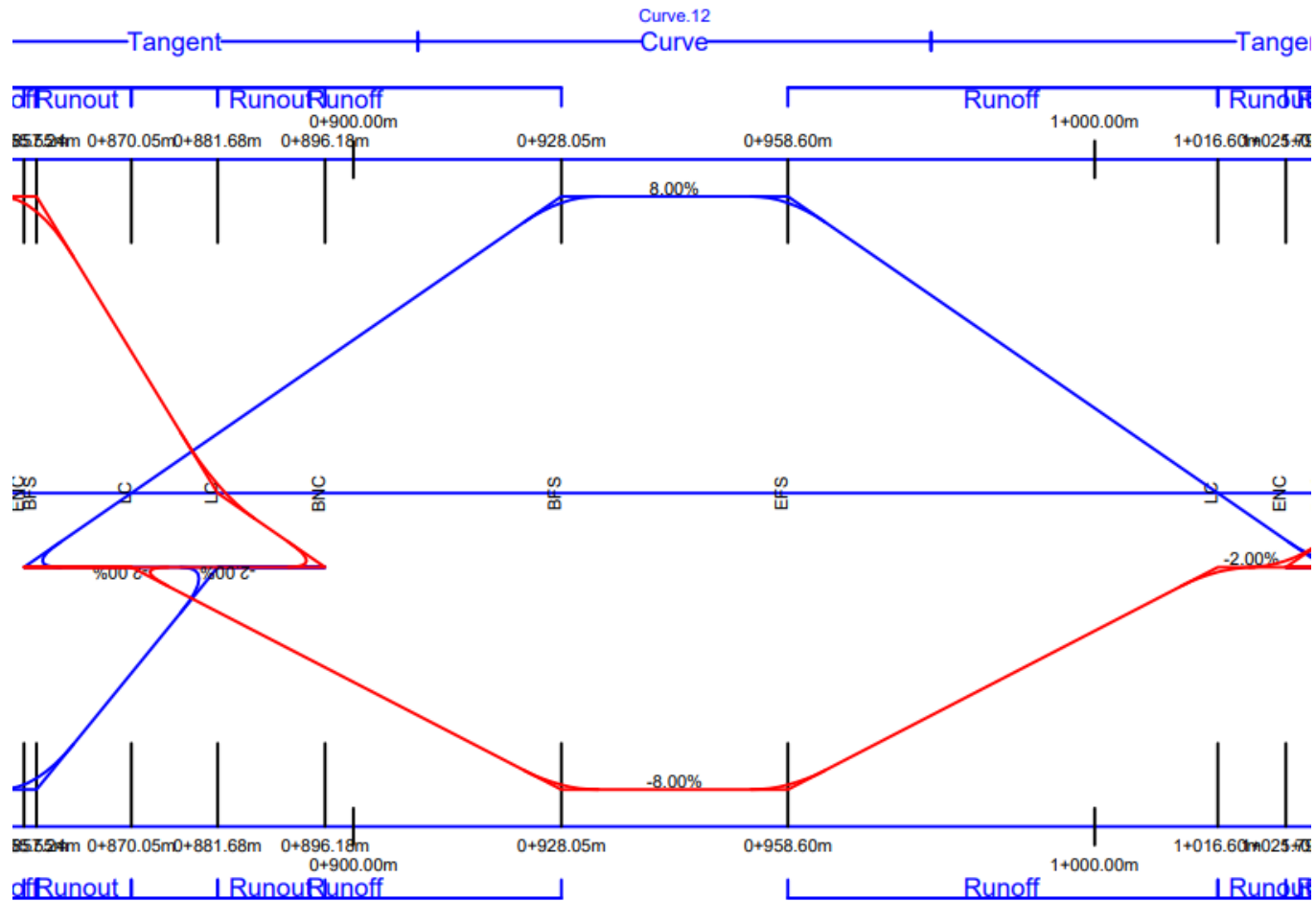
- Apply curve smoothing
- Curve length: 20.000m
- Automatically resolve overlap
-  This option applies only to the entire alignment.

At the bottom, there are buttons for '< Back', 'Next >', 'Finish', 'Cancel', and 'Help'.

Nota. Aquí se puede seleccionar Curve smoothing para suavizar la transición del peralte que no sea tan brusco el cambio de peralte al llegar a la curva y al salir de la curva sobre todo cuando se tiene tangentes mínimas. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Figura 92.

Diagrama de peraltes asistido



Nota. Se ha seleccionado la norma MOP para realizar las pruebas de funcionamiento. Siendo rojo el carril izquierdo y azul el carril derecho. Fuente: Autodesk Civil 3D. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Se evidencia en la figura de diagrama de peralte que el programa realiza la transición en base a las condiciones indicadas por el fichero MOP (2003) pero tiene lo conocido como “overlap” es decir se traslapa las pendientes de transición. Esto es porque son muy seguidas las curvas el terreno es complejo.

5.2.4. Perfil

Se observa que para el perfil vertical en este tipo de terreno no existe mayor complejidad y pasa todos los chequeos.

Figura 93.

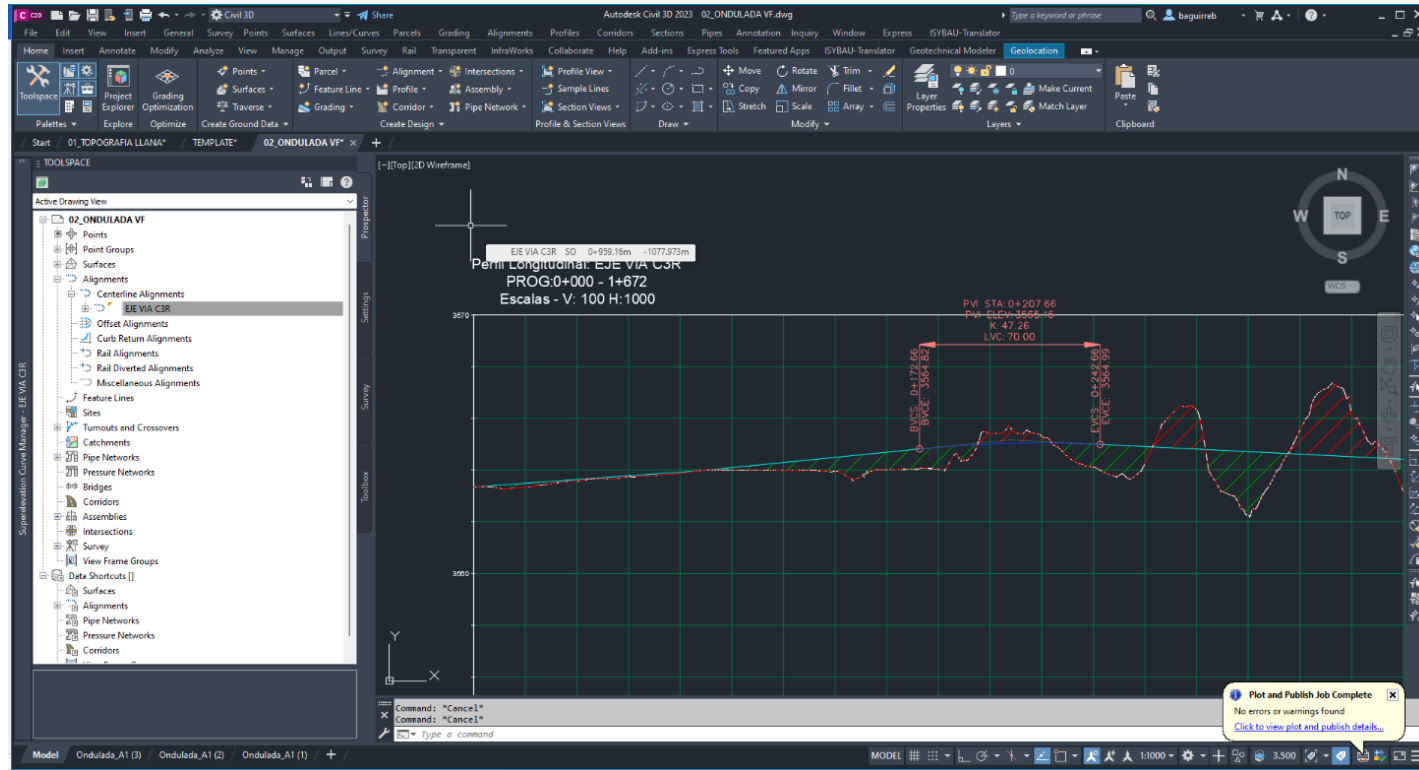
Lista de curvas verticales

	PVI Station	PVI Elevation	Grade In	Grade Out	A (Grade Change)	Profile Curve Type	Profile Curve Length	K Value	Curve Radius
1	0+000.00m	3563.342m		0.73%					
2	0+090.00m	3563.995m	0.73%	0.99%	0.27%				
3	0+207.66m	3565.163m	0.99%	-0.49%	1.48%	Crest	70.000m	47.256	4725.621m
4	0+465.35m	3563.905m	-0.49%	-3.50%	3.01%	Crest	70.000m	23.271	2327.108m
5	0+602.08m	3559.124m	-3.50%	-4.23%	0.73%				
6	0+770.40m	3552.005m	-4.23%	-1.62%	2.61%	Sag	102.000m	39.015	3901.474m
7	1+018.60m	3547.996m	-1.62%	-5.35%	3.73%	Crest	70.000m	18.743	1874.284m
8	1+196.75m	3538.464m	-5.35%	-1.78%	3.57%	Sag	92.000m	25.781	2578.112m
9	1+671.85m	3530.000m	-1.78%						

Nota. Se presenta los valores de K calculados por el programa y se encuentran dentro de la norma y no existe avisos por parte del programa. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Figura 94.

Perfil Vertical con valor de K de PVI 1



Nota. En nuestro perfil podemos observar en la curva PVI 1 STA 0+207.66 un $K=47.26$. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

5.3. Pruebas en un diseño con topografía montañosa

Se pone a prueba un diseño de una vía nueva. Aquí veremos el uso de espirales.

5.3.1. Análisis de la topografía

Revisando las curvas de nivel se determina que el terreno tiene una pendiente transversal mayor al 25% y una pendiente longitudinal mayor a 7% por lo tanto se considera un terreno montañoso. Según el TPDA asumido se planifica una vía CLASE III de 2 carriles con los siguientes datos:

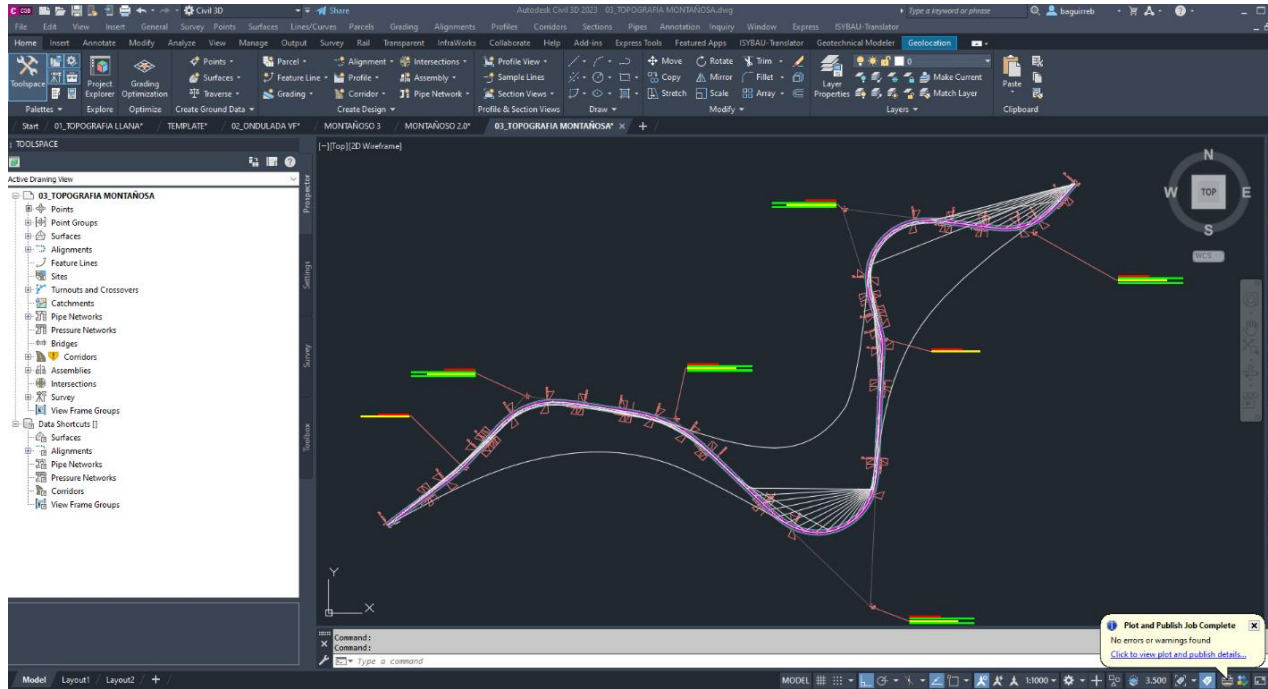
- Velocidad de diseño 60 km/h,
- Radio mínimo de curvas horizontales 110 m,
- Distancia de visibilidad de parada 70 m,
- Distancia de visibilidad para rebasamiento 415 m
- Peralte máximo 10%
- Coeficiente “k” para curvas verticales
 - Curvas verticales convexas 12 m
 - Curvas verticales cóncavas 13 m
- Gradiente longitudinal máxima $7\% + 2\% (3) = 9\%$
- Gradiente longitudinal mínima 0.5%
- Ancho de pavimento 6.70 m
- Clase de pavimento: Carpeta Asfáltica con espaldón de 1.00 m
- Gradiente transversal para pavimento 2%
- Gradiente transversal para espaldones 4%
- Curvas de transición usar espirales cuando sea necesario

5.3.2. Alineamiento

Se realiza la prueba con el fichero MOP en este tipo de terreno encontramos algunas diferencias.

Figura 95.

Alineamiento en terreno montañoso creado en CIVIL 3D

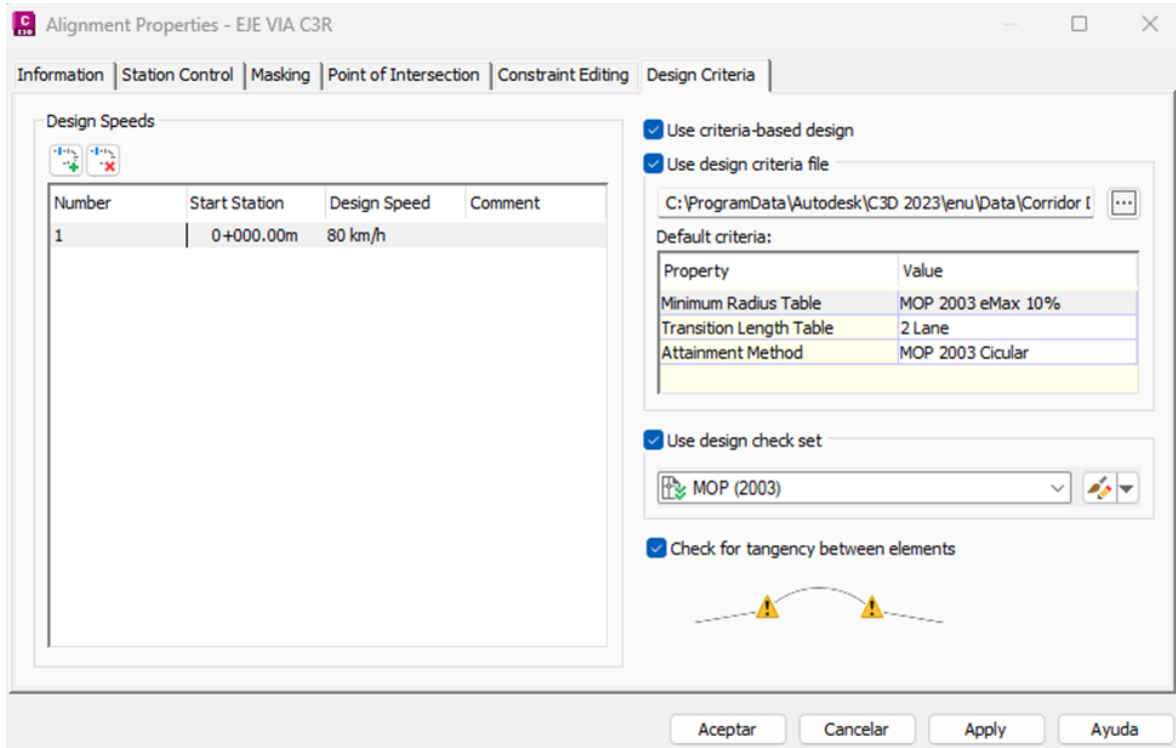


Nota. Se presenta el eje de la vía en terreno montañoso. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

En la figura a continuación se ve el listado de las curvas de la ventana (Panorama). Que para la MOP el radio mínimo con 60 km/h de velocidad debe ser 110 m. Se implementa el uso de espirales en la mayor parte del alineamiento.

Figura 96.

Propiedades del alineamiento



Nota. En esta ventana está definido la velocidad de diseño que es de 60 km/h y peralte máximo de 10%. Tabla de Longitud de transición en dos carriles y método de transición de la MOP 2003 para espirales en carretera con bombeo. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

En la figura a continuación se ve el listado de las curvas y avisos de incumplimiento de la norma tomadas de la norma AASHTO usando la ventana (Panorama).

Figura 97.

Listado de curvas

No.	Type	Tangency Constraint	Parameter Constrai...	Parameter Constraint	Length	Minimum Spiral Length	Radius	Minimum Radius	De
1	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	137.349m				
2	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	🔒	Radius	87.749m		400.000m	105.000m	
3	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	22.323m				
⚠️ 4.1	Spiral-Curv...	Constrained on Both Sides (F...	🔒	SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	58.000m			
⚠️ 4.2	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)	🔒	SpiIn-Radius-SpiOut	72.401m		140.000m	105.000m	
⚠️ 4.3	Spiral-Curv...	Constrained on Both Sides (F...	🔒	SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	58.000m			
⚠️ 5	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	66.889m				
⚠️ 6.1	Spiral-Curv...	Constrained on Both Sides (F...	🔒	SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	44.000m			
⚠️ 6.2	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)	🔒	SpiIn-Radius-SpiOut	70.371m		230.000m	105.000m	
⚠️ 6.3	Spiral-Curv...	Constrained on Both Sides (F...	🔒	SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	44.000m			
⚠️ 7	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	128.013m				
⚠️ 8.1	Spiral-Curv...	Constrained on Both Sides (F...	🔒	SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	60.000m			
⚠️ 8.2	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)	🔒	SpiIn-Radius-SpiOut	181.598m		110.000m	105.000m	
⚠️ 8.3	Spiral-Curv...	Constrained on Both Sides (F...	🔒	SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	60.000m			
9	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	210.562m				
⚠️ 10	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	🔒	Radius	38.414m		110.000m	105.000m	
⚠️ 11	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	30.815m				
⚠️ 12.1	Spiral-Curv...	Constrained on Both Sides (F...	🔒	SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	60.000m			
⚠️ 12.2	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)	🔒	SpiIn-Radius-SpiOut	149.670m		110.000m	105.000m	
⚠️ 12.3	Spiral-Curv...	Constrained on Both Sides (F...	🔒	SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	60.000m			
⚠️ 13	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	61.308m				
⚠️ 14.1	Spiral-Curv...	Constrained on Both Sides (F...	🔒	SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	60.000m			
⚠️ 14.2	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)	🔒	SpiIn-Radius-SpiOut	36.941m		110.000m	105.000m	
⚠️ 14.3	Spiral-Curv...	Constrained on Both Sides (F...	🔒	SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	60.000m			
⚠️ 15	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	30.007m				

Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Como podemos observar existen varios avisos en la casi todo el alineamiento. Y según la leyenda de cada una dice que no se cumple el radio mínimo por defecto que es 105 m.

Para la MOP el radio mínimo con velocidad 60 km/h debe ser 110 m. Se procede a activar el fichero MOP 2003 y observamos la siguiente figura con las curvas de este diseño.

Figura 98.

Lista de curvas

No.	Type	Tangency Constraint	Parameter Constrai...	Parameter Constraint	Length	Minimum Spiral Length	Radius	Minimum Radius	Design Speed
1	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	137.349m				60 km/h
2	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	87.749m		400.000m	110.000m	60 km/h
3	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	22.323m				60 km/h
4.1	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	58.000m			60 km/h
4.2	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	72.401m		140.000m	110.000m	60 km/h
4.3	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	58.000m			60 km/h
5	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	66.889m				60 km/h
6.1	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	44.000m			60 km/h
6.2	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.371m		230.000m	110.000m	60 km/h
6.3	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	44.000m			60 km/h
7	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	128.013m				60 km/h
8.1	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	60.000m			60 km/h
8.2	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	181.598m		110.000m	110.000m	60 km/h
8.3	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	60.000m			60 km/h
9	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	210.562m				60 km/h
10	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	38.414m		110.000m	110.000m	60 km/h
11	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	30.815m				60 km/h
12.1	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	60.000m			60 km/h
12.2	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	149.670m		110.000m	110.000m	60 km/h
12.3	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	60.000m			60 km/h
13	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	61.308m				60 km/h
14.1	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	60.000m			60 km/h
14.2	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	36.941m		110.000m	110.000m	60 km/h
14.3	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	60.000m			60 km/h
15	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	30.007m				60 km/h

Nota. Se evidencia que no se presenta notificaciones sobre los radios mínimos porque ya están dentro de la norma MOP 2003 que es un radio mínimo de 110m. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Se evidencia además que está fuera de la norma MOP (2003) las longitudes de tangentes con el nombre “line” y que persiste aun el símbolo amarillo de advertencia.

Figura 99.

Aviso de Chequeo de diseño

11	Line	Not Constrained
12.1	Spiral-Curve...	Constrained on Both S
13	Line	Not Constrained
14.1	Spiral-Curve...	Constrained on Both S
14.2	Spiral-Curve...	Constrained on Both S

Nota. El aviso de chequeo dice que no cumple la tangente intermedia mínima establecida por la norma MOP que dice que debe transitar el vehículo al menos 2 segundos. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Efectivamente, el valor que corresponde de $L_{min} = 0.56V$ es 33.60 m y el valor actual del tangente número 11 es 30.82m. En esta parte se detecta una falla en el diseño gracias al fichero lo cual es lo que busca este trabajo. Una asistencia del computador para cumplir la normativa en el diseño.

5.3.3. Transición del peralte

Se realiza el cálculo de peraltes se selecciona la norma MOP 2003. Y se parametriza lo siguiente: 1. Que tome las tablas de la tasa de desarrollo de peralte de la carpeta “MOP 2003 eMax 10%”. 2. La tabla de longitud de desarrollo del peralte para 2 carriles (2 Lane) y 3. El método de transición con las ecuaciones geométricas que contiene el Método de transición estándar “MOP 2003 Espiral”

Figura 100.

Calculate Superelevation

The screenshot shows the 'Calculate Superelevation - Attainment' dialog box. On the left, there is a navigation pane with links for 'Roadway Type', 'Lanes', 'Shoulder Control', and 'Attainment'. The main area contains the following settings:

- Design criteria file: C:\ProgramData\Autodesk\C3D 2023\enu\Data\C [...]
- Superelevation rate table: MOP 2003 eMax 10%
- Transition length table: 2 Lane
- Attainment method: MOP 2003 Espiral

Under 'Transition fomula for superelevation runoff':

- % on tangent for tangent-curve: 100.00%
- % on spiral for spiral-curve: 100.00%

Under 'Curve smoothing':

- Apply curve smoothing
- Curve length: 10.000m
- Automatically resolve overlap

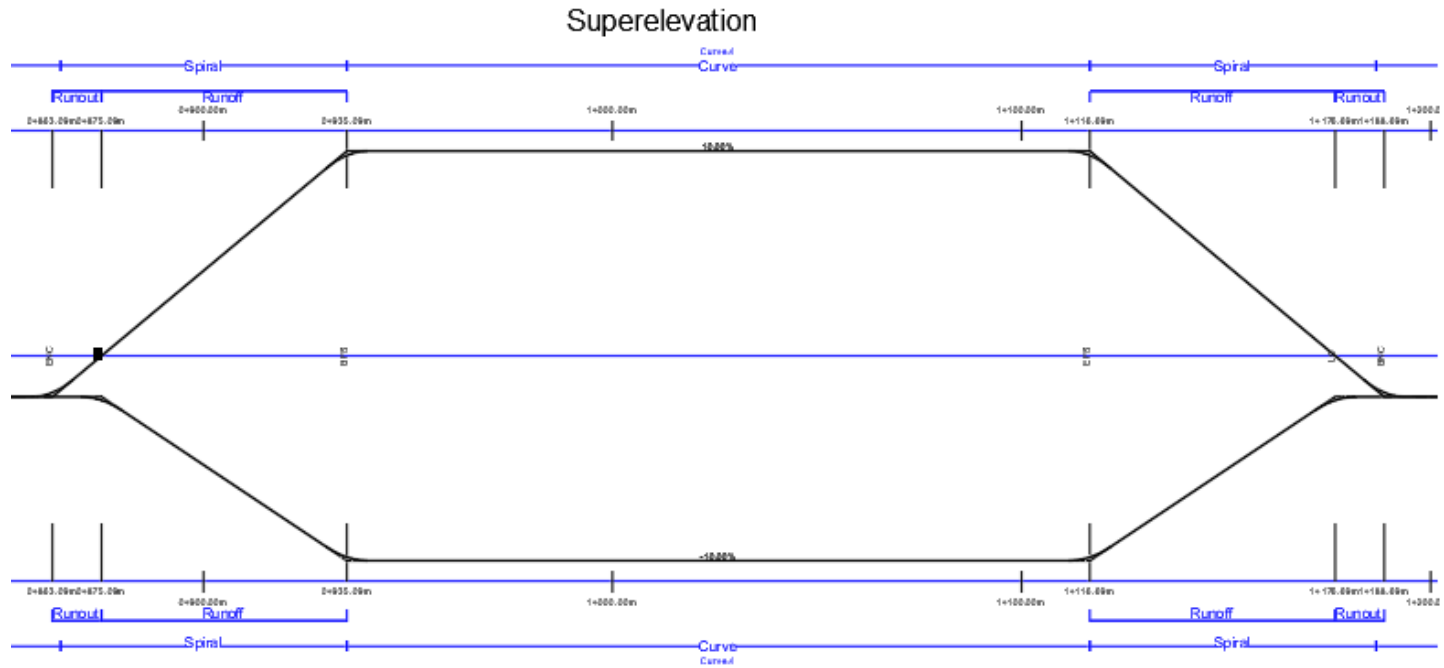
A warning icon and text state: 'This option applies only to the entire alignment.'

At the bottom, there are buttons for '< Back', 'Next >', 'Finish', 'Cancel', and 'Help'.

Nota. Se puede notar que se desactivo la casilla del porcentaje de distribución del peralte porque en la tabla MOP 2003 espiral de transición de peralte indica que directamente sea distribuida en toda la longitud de transición. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Figura 101.

Diagrama de peraltes asistido



Nota. Diagrama de peralte de la curva 4 que es espiral – curva – espiral. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil

3D.

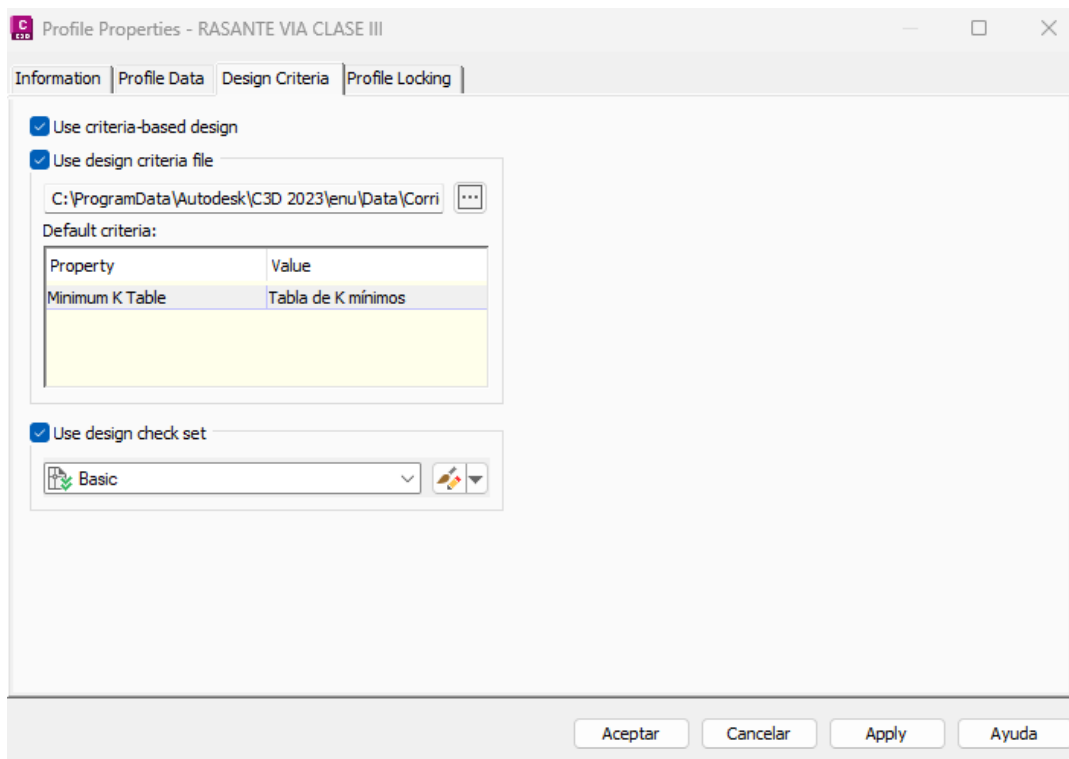
Se evidencia en la figura de diagrama de peralte que el programa realiza la transición bajo las recomendaciones de la norma MOP 2003. Que es distribuir en toda la longitud la transición del peralte.

5.3.4. Perfil

Se verifica los valores de coeficiente K mínimos para un diseño montañoso. Una vez activada mi tabla de K de la AASHTO se observa la siguiente tabla.

Figura 102.

Propiedades del perfil y tablas de K según normativa



Nota. Se activa los valores de k mínimos para la norma AASHTO. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Con estos valores se realiza la prueba y se observa en la siguiente figura los chequeos.

Figura 103.

Lista de curvas verticales










Profile Curve T...	Profile Curve Length	K Value	Minimum K for Stopping Sight D...	Minimum K for Passing Sight...	Minimum K for Headlight Sigh
Crest	70.000m	⚠ 37.745	11.000	⚠ 38.000	
Sag	120.000m	⚠ 13.033			⚠ 18.000
Crest	150.000m	⚠ 12.067	11.000	⚠ 38.000	
Sag	180.000m	⚠ 14.924			⚠ 18.000
Crest	85.000m	⚠ 17.265	11.000	⚠ 38.000	
Crest	75.000m	⚠ 12.653	11.000	⚠ 38.000	
Sag	195.000m	⚠ 13.748			⚠ 18.000

Nota. Aquí vemos que prácticamente no cumple ningún valor de K. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Ahora vamos a probar con el fichero de la norma MOP (2003).

Figura 104.

Lista de curvas verticales

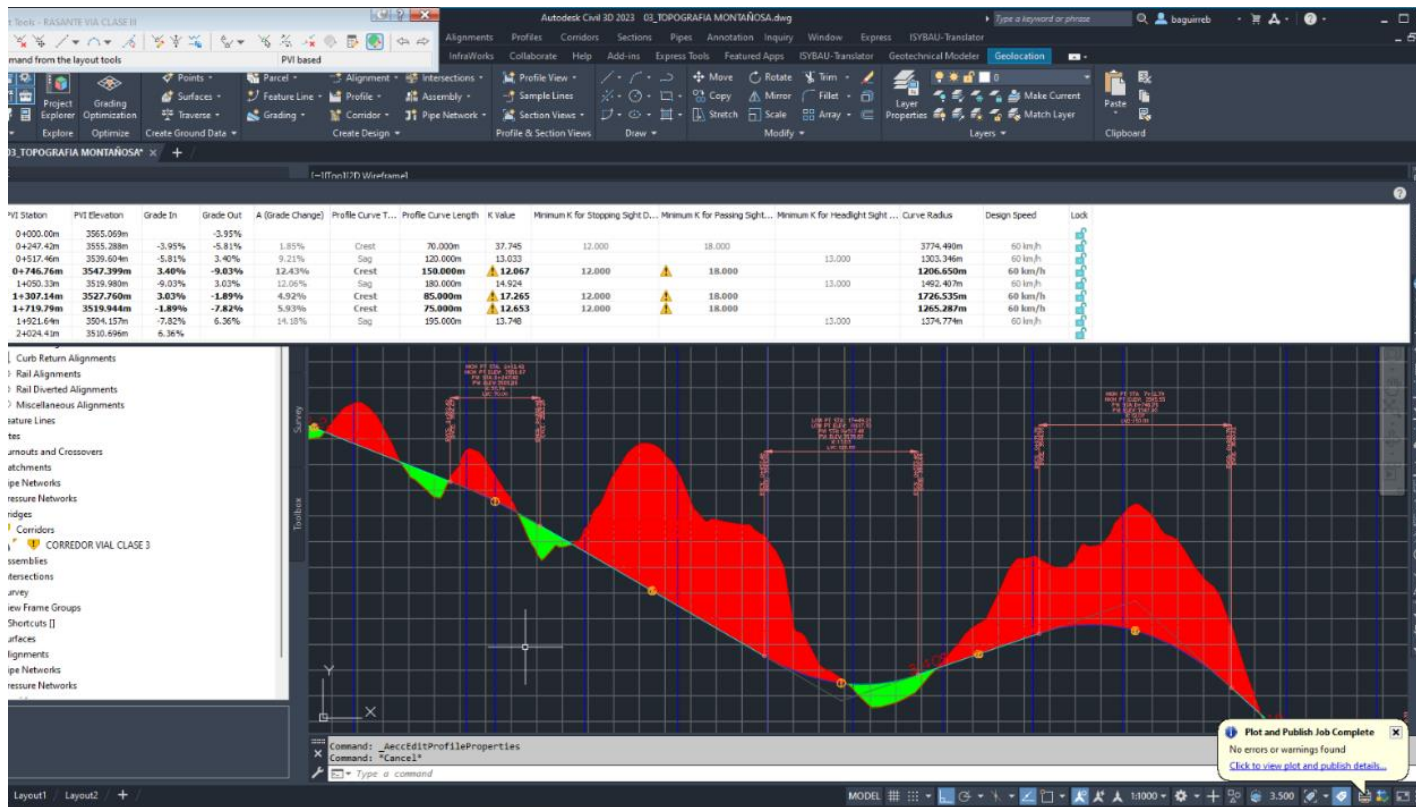
No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In	Grade Out	A (Grade Change)	Profile Curve T...	Profile Curve Length	K Value	Minimum K for Stopping Sight D...	Minimum K for Passing Sight...	Minimum K for Headlight Sight
1	0+000.00m	3565.069m		-3.95%							
2	0+247.42m	3555.288m	-3.95%	-5.81%	1.85%	Crest	70.000m	37.745	12.000	18.000	
3	0+517.46m	3539.604m	-5.81%	3.40%	9.21%	Sag	120.000m	13.033			13.000
	0+746.76m	3547.399m	3.40%	-9.03%	12.43%	Crest	150.000m	 12.067	12.000	 18.000	
5	1+050.33m	3519.980m	-9.03%	3.03%	12.06%	Sag	180.000m	14.924			13.000
	1+307.14m	3527.760m	3.03%	-1.89%	4.92%	Crest	85.000m	 17.265	12.000	 18.000	
	1+719.79m	3519.944m	-1.89%	-7.82%	5.93%	Crest	75.000m	 12.653	12.000	 18.000	
8	1+921.64m	3504.157m	-7.82%	6.36%	14.18%	Sag	195.000m	13.748			13.000
9	2+024.41m	3510.696m	6.36%								

Nota. Aquí vemos se redujo las infracciones y se conservan las que no cumplen por distancia de rebasamiento en función de K según el criterio de diseño de la MOP (2003). Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

A continuación, se muestra el perfil vertical con algunas curvas del alineamiento vertical.

Figura 105.

Perfil Vertical



Nota. Se observa tres curvas verticales las cuales estarían dentro de la normativa ecuatoriana. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

CAPÍTULO VI

VERIFICACIÓN EN TIPOS DE TERRENO

En este capítulo ya con los datos de las pruebas realizadas con anterioridad se realiza la verificación del diseño en los diferentes tipos de terreno. Se presentará solo datos de salida una vez activo el fichero MOP (2003).

6.1. Verificación en un diseño vial en terreno llano

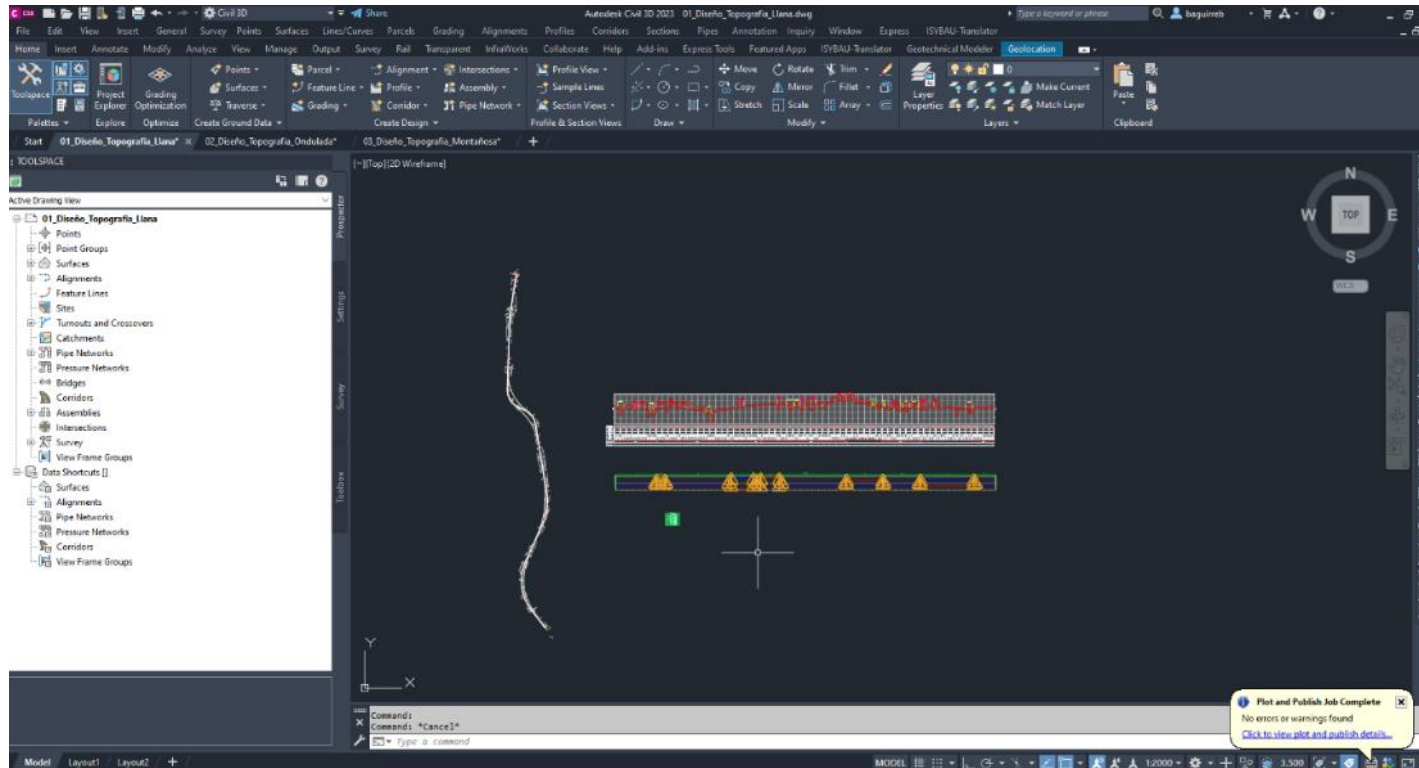
6.1.1. Alineamiento

6.1.2. Alineamiento usando MOP

Diseño de vía en terreno llano

Figura 106.

Diseño en terreno llano creado en CIVIL 3D



Nota. Se observa el Alineamiento creado en el programa CIVIL 3D para terreno llano. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

En la figura a continuación se ve el listado de las curvas de la ventana (Panorama). Que para la MOP el radio mínimo con esa velocidad debe ser 275 m

Figura 107.

Lista de curvas con MOP

No.	Type	Tangency Constraint	Parameter Constrai...	Parameter Constraint	Length	Radius	Minimum Radius	Design Speed
1	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	694.339m			90 km/h
2	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	🔒	Radius	119.411m	1000.000m	275.000m	90 km/h
3	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	1140.041m			90 km/h
4	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	🔒	Radius	346.198m	300.000m	275.000m	90 km/h
5	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	147.072m			90 km/h
6	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	🔒	Radius	288.047m	300.000m	275.000m	90 km/h
7	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	1151.569m			90 km/h
8	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	🔒	Radius	594.804m	1000.000m	275.000m	90 km/h
9	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	651.148m			90 km/h
10	Curve	Constrained on Both Sides (Free)	🔒	Radius	881.277m	800.000m	275.000m	90 km/h
11	Line	Not Constrained (Fixed)	🔒	Two points	366.503m			90 km/h

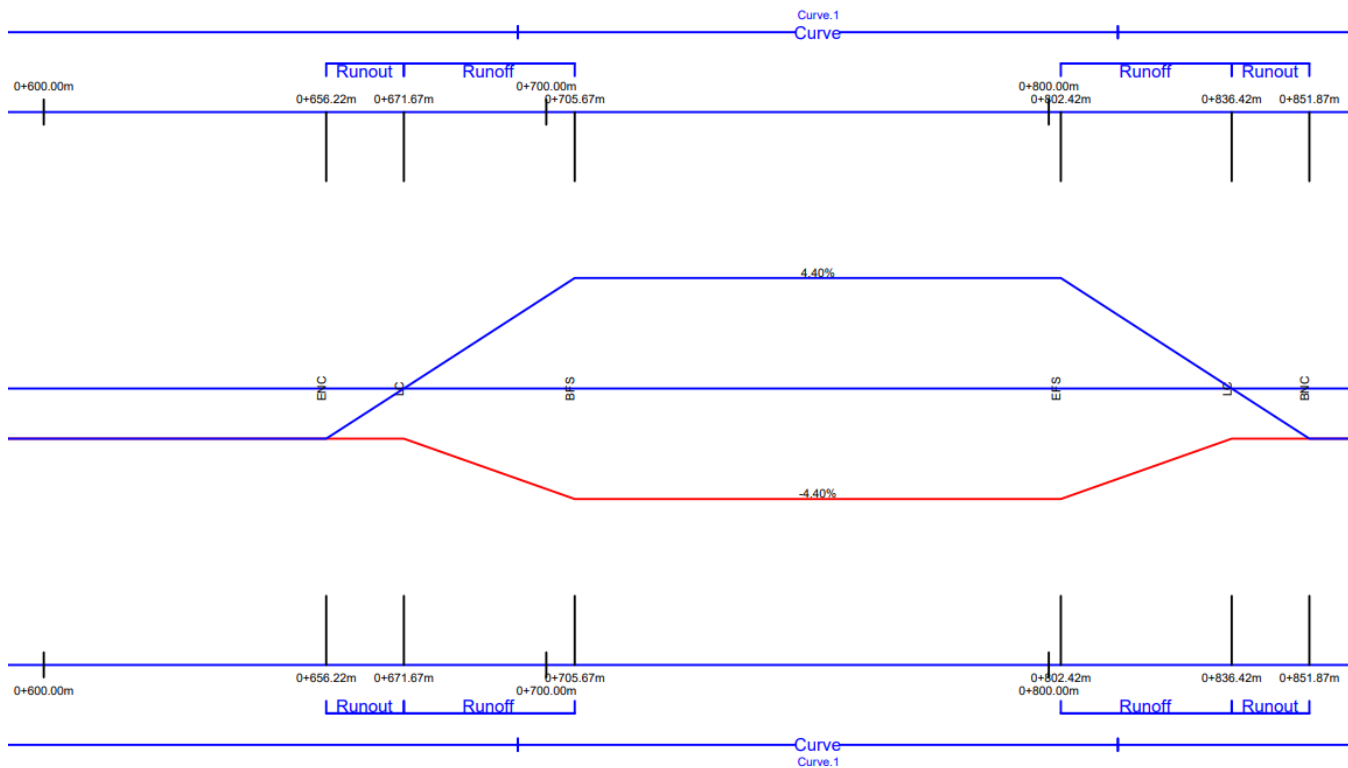
Nota. En la figura se verifica los que los valores están dentro de la norma. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

6.1.3. Transición del peralte

Se presenta una muestra del diagrama de peralte el completo se puede ver en los anexos de este diseño. Se realiza el cálculo de peraltes se selecciona la norma MOP 2003.

Figura 108.

Transición de peralte



Nota. La zona de aplanamiento tiene una longitud dentro de la norma y la longitud de la zona de transición de peralte esta entro de la norma. Se evidencia en los planos y queda verificado el diseño conforme a la norma MOP 2003. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

6.1.4. Perfil

Una vez activado fichero MOP 2003 para el caso de alineamiento vertical se verifica que en este tipo de terreno no existe mayor complejidad y pasa todos los chequeos.

Figura 109.

Lista de curvas verticales

No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In	Grade Out	A (Grade Change)	Profile Curve Type	Profile Curve Length	K Value	Curve Radius
1	0+000.00m	471.000m		-4.00%					
2	0+100.00m	467.000m	-4.00%	0.08%	4.08%	Sag	102.083m	25.000	2500.000m
3	0+340.00m	467.200m	0.08%	-0.16%	0.24%	Crest	36.596m	150.000	15000.000m
4	0+464.50m	467.000m	-0.16%	-0.81%	0.65%	Crest	98.103m	150.000	15000.000m
5	0+710.00m	465.000m	-0.81%	0.45%	1.26%	Sag	50.398m	40.000	4000.000m
6	1+069.32m	466.600m	0.45%	-0.70%	1.15%	Crest	575.114m	500.000	50000.000m
7	1+580.00m	463.000m	-0.70%	0.24%	0.95%	Sag	75.654m	80.000	8000.000m
8	2+120.00m	464.300m	0.24%	-0.14%	0.39%	Crest	77.134m	200.000	20000.000m
9	2+810.00m	463.300m	-0.14%	1.31%	1.45%	Sag	58.071m	40.000	4000.000m
10	2+940.08m	465.000m	1.31%	-2.27%	3.58%	Crest	136.090m	38.000	3800.000m
11	3+050.00m	462.500m	-2.27%	1.21%	3.49%	Sag	69.761m	20.000	2000.000m
12	3+153.00m	463.750m	1.21%	-0.91%	2.13%	Crest	80.805m	38.000	3800.000m
13	3+333.75m	462.100m	-0.91%	4.46%	5.37%	Sag	107.445m	20.000	2000.000m
14	3+780.00m	482.000m	4.46%	0.56%	3.90%	Crest	156.153m	40.000	4000.000m
15	3+960.00m	483.000m	0.56%	-2.99%	3.55%	Crest	141.906m	40.000	4000.000m
16	4+345.82m	471.456m	-2.99%	-1.18%	1.81%	Sag	36.144m	20.000	2000.000m
17	4+527.77m	469.300m	-1.18%	-5.71%	4.52%	Crest	113.021m	25.000	2505.088m
18	4+692.52m	459.900m	-5.71%	0.90%	6.61%	Sag	132.112m	20.000	2000.000m
19	4+903.67m	461.800m	0.90%	-2.13%	3.03%	Crest	115.211m	38.000	3800.000m
20	5+035.00m	459.000m	-2.13%	1.69%	3.82%	Sag	145.230m	38.000	3800.000m
21	5+174.07m	461.350m	1.69%	-1.40%	3.09%	Crest	123.734m	40.000	4000.000m
22	5+370.00m	458.600m	-1.40%	-0.02%	1.39%	Sag	55.498m	40.000	4000.000m
23	5+990.00m	458.500m	-0.02%	2.96%	2.98%	Sag	119.187m	40.000	4000.000m
24	6+380.41m	470.070m	2.96%						

Nota. Se pasa todos los chequeos y el programa no da signos de alerta. Por tanto, queda verificado este diseño. Elaborado por:

Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Se entrega los planos finales en el Anexo de estos diseños verificados con el fichero MOP 2003. Para esta documentación se acostumbra a entregar en escala 1:2000 y por cada kilómetro de vía.

Tabla 11

Tablas de curvas

Eje Vial				
Number	Length	Radius	Line/Chord Direction	A Value
L1	694.339		S08° 32' 57.65"W	
PI:1	119.411	1000	S05° 07' 42.49"W	
L2	1140.041		S01° 42' 27.33"W	
PI:2	346.198	300	S31° 21' 06.62"E	
L3	147.072		S64° 24' 40.57"E	
PI:3	288.047	300	S36° 54' 17.17"E	
L4	1151.569		S09° 22' 53.78"E	
PI:4	594.804	1000	S07° 38' 29.82"W	
L5	651.148		S24° 40' 53.42"W	
PI:5	881.277	800	S06° 52' 36.86"E	
L6	366.503		S38° 26' 07.14"E	

Nota. Se extrae la tabla de curvas perfectamente detallada del programa civil 3D para el diseño en terreno llano. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

6.2. Verificación en un diseño vial en terreno ondulado

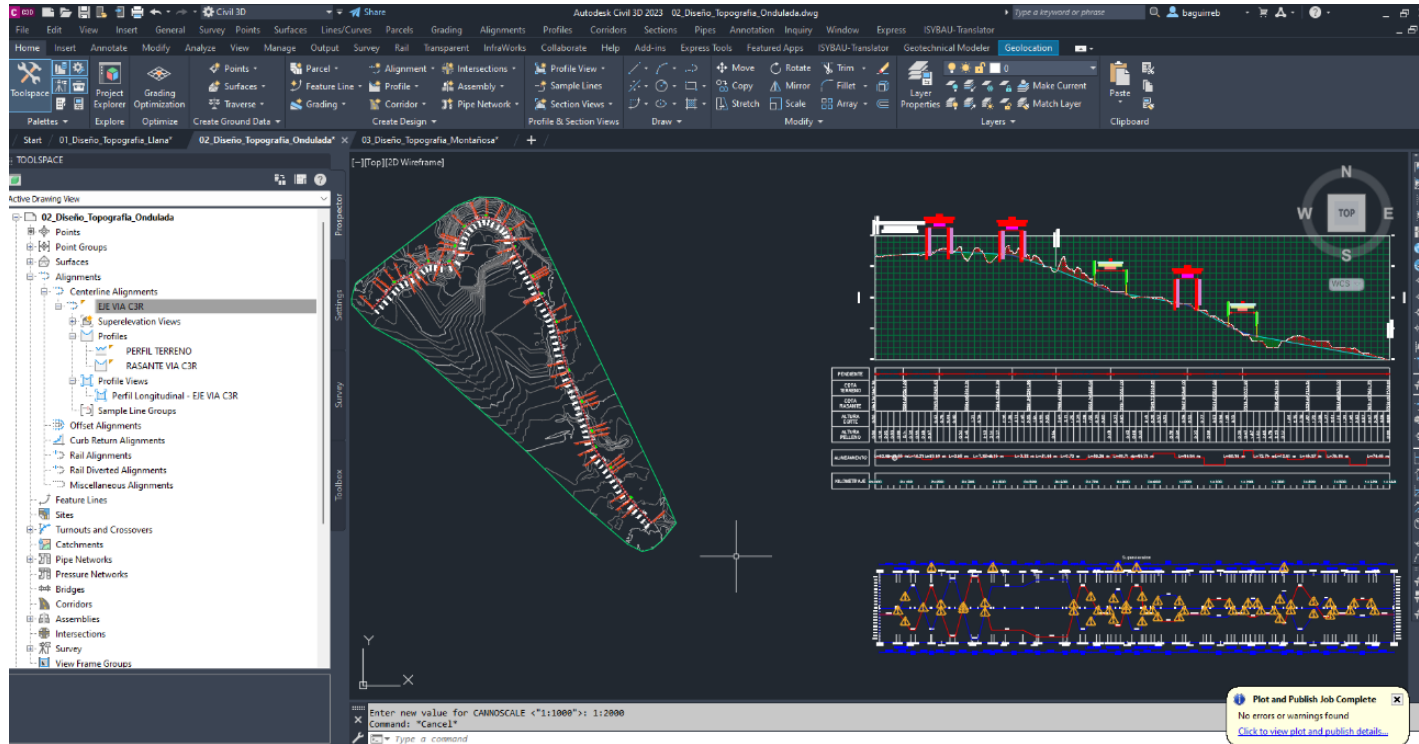
6.2.1. Alineamiento

6.2.2. Alineamiento usando MOP

Diseño de vía en terreno ondulado

Figura 110.

Diseño en terreno ondulado creado en CIVIL 3D



Nota. Se observa el Alineamiento creado en el programa CIVIL 3D para terreno ondulado. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Se realiza la verificación y se realiza cambios en la alineación mejorando notablemente y cumpliendo la normativa ecuatoriana a la vez. Además, se recomienda que este tramo por tener curvas pronunciadas y consecutivas debe tener una velocidad de 40 km/h. En la figura a continuación se ve el listado de las curvas de la ventana (Panorama). Que para la MOP el radio mínimo con velocidad de 40 debe ser 110 m.

Figura 111.

Lista de curvas con MOP

No.	Type	Tangency Constraint	Parameter Constrai...	Parameter Constraint	Length	Radius	Minimum Radius	Design Speed	Direction	Start Station	End Station	Delta angle	Chord length	Clockwise	Degree of Curvature by Arc
1	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	62.659m			40 km/h	N42.733389...	0+000.00m	0+062.66m				
2	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	19.545m			40 km/h	N38.15374...	0+062.66m	0+082.20m				
3	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	50.778m	110.000m	110.000m	40 km/h		0+082.20m	0+132.98m	26.4485 (d)	50.328m	clockwise	15.6261 (d)
4	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	18.293m			40 km/h	N64.60229...	0+132.98m	0+151.27m				
5	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	32.111m	111.477m	110.000m	40 km/h		0+151.27m	0+183.39m	16.5041 (d)	32.000m	counter-cl...	15.4191 (d)
6	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	19.804m			40 km/h	N48.09823...	0+183.39m	0+203.19m				
7	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	64.173m	60.000m	110.000m	40 km/h		0+203.19m	0+267.36m	61.2810 (d)	61.158m	clockwise	28.6479 (d)
8	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	2.654m			40 km/h	S70.62082...	0+267.36m	0+270.02m				
9	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	73.827m	40.000m	110.000m	40 km/h		0+270.02m	0+343.84m	105.7491 (d)	63.785m	counter-...	42.9718 (d)
10	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	7.270m			40 km/h	N3.630074...	0+343.84m	0+351.11m				
11	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	27.699m	110.000m	110.000m	40 km/h		0+351.11m	0+378.81m	14.4275 (d)	27.626m	clockwise	15.6261 (d)
12	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	8.249m			40 km/h	N18.05760...	0+378.81m	0+387.06m				
13	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	92.849m	110.000m	110.000m	40 km/h		0+387.06m	0+479.91m	48.3626 (d)	90.118m	clockwise	15.6261 (d)
14	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	3.319m			40 km/h	N66.42017...	0+479.91m	0+483.23m				
15	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	53.581m	60.000m	110.000m	40 km/h		0+483.23m	0+536.81m	51.1662 (d)	51.818m	clockwise	28.6479 (d)
16	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	31.438m			40 km/h	S62.41365...	0+536.81m	0+568.25m				
17	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	60.393m	60.000m	110.000m	40 km/h		0+568.25m	0+628.64m	57.6710 (d)	57.876m	clockwise	28.6479 (d)
18	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	0.725m			40 km/h	S4.742629...	0+628.64m	0+629.37m				
19	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	52.175m	110.000m	110.000m	40 km/h		0+629.37m	0+681.54m	27.1762 (d)	51.687m	counter-cl...	15.6261 (d)
20	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	80.256m			40 km/h	S31.918838...	0+681.54m	0+761.80m				
21	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	15.005m	161.076m	110.000m	40 km/h		0+761.80m	0+776.80m	5.3375 (d)	15.000m	clockwise	10.6712 (d)
22	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	49.712m			40 km/h	S26.581323...	0+776.80m	0+826.51m				
23	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	5.103m	110.000m	110.000m	40 km/h		0+826.51m	0+831.62m	2.6579 (d)	5.102m	counter-cl...	15.6261 (d)
24	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	65.707m			40 km/h	S29.239214...	0+831.62m	0+897.32m				
25	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	69.218m	250.000m	110.000m	40 km/h		0+897.32m	0+966.54m	15.8636 (d)	68.997m	clockwise	6.8755 (d)
26	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	94.937m			40 km/h	S13.375654...	0+966.54m	1+061.48m				
27	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	66.427m	400.000m	110.000m	40 km/h		1+061.48m	1+127.90m	9.5150 (d)	66.351m	counter-cl...	4.2972 (d)
28	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	60.962m			40 km/h	S22.890622...	1+127.90m	1+188.87m				
29	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	30.007m	400.526m	110.000m	40 km/h		1+188.87m	1+218.87m	4.2925 (d)	30.000m	clockwise	4.2915 (d)
30	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	72.755m			40 km/h	S18.598077...	1+218.87m	1+291.63m				
31	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	26.020m	190.356m	110.000m	40 km/h		1+291.63m	1+317.65m	7.8319 (d)	26.000m	clockwise	9.0298 (d)
32	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	12.612m			40 km/h	S10.76616...	1+317.65m	1+330.26m				
33	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	52.491m	110.647m	110.000m	40 km/h		1+330.26m	1+362.75m	27.1811 (d)	52.000m	counter-cl...	15.5348 (d)
34	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	45.070m			40 km/h	S37.947233...	1+362.75m	1+427.82m				
35	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	26.005m	388.065m	110.000m	40 km/h		1+427.82m	1+453.83m	3.8395 (d)	26.000m	clockwise	4.4293 (d)
36	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	76.840m			40 km/h	S34.107753...	1+453.83m	1+530.67m				
37	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	55.043m	401.140m	110.000m	40 km/h		1+530.67m	1+585.71m	7.8620 (d)	55.000m	counter-cl...	4.2850 (d)
38	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	74.447m			40 km/h	S41.969706...	1+585.71m	1+660.16m				

Nota. En la figura se verifica los que los valores están dentro de la norma. Luego de ser ajustados con ayuda del fichero y del criterio de diseño. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Tabla 12*Tablas de curvas*

Eje Vial				
Number	Length	Radius	Line/Chord	Direction A Value
L1	62.659			N42° 44' 00.20"E
L2	19.545			N38° 09' 13.49"E
PI:1	50.778	110.000		N51° 22' 40.88"E
L3	18.293			N64° 36' 08.27"E
PI:2	32.111	111.477		N56° 21' 00.95"E
L4	19.804			N48° 05' 53.63"E
PI:3	64.173	60.000		N78° 44' 19.34"E
L5	2.654			S70° 37' 14.95"E
PI:4	73.827	40.000		N56° 30' 16.66"E
L6	7.27			N03° 37' 48.26"E
PI:5	27.699	110.000		N10° 50' 37.82"E
L7	8.249			N18° 03' 27.38"E
PI:6	92.849	110.000		N42° 14' 20.00"E
L8	3.319			N66° 25' 12.61"E
PI:7	53.581	60.000		S87° 59' 48.27"E
L9	31.438			S62° 24' 49.15"E
PI:8	60.393	60.000		S33° 34' 41.31"E
L10	0.725			S04° 44' 33.47"E
PI:9	52.175	110.000		S18° 19' 50.64"E
L11	80.256			S31° 55' 07.82"E
PI:10	15.005	161.076		S29° 15' 00.29"E
L12	49.712			S26° 34' 52.76"E
PI:11	5.103	110.000		S27° 54' 36.97"E
L13	65.707			S29° 14' 21.17"E
PI:12	69.216	250.000		S21° 18' 26.76"E
L14	94.937			S13° 22' 32.35"E
PI:13	66.427	400.000		S18° 07' 59.30"E
L15	60.962			S18° 35' 53.08"E
PI:14	30.007	400.526		S20° 44' 39.66"E
L16	72.755			S18° 35' 53.08"W
PI:15	26.020	190.356		S14° 40' 55.63"E
L17	12.612			S10° 45' 58.18"E
PI:16	52.491	110.647		S24° 21' 24.11"E
L18	45.07			S37° 56' 50.04"E
PI:17	26.005	388.065		S36° 01' 38.98"W
L19	76.84			S34° 06' 27.91"W
PI:18	55.043	401.14		S38° 02' 19.43"E

L20 74.447

S41° 58' 10.94"E

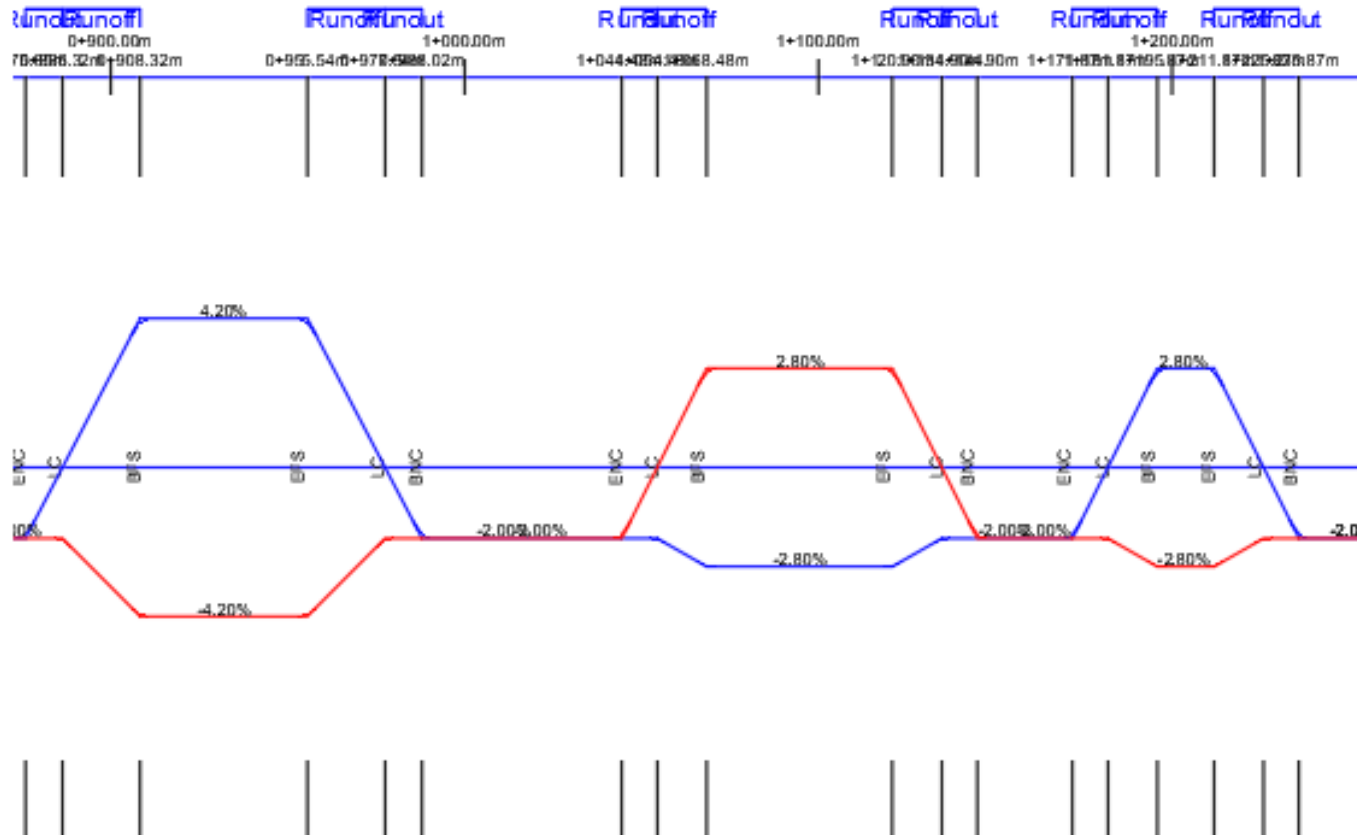
Nota. Se extrae la tabla de curvas perfectamente detallada del programa civil 3D para el diseño en terreno ondulado. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

6.2.3. Transición del peralte

Se presenta una muestra del diagrama de peralte el completo se puede ver en los anexos de este diseño. Se realiza el cálculo de peraltes se selecciona la norma (MOP 2003) para la verificación.

Figura 112.

Diagrama de peralte



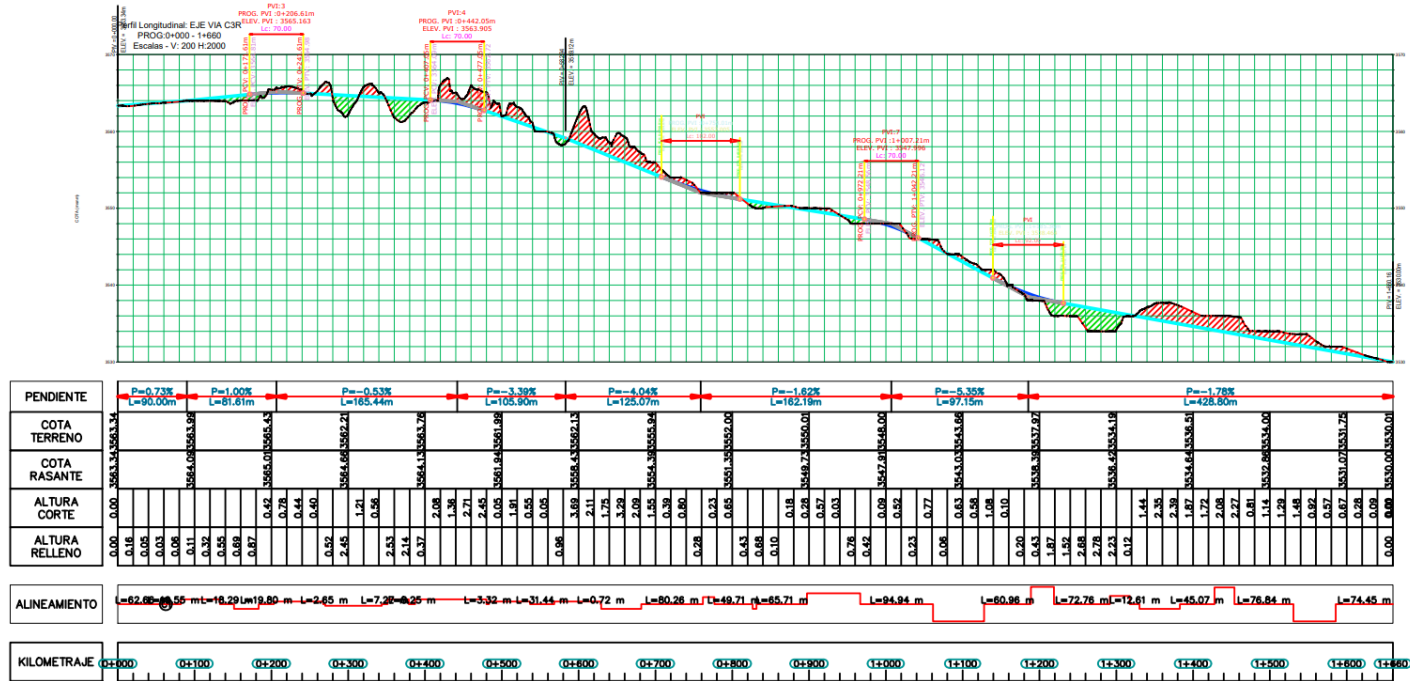
Nota. La zona de aplanamiento tiene una longitud de 15.45 m y la longitud de la zona de transición de peralte es de 34 m. tal como dicta la norma y se da como valido el diseño conforme a la norma MOP 2003. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

6.2.4. Perfil

Una vez activado fichero MOP 2003 para el caso de alineamiento vertical se verifica este diseño.

Figura 113.

Perfil vertical con bandas activas



Nota. Se presenta una figura sin escala del alineamiento vertical. Para más detalle ver planos anexos. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Se presenta a continuación la tabla de curvas de la ventana Panorama.

Figura 114.

Lista de curvas verticales

No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In	Grade Out	A (Grade Change)	Profile Curve Type	Profile Curve Length	K Value	Curve Radius
1	0+000.00m	471.000m		-4.00%					
2	0+100.00m	467.000m	-4.00%	0.08%	4.08%	Sag	102.083m	25.000	2500.000m
3	0+340.00m	467.200m	0.08%	-0.16%	0.24%	Crest	36.596m	150.000	15000.000m
4	0+464.50m	467.000m	-0.16%	-0.81%	0.65%	Crest	98.103m	150.000	15000.000m
5	0+710.00m	465.000m	-0.81%	0.45%	1.26%	Sag	50.398m	40.000	4000.000m
6	1+069.32m	466.600m	0.45%	-0.70%	1.15%	Crest	575.114m	500.000	50000.000m
7	1+580.00m	463.000m	-0.70%	0.24%	0.95%	Sag	75.654m	80.000	8000.000m
8	2+120.00m	464.300m	0.24%	-0.14%	0.39%	Crest	77.134m	200.000	20000.000m
9	2+810.00m	463.300m	-0.14%	1.31%	1.45%	Sag	58.071m	40.000	4000.000m
10	2+940.08m	465.000m	1.31%	-2.27%	3.58%	Crest	136.090m	38.000	3800.000m
11	3+050.00m	462.500m	-2.27%	1.21%	3.49%	Sag	69.761m	20.000	2000.000m
12	3+153.00m	463.750m	1.21%	-0.91%	2.13%	Crest	80.805m	38.000	3800.000m
13	3+333.75m	462.100m	-0.91%	4.46%	5.37%	Sag	107.445m	20.000	2000.000m
14	3+780.00m	482.000m	4.46%	0.56%	3.90%	Crest	156.153m	40.000	4000.000m
15	3+960.00m	483.000m	0.56%	-2.99%	3.55%	Crest	141.906m	40.000	4000.000m
16	4+345.82m	471.456m	-2.99%	-1.18%	1.81%	Sag	36.144m	20.000	2000.000m
17	4+527.77m	469.300m	-1.18%	-5.71%	4.52%	Crest	113.021m	25.000	2505.088m
18	4+692.52m	459.900m	-5.71%	0.90%	6.61%	Sag	132.112m	20.000	2000.000m
19	4+903.67m	461.800m	0.90%	-2.13%	3.03%	Crest	115.211m	38.000	3800.000m
20	5+035.00m	459.000m	-2.13%	1.69%	3.82%	Sag	145.230m	38.000	3800.000m
21	5+174.07m	461.350m	1.69%	-1.40%	3.09%	Crest	123.734m	40.000	4000.000m
22	5+370.00m	458.600m	-1.40%	-0.02%	1.39%	Sag	55.498m	40.000	4000.000m
23	5+990.00m	458.500m	-0.02%	2.96%	2.98%	Sag	119.187m	40.000	4000.000m
24	6+380.41m	470.070m	2.96%						

Nota. Se pasa todos los chequeos y el programa no da signos de alerta. Por tanto, queda verificado este diseño. Elaborado por:

Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Se entrega los planos finales en el Anexo de estos diseños verificados con el fichero MOP 2003. Para esta documentación se acostumbra a entregar en escala 1:2000 y por cada kilómetro de vía.

6.3. Verificación en un diseño vial en terreno montañoso

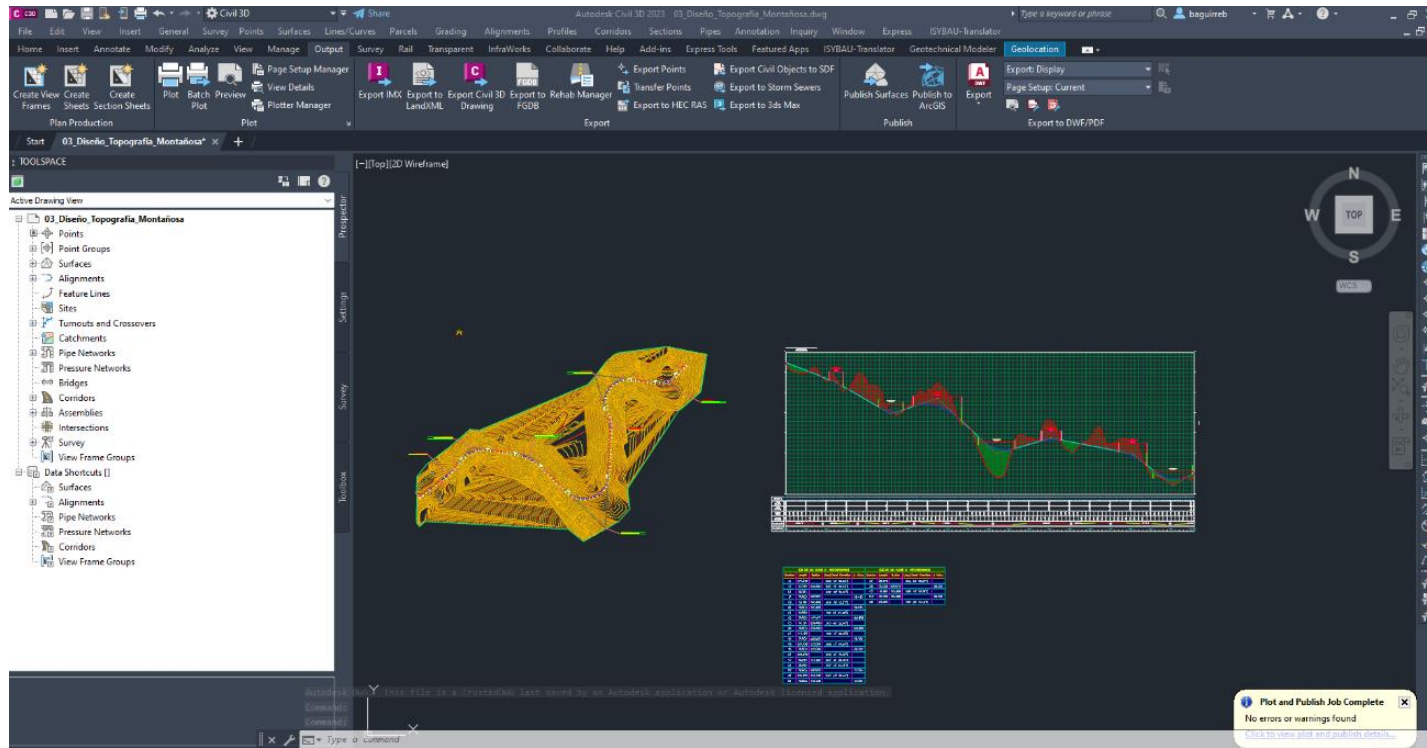
6.3.1. Alineamiento

6.3.2. Alineamiento usando MOP

Diseño de vía en terreno montañoso

Figura 115.

Diseño en terreno montañoso creado en CIVIL 3D



Nota. Se observa el Alineamiento creado en el programa CIVIL 3D para terreno montañoso. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

En la figura a continuación se ve el listado de las curvas de la ventana (Panorama). Que para la MOP el radio mínimo con esa velocidad debe ser 275 m.

Figura 116.

Lista de curvas con MOP

No.	Type	Tangency Constraint	Parameter Constrai...	Parameter Constraint	Length	Minimum Spiral Length	Radius	Minimum Radius	Design Speed	A
1	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	150.564m				60 km/h	
2	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	61.424m		280.000m	110.000m	60 km/h	
3	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	35.538m				60 km/h	
4.1	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	58.000m			60 km/h	98.995m
4.2	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	72.401m		140.000m	110.000m	60 km/h	
4.3	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	58.000m			60 km/h	98.995m
5	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	66.889m				60 km/h	
6.1	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	44.000m			60 km/h	126.886m
6.2	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.371m		230.000m	110.000m	60 km/h	
6.3	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	44.000m			60 km/h	126.886m
7	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	117.195m				60 km/h	
8.1	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	60.000m			60 km/h	89.722m
8.2	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	193.034m		115.000m	110.000m	60 km/h	
8.3	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	60.000m			60 km/h	89.722m
9	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	198.861m				60 km/h	
10	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	40.160m		115.000m	110.000m	60 km/h	
11	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	29.933m				60 km/h	
12.1	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	60.000m			60 km/h	87.750m
12.2	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	149.670m		110.000m	110.000m	60 km/h	
12.3	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	60.000m			60 km/h	87.750m
13	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	58.698m				60 km/h	
14.1	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	60.000m			60 km/h	89.722m
14.2	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	41.801m		115.000m	110.000m	60 km/h	
14.3	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpiIn-Radius-SpiOut	70.000m	60.000m			60 km/h	89.722m
15	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	27.397m				60 km/h	

Nota. En la figura se verifica los que los valores están dentro de la norma. Luego de ser ajustados con ayuda del fichero y del criterio de diseño. Ahora se puede usar las alertas a nuestro favor. Antes eran ignoradas. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Tabla 13*Tablas de curvas*

Eje Vial				
Number	Length	Radius	Line/Chord Direction	A Value
L1	137.349		N53° 04' 00.95"E	
C1	87.749	400.000	N46° 46' 56.54"E	
L2	22.323		N40° 29' 52.12"E	
S1	70.000	INFINITY		98.995
C2	72.401	140.000	N69° 38' 13.53"E	
S2	70.000	140.000		98.995
L3	66.889		S81° 13' 25.06"E	
S3	70.000	INFINITY		126.886
C3	70.371	230.000	N63° 44' 22.60"E	
S4	70.000	230.000		126.886
L4	117.195		S46° 15' 20.15"E	
S5	70.000	INFINITY		89.722
C4	193.034	115.000	N68° 13' 09.64"E	
S6	70.000	115.000		89.722
L5	198.839		N02° 41' 39.42"E	
C5	40.204	115.126	N07° 18' 36.19"W	
L6	29.91		N17° 18' 51.81"W	
S7	70.000	INFINITY		87.750
C6	149.670	110.000	N39° 53' 43.96"E	
S8	70.000	110.000		87.750
L7	58.698		S82° 53' 40.27"W	
S9	70.000	INFINITY		89.722
C7	41.801	115.000	N69° 15' 15.78"W	
S10	70.000	115.000		89.722
L8	27.397		N41° 24' 11.82"E	

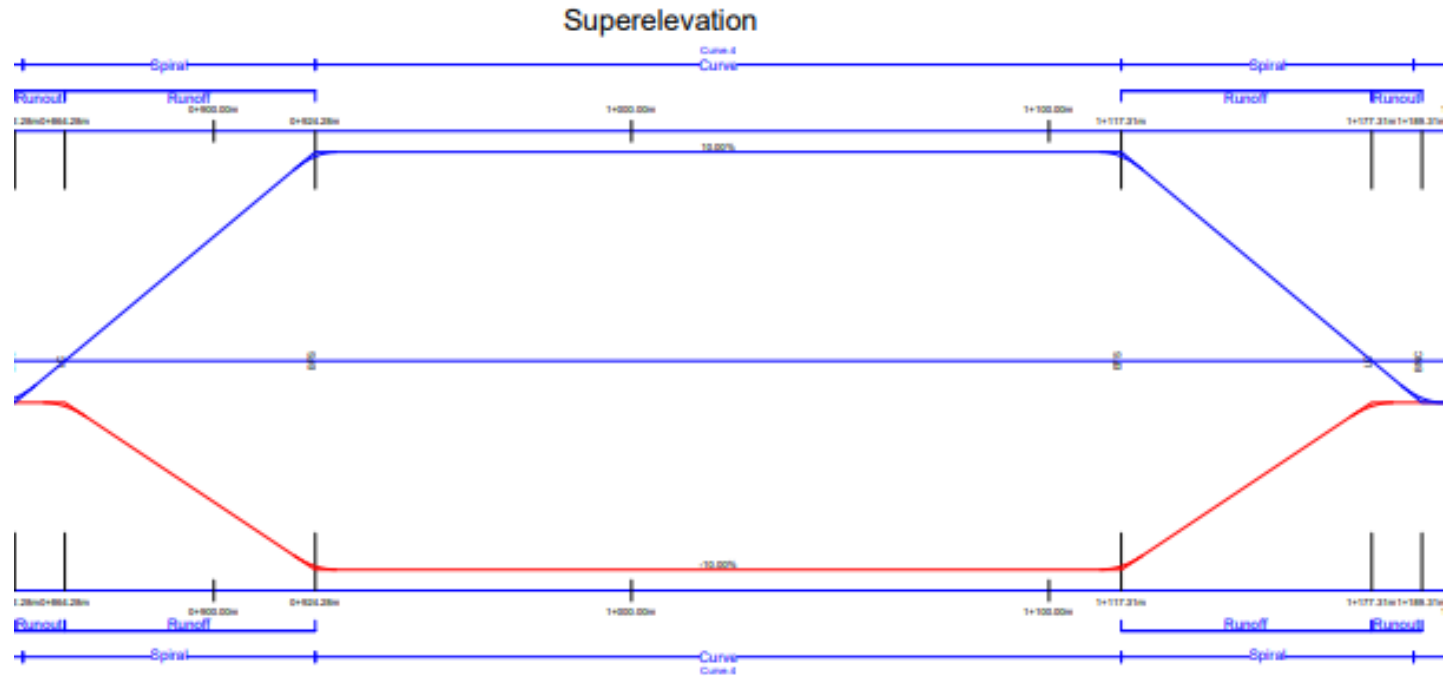
Nota. Se extrae la tabla de curvas perfectamente detallada del programa civil 3D para el diseño en terreno ondulado Este diseño estáticamente es muy bueno. Además de eficiente y aprovecha la topografía muy bien. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

6.3.3. Transición del peralte

Se presenta una muestra del diagrama de peralte el completo se puede ver en los anexos de este diseño. Se realiza el cálculo de peraltes se selecciona la norma (MOP 2003) para la verificación.

Figura 117.

Diagrama de peralte



Nota. Se desarrolla una curva compuesta en donde el peralte se desarrolla en toda la longitud de transición. Dando como verificado este diseño. Elaborado por: Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

6.3.4. Perfil

Una vez activado fichero MOP 2003 para el caso de alineamiento vertical se verifica que en este tipo de terreno no existe mayor complejidad y pasa todos los chequeos.

Figura 118.

Lista de curvas verticales

	PVI Station	PVI Elevation	Grade In	Grade Out	A (Grade Change)	Profile Curve T...	Profile Curve Length	K Value	Minimum K for Stopping Sig...	Minimum K for Passing Sight...	Minimum K for Headlight
1	0+000.00m	3565.069m		-3.95%							
2	0+247.53m	3555.288m	-3.95%	-5.81%	1.86%	Crest	70.000m	37.710	12.000	18.000	
3	0+517.57m	3539.604m	-5.81%	3.40%	9.21%	Sag	120.000m	13.033			13.000
4	0+746.86m	3547.399m	3.40%	-9.37%	12.76%	Crest	240.000m	18.802	12.000	18.000	
5	1+039.62m	3519.980m	-9.37%	2.90%	12.27%	Sag	180.000m	14.675			13.000
6	1+307.86m	3527.760m	2.90%	-1.95%	4.85%	Crest	100.000m	20.639	12.000	18.000	
7	1+709.68m	3519.944m	-1.95%	-7.92%	5.98%	Crest	140.000m	23.416	12.000	18.000	
8	1+908.91m	3504.157m	-7.92%	6.23%	14.15%	Sag	195.000m	13.781			13.000
9	2+013.94m	3510.696m	6.23%								

Nota. Se pasa todos los chequeos y el programa no da signos de alerta. Por tanto, queda verificado este diseño. Elaborado por:

Los Autores, a través de Autodesk Civil 3D.

Se entrega los planos finales en el Anexo de estos diseños verificados con el fichero MOP 2003. Para esta documentación se acostumbra a entregar en escala 1:1000 y por cada kilómetro de vía.

CONCLUSIONES

Una vez analizada la documentación vigente de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras MOP (2003) se logra crear satisfactoriamente un nuevo fichero dentro del programa Civil 3D que contiene: el alineamiento horizontal con radios mínimos para un peralte máximo del 8% y peralte máximo del 10% y en función de la velocidad de diseño desde 20 km/h hasta 120 km/h. Lo cual facilita la verificación de los elementos de diseño de carreteras al momento de crear el alineamiento horizontal con mayor asistencia del computador disminuyendo errores.

El nuevo fichero contiene las longitudes de transición del peralte por tanto la mínima será determinada automáticamente por programa tanto para curvas circulares y curvas con espirales; ya no debe acudir a la norma para ir agregando los valores de diseño uno a uno aumentando la productividad del diseñador.

Este trabajo incluye las verificaciones de diseño vertical con los coeficientes “K” que verifican en base a la pendiente de entrada y de salida la longitud adecuada para curvas verticales cóncavas y curvas convexas así se logra garantizar la distancia de visibilidad, la distancia de rebasamiento y de la distancia de frenado en función de la gradiente longitudinal.

Usando el fichero “Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003.xml”. una vez activado como criterio de diseño, el programa chequea de manera adecuada los elementos de diseño de una vía clase III montañosa. Dando como resultado la verificación en el alineamiento, cumpliendo la longitud mínima de tangente intermedia que es 34m y se verifica el radio mínimo en todas las curvas que es 110 m a una velocidad de 60km/h. En cuanto a peralte, longitud de transición y método de transición del peralte, se logra adaptar al programa la forma de transición que es para curvas circulares desarrolla el 66.67% de peralte en la longitud de transición y el porcentaje restante dentro de la curva circular. Para curvas espirales se desarrolla el peralte en 100% dentro

de la curva de la espiral justo antes de llegar a la curva circular. En cuanto al perfil vertical con la aplicación del fichero se revisan las longitudes entre curvas y son menores a 500 m como dicta la norma y su valor K en cada curva está dentro de la norma tanto para distancia de visibilidad, para distancia de parada y para distancia de iluminación. El programa no muestra avisos sobre infracciones en el diseño geométrico y queda como verificado.

Se chequea el diseño de una vía clase III ondulada. Dando como resultado la verificación en el alineamiento, cumpliendo el radio mínimo en todas las curvas que es 110 m. a una velocidad de 40 km/h En cuanto a peralte, longitud de transición y método de transición del peralte, se logra adaptar al programa la forma de transición que es para curvas circulares desarrolla el 66.67% de peralte en la longitud de transición y el porcentaje restante dentro de la curva circular. Para curvas espirales se desarrolla el peralte en 100% dentro de la curva de la espiral justo antes de llegar a la curva circular. En cuanto al perfil vertical con la aplicación del fichero se revisan las longitudes entre curvas y son menores a 1000 m como dicta la norma y su valor K en cada curva está dentro de la norma tanto para distancia de visibilidad, para distancia de parada y para distancia de iluminación. El programa no muestra avisos sobre infracciones en el diseño geométrico y queda como verificado.

Usando el programa se verifica los elementos de diseño de una vía clase III en terreno montañoso. Dando como resultado la verificación en el alineamiento, cumpliendo el radio mínimo en todas las curvas que es 110 m. a una velocidad de 60 km/h En cuanto a peralte, longitud de transición y método de transición del peralte, se logra adaptar al programa la forma de transición que es para curvas circulares desarrolla el 66.67% de peralte en la longitud de transición y el porcentaje restante dentro de la curva circular. Para curvas espirales se desarrolla el peralte en 100% dentro de la curva de la espiral justo antes de llegar a la curva circular. En cuanto al perfil

vertical con la aplicación del fichero se revisan las longitudes entre curvas y son menores a 750 m como dicta la norma y su valor K en cada curva está dentro de la norma tanto para distancia de visibilidad, para distancia de parada y para distancia de iluminación. El programa no muestra avisos sobre infracciones en el diseño geométrico y queda como verificado.

Las diferencias principales entre las dos normas son los coeficientes de fricción lateral que de entrada modifica los radios mínimos de los cuales se derivan el resto de elementos de diseño. Y otra diferencia es que la norma americana dispone de más métodos de transición de peralte como el método plano y mediante fórmula directa sin máximos de peralte, mientras que en la norma ecuatoriana se dispone del método estándar y con tablas para que el peralte no pase del máximo.

Se logra la creación de una guía de uso del fichero en la cual se describe el paso a paso para la activación y uso; además se entrega una plantilla donde contiene el set de chequeos MOP (2003) para longitud mínima de tangente intermedia, longitud de espiral, longitudes de curvas verticales, chequeo del coeficiente K con los estilos de bandas para ser usados en perfiles de cualquier diseño realizado en el Ecuador.

RECOMENDACIONES

El uso de la norma de diseño geométrico es tan importante porque evita tener diseños peligrosos, reduciendo significativamente los accidentes, por tanto, pérdidas humanas. Tener una vía con buena visibilidad, pendientes adecuadas que no fatiguen los frenos del vehículo y con peraltes en las curvas que permitan viajar a una velocidad constante.

El uso de las curvas compuestas es decir espiral de entrada con curva circular y espiral de salida presenta grandes beneficios como son la comodidad del viaje, giros suavizados con peraltes que distribuyen la fuerza centrífuga al entrar en las curvas. Se recomienda el uso de este tipo de curvas aplicando el fichero MOP para obtener diseños de alta calidad dentro de la norma.

La verificación con la norma por defecto produce la baja productividad del diseñador, por esto se recomienda el uso regular del fichero MOP desde la creación del alineamiento. O en su defecto si ya tenemos diseñada una vía verificar usando el fichero. Además, el uso del fichero evita que se entreguen secciones sobredimensionadas o subdimensionadas debido a que en la norma americana tiene otras condiciones físicas topográficas y climáticas en comparación con el Ecuador.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Fichero: repositorio digital que reposará dentro del Civil 3D donde estarán todos los parámetros que define la norma MOP 2003 para el diseño geométrico vial.

Calzada: También denominada superficie de rodamiento es la “zona de la vía destinada a la circulación de vehículos” de una forma cómoda y segura. Esta calzada por lo general tiene que estar afirmada o pavimentada, dependiendo del tipo de carretera, puede estar dividida en una o más franjas longitudinales denominados carriles.

Carriles: La división de la calzada en varias franjas paralelas, se denominan carriles, los mismos que deben tener un ancho suficiente para permitir la circulación de una sola fila de vehículos.

Espaldones: arcén u hombros. Son las partes externas que están junto a la calzada, sirven para proveer de espacio adicional a los carriles para que puedan estacionarse momentáneamente los vehículos que están en emergencia y evitar accidentes.

Corona: Es la sección que está formada por la calzada y los espaldones

Cunetas: Son zanjas de sección trapezoidal o triangular que pueden estar revestidas o no, que sirven para recoger el agua que se escurre por la calzada y los taludes.

Taludes: Son superficies laterales inclinadas, que se ubican en las zonas de corte y en relleno, las inclinaciones lo determinan los estudios geológicos. En secciones en corte los taludes empiezan a continuación de la cuneta, si la sección es en relleno, el talud se inicia en el borde del espaldón o de la cuneta de ser el caso. •

Explanación: El ancho de la explanación corresponde a la faja de terreno que ocupa la construcción de la carretera, es decir desde los bordes extremos de las laterales.

Derecho de vía: Es la faja de terreno que se destina para posibles ensanchamientos, mejoramientos y desarrollos paisajísticos que sean necesarios realizarlos en el futuro.

Bombeo: Es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre el camino.

Comprobación angular: Es la precisión con la que cierra una poligonal, puede ser abierta o cerrada.

Configuración topográfica: Es la representación del relieve de un terreno a través de curvas de nivel.

Derecho de vía: Faja de terreno destinada para posibles ensanchamientos y mejoramientos.

Distancia de visibilidad de parada: Distancia mínima necesaria para detenerse ante un objeto cuando se transita con la velocidad de diseño.

Distancia de visibilidad de rebasamiento: Distancia mínima para realizar la maniobra de rebase en condiciones de seguridad.

Estudio topográfico: Es el conjunto de trabajos topográficos investigaciones y análisis necesarios para determinar un proyecto.

Franja de estudio: Franja de terreno que se contrata para la construcción de un camino, varía de acuerdo con el tipo de camino y a las condiciones del terreno.

Tangente: Son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se lo llama PI y al ángulo de definición, formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se lo denomina “ α ” (alfa) Las tangentes van unidas entre sí por curvas y la distancia que existe entre el final de la curva anterior y el inicio de la siguiente se la denomina tangente intermedia. Su máxima longitud está condicionada por la seguridad. Las tangentes intermedias largas son causa potencial de

accidentes, debido a la somnolencia que produce al conductor mantener concentrada su atención en puntos fijos del camino durante mucho tiempo o por que favorecen al encandilamiento durante la noche; por tal razón, conviene limitar la longitud de las tangentes intermedias, diseñando en su lugar alineaciones onduladas con curvas de mayor radio.

Alineaciones curvas: son las curvas de las carreteras que son curvas circulares simples, compuestas, clotoides simétricas, clotoides asimétricas, ovoides.

Prospector: Ventana de civil 3D donde se encuentra toda la información sobre el diseño que se va desarrollando. Sirve para administrar los estilos de los elementos del diseño geométrico de carreteras

Model Space: Es el espacio donde se trabaja en civil 3D. Es la pantalla por lo general de color negro donde el ingeniero realiza sus dibujos CAD.

Fuerza centrífuga: Es una fuerza que empuja a un vehículo hacia fuera cuando recorre una trayectoria circular.

Pendiente: Es el grado de inclinación de una vía o la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos.

Pendiente gobernadora. Es la pendiente longitudinal media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel determinado, en función de las características del tránsito y la configuración del terreno.

Pendientes máximas: Mayor pendiente que se utiliza en el proyecto.

Pendientes mínimas: Pendiente necesaria para el drenaje del agua superficial.

Peralte: Inclinación transversal de la calzada hacia el interior de la curva.

Pistas: División de la calzada en varias franjas paralelas.

Radios de curvas horizontales: Valor límite para una velocidad de diseño en base al máximo peralte admisible y el coeficiente de fricción lateral.

Rasante: Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino.

Subrasante. Es la superficie que limita a las terracerías y sobre la que se apoyan las capas del pavimento.

Sobreanchos: Aumento dimensión transversal de una calzada en las curvas.

Taludes: Superficies laterales inclinadas, se ubican en zonas de corte y relleno.

Terreno montañoso: Pendiente transversal del terreno natural mayor 25%.

Terreno ondulado: Pendiente transversal del terreno natural entre 5-25%.

Terreno plano: Pendiente transversal del terreno natural entre 0-5%.

TPDA: Tráfico promedio diario anual.

Velocidad: Relación entre el espacio recorrido y el tiempo utilizado en hacerlo.

Velocidad de diseño: Velocidad máxima a la que circulan los vehículos con seguridad sobre una sección específica de una vía y se usa para determinar las características geométricas del camino.

REFERENCIAS

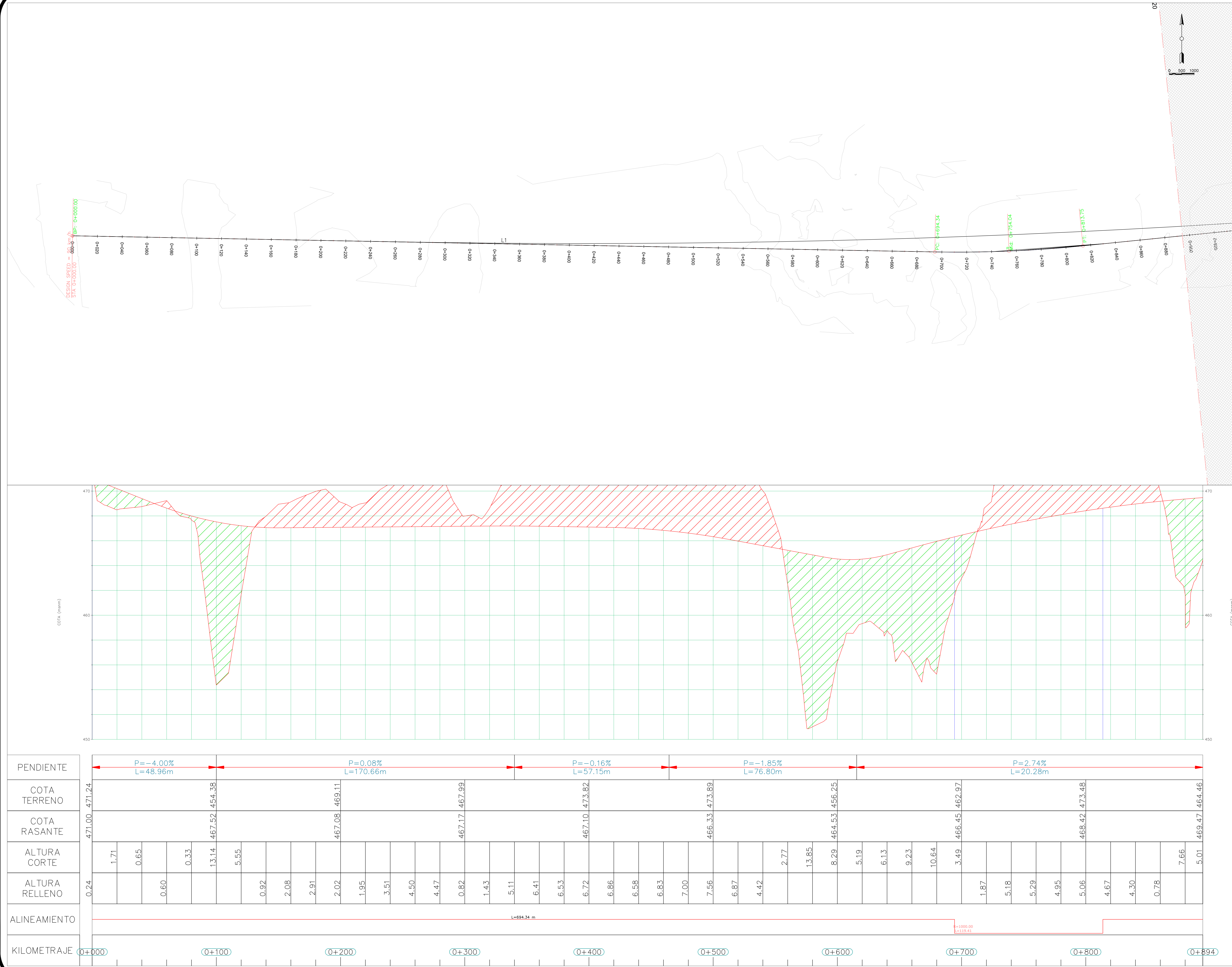
- AASHTO. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington: American Associations of State Highways and Transportation Officials.
- Alfonzo, I. (1994). *Técnicas de Investigación*. Caracas: Contexto Ediciones.
- Asidek. (2022). *Autocad Civil 3D*. <https://www.asidek.es/cartografia-y-gis/autocad-civil-3d/>
- Autodesk Journal. (11 de Marzo de 2020). *Autodesk Journal*. <https://www.autodeskjournal.com/que-es-autocad-civil-3d/>
- Bernal, P. P. (2018). *La Investigación en Ciencias Sociales: Tecnicas de recolección de la información*. Bogota: Universidad Piloto de Colombia.
- Bernardo, M. (2014). *Manual de diseño geométrico Vial*. Brujas .
- Carrera, G. J. (24 de Julio de 2017). *Linkedin*. <https://es.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-y-para-sirve-autocad-civil-3d-gilberto-jara->
- Grisales, J. C. (2013). *Diseño Geométrico de carreteras*. Bogotá: Ecoe Ediciones .
- J., C. B. (7 de agosto de 2021). *BOOKCIVIL*. <https://www.bookcivil.com/vias/disenio-vial-autocad-civil-3d/>
- Jiménez, É. (mayo de 2007). *Doble Vía*. <https://doblevia.wordpress.com/about/edgar/>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). *Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2013*. Lima.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2003). *Normas de diseño Geometrico 2003 MTOP Ecuador* . Quito.
- Ministerio de Transporte y Obras Publicas. (9 de marzo de 2022). *MTOP*. <https://www.obraspublicas.gob.ec/>
- Paz, G. B. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Patria.

Tamayo, M. T. (2004). *El proceso de la investigación científica*. México: Limusa Noriega.

BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington: American Associations of State Highways and Transportation Officials.
- Alfonzo, I. (1994). *Técnicas de Investigación*. Caracas: Contexto Ediciones.
- Asidek. (2022). *Autocad Civil 3D*. <https://www.asidek.es/cartografia-y-gis/autocad-civil-3d/>
- Autodesk Journal. (11 de Marzo de 2020). *Autodesk Journal*. <https://www.autodeskjournal.com/que-es-autocad-civil-3d/>
- Bernal, P. P. (2018). *La Investigación en Ciencias Sociales: Tecnicas de recolección de la información*. Bogota: Universidad Piloto de Colombia.
- Bernardo, M. (2014). *Manual de diseño geométrico Vial*. Brujas .
- Carrera, G. J. (24 de Julio de 2017). *Linkedin*. <https://es.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-y-para-sirve-autocad-civil-3d-gilberto-jara->
- Grisales, J. C. (2013). *Diseño Geométrico de carreteras*. Bogotá: Ecoe Ediciones .
- J., C. B. (7 de agosto de 2021). *BOOKCIVIL*. <https://www.bookcivil.com/vias/disenio-vial-autocad-civil-3d/>
- Jiménez, É. (mayo de 2007). *Doble Vía*. <https://doblevia.wordpress.com/about/edgar/>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). *Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2013*. Lima.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2003). *Normas de diseño Geometrico 2003 MTOP Ecuador* . Quito.
- Ministerio de Transporte y Obras Publicas. (9 de marzo de 2022). *MTOP*. <https://www.obraspublicas.gob.ec/>
- Paz, G. B. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Patria.

Tamayo, M. T. (2004). *El proceso de la investigación científica*. México: Limusa Noriega.



Notas Generales

Topografía Llana

Ubicación: Vía Troncal,
Sector Redondel de la
Orangine,
Cantón Santo Domingo,
Provincia Santo Domingo
de los Tsáchilas.

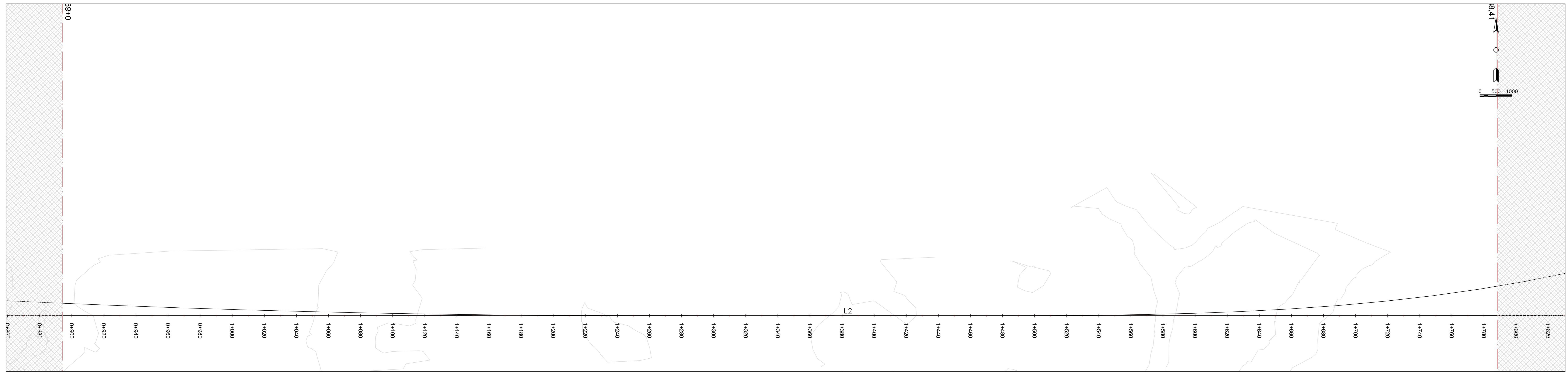
No.	Revisión	Fecha



Autores
Diego Guerra
Bryan Aguirre
Ing. Hugo Carrión
Tutor

Proyecto: MOP (2003)
Fecha: 31/1/2023
Escala: 1:1000

Línea
1



Notas Generales

Topografía Llana

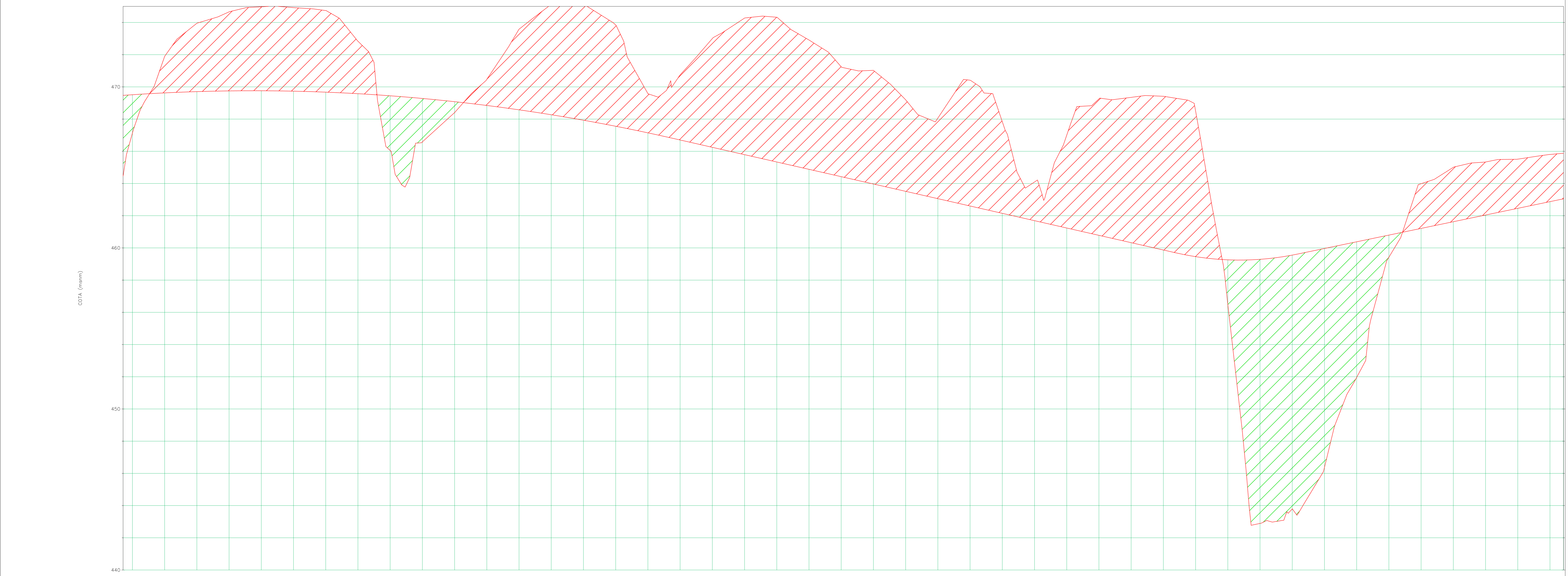
Ubicación: Vía Troncal,
Sector Redondel de la
Orangine,
Cantón Santo Domingo,
Provincia Santo Domingo
de los Tsáchilas.

No.	Revisión	Fecha

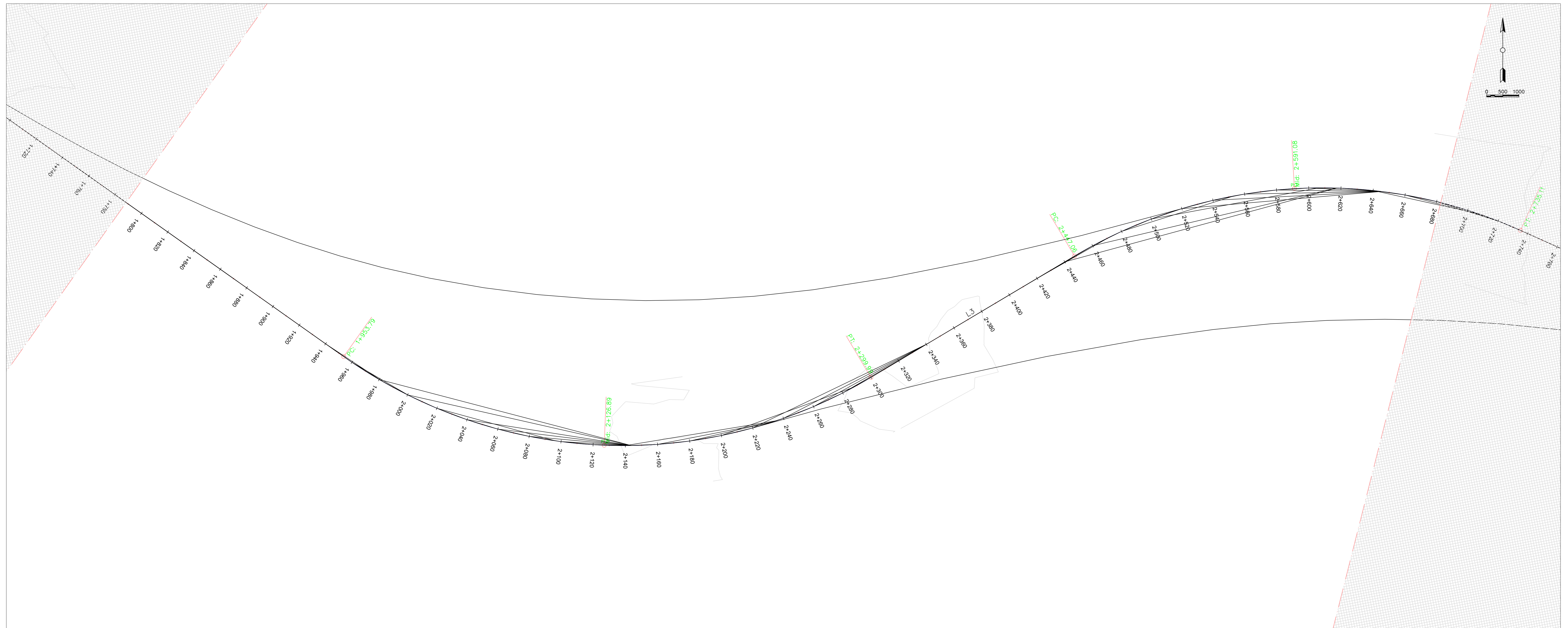


Autores
Diego Guerra
Bryan Aguirre
Ing. Hugo Carrión
Tutor

Proyecto: MOP (2003)
Fecha: 31/1/2023
Escala: 1:1000



PENDIENTE	P = -2.28% L = 311.57m		P = 2.08% L = 469.13m	
COTA TERRENO	469.47	464.46	469.51	467.13
COTA RASANTE	469.73	474.92	469.08	468.40
ALTURA CORTE	5.01	2.38	0.68	2.71
ALTURA RELLENO	2.26	4.24	1.62	5.00
ALINEAMIENTO	L=1140.04 m			
KILOMETRAJE	0+900	1+000	1+100	1+200
				1+300
				1+400
				1+500
				1+600
				1+700
				1+800
				1+900



Notas Generales

Topografía Llana

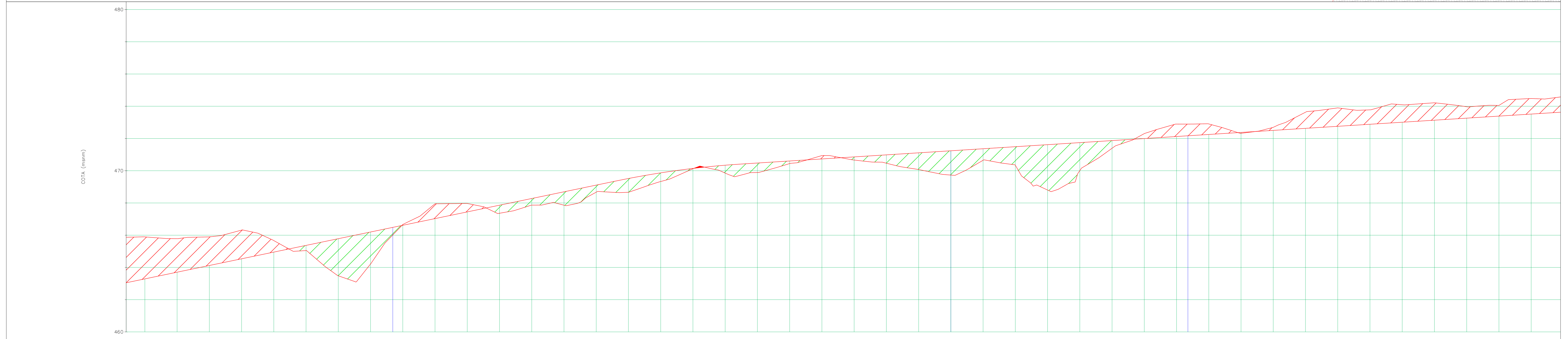
Ubicación: Vía Troncal,
Sector Redondel de la
Orangine,
Cantón Santo Domingo,
Provincia Santo Domingo
de los Tsáchilas.

No.	Revisión	Fecha

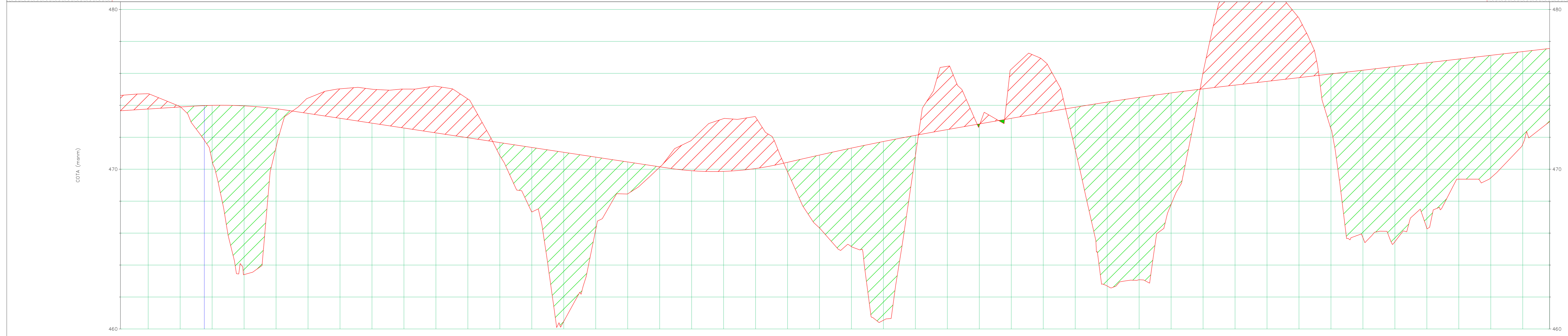
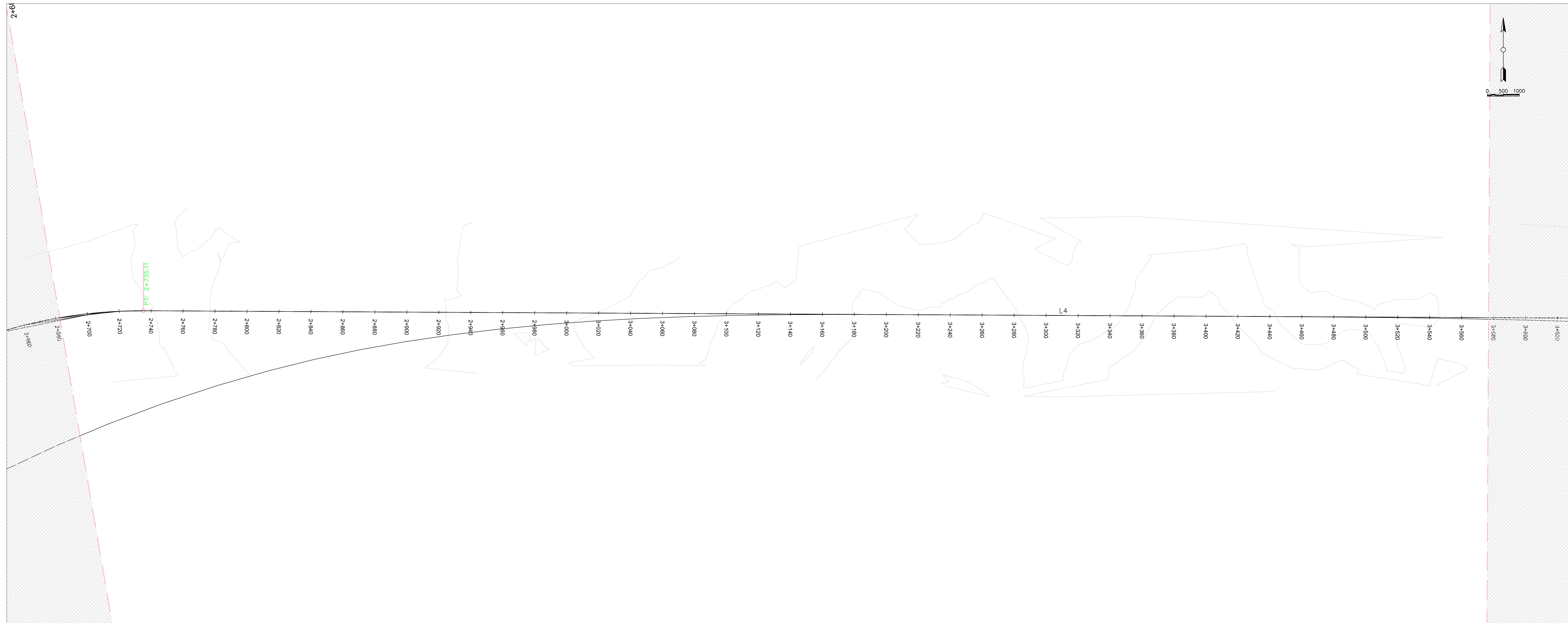


Autores
Diego Guerra
Bryan Aguirre
Ing. Hugo Carrión
Tutor

Proyecto MÓP (2003)	Línea
Fecha 31/1/2023	3
Escala 1:1000	



PENDIENTE	P=2.08% L=469.13m		P=0.63% L=559.14m	
COTA TERRENO	463.05	465.87	463.29	465.89
COTA RASANTE	463.05	465.87	463.29	465.89
ALTURA CORTE	0.32	2.30	1.99	0.04
ALTURA RELLENO	0.04	0.92	0.52	0.50
ALINEAMIENTO	R=300.00 L=346.20			
KILOMETRAJE	1+880	1+900	2+000	2+100
				2+200
				2+300
				2+400
				2+500
				2+600
				2+700




PENDIENTE	P=0.63% L=559.14m		P=-1.52% L=96.29m				P=-1.51% L=6.66m		P=2.28% L=19.27m		P=1.76% L=65.66m		P=1.16% L=333.17m							
COTA TERRENO	473.66	473.77	473.77	473.49	473.49	471.97	471.97	470.45	470.43	470.43	472.48	472.48	474.20	474.20	475.50	475.50	476.66	476.66	477.56	477.56
COTA RASANTE	473.66	473.77	473.77	473.49	473.49	471.97	471.97	470.45	470.43	470.43	472.48	472.48	474.20	474.20	475.50	475.50	476.66	476.66	477.56	477.56
ALTURA CORTE			3.47	10.56	2.41		0.81	4.04	10.58	4.53	2.00	0.02								
ALTURA RELLENO	0.96	0.96	0.03								1.92	3.30	3.22			3.96	0.09			
ALINEAMIENTO	L=1151.57 m																			
KILOMETRAJE	2+682	2+700		2+800		2+900		3+000		3+100		3+200		3+300		3+400		3+500		3+577

Notas Generales

Topografía Llana

Ubicación: Vía Troncal, Sector Redondel de la Orangine, Cantón Santo Domingo, Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas.

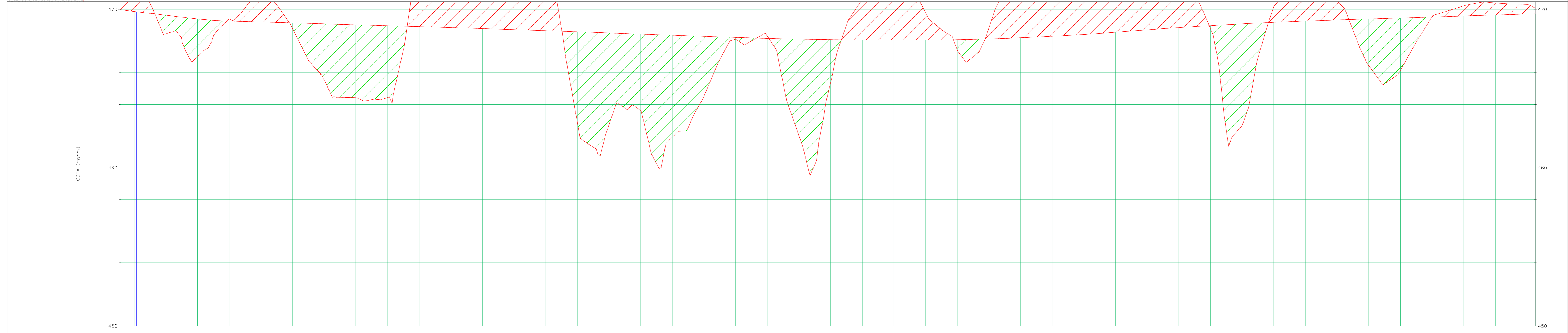
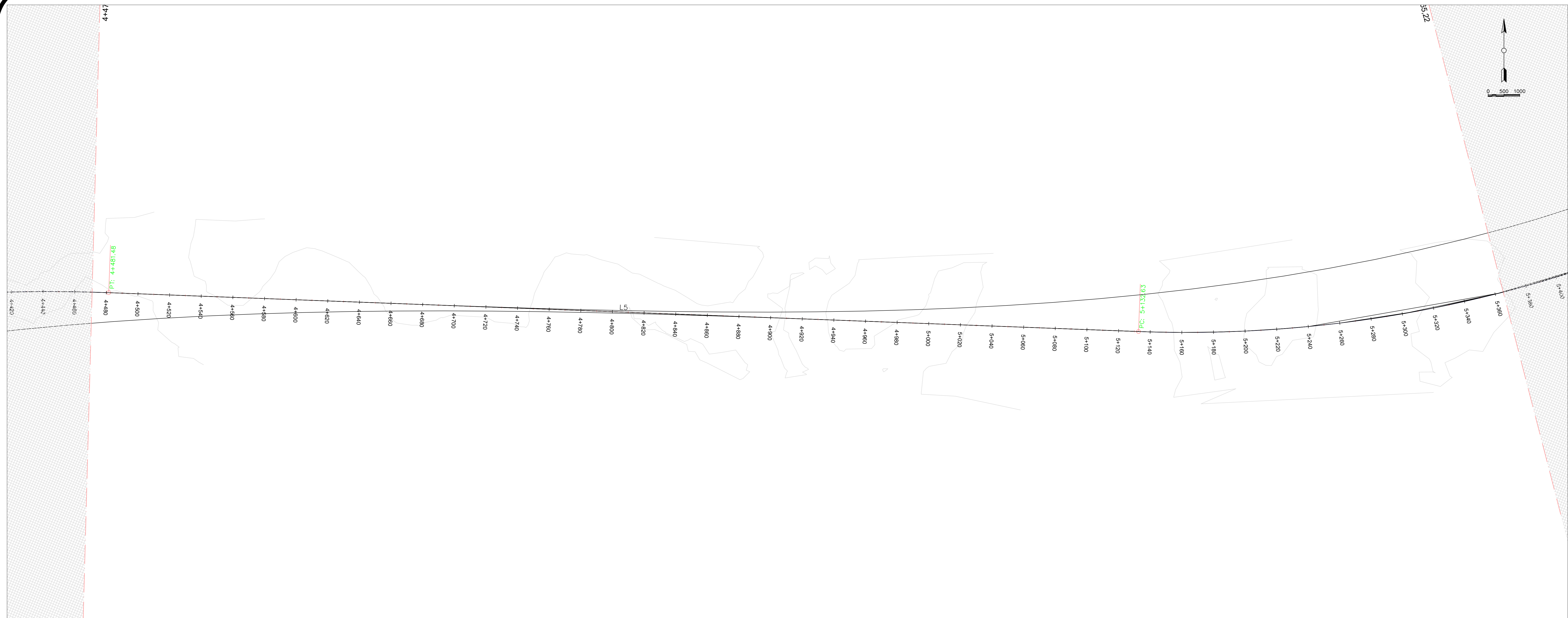
No.	Revisión	Fecha



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
 ECUADOR

Autores:
 Diego Guerra
 Bryan Aguirre
 Ing. Hugo Carrión
 Tutor

Proyecto: MOP (2003)	Línea:
Fecha: 31/1/2023	4
Escala: 1:1000	



PENDIENTE	P = -1.18% L = 152.73m		P = -0.29% L = 107.48m		P = -0.36% L = 66.51m		P = -0.03% L = 1.16m		P = 0.79% L = 3.54m		P = 0.31% L = 129.18m																																	
COTA TERRENO	469.97	473.56	469.63	468.46	468.79	471.79	468.44	463.60	468.12	462.03	468.08	467.44	468.55	471.93	469.18	470.15	469.52	469.53	469.72	470.08																								
COTA RASANTE	469.97	473.56	469.63	468.46	468.79	471.79	468.44	463.60	468.12	462.03	468.08	467.44	468.55	471.93	469.18	470.15	469.52	469.53	469.72	470.08																								
ALTURA CORTE			1.17	2.39																																								
ALTURA RELLENO	3.59	2.14			0.12	1.87	0.36	3.54	4.61	4.55	4.03	4.59	3.00	2.57	3.85	5.72	5.80	4.84	6.44	3.78	0.11	0.14	6.10	2.72	0.65	0.69	3.85	4.06	3.56	3.38	3.50	2.74	0.19	6.43	0.97	1.85	1.15	2.94	3.31	0.01	0.64	0.76	0.61	0.36
ALINEAMIENTO	L=651.15 m																																											
KILOMETRAJE	4+471	4+500	4+600	4+700	4+800	4+900	5+000	5+100	5+200	5+300	5+365																																	

Topografía Llana

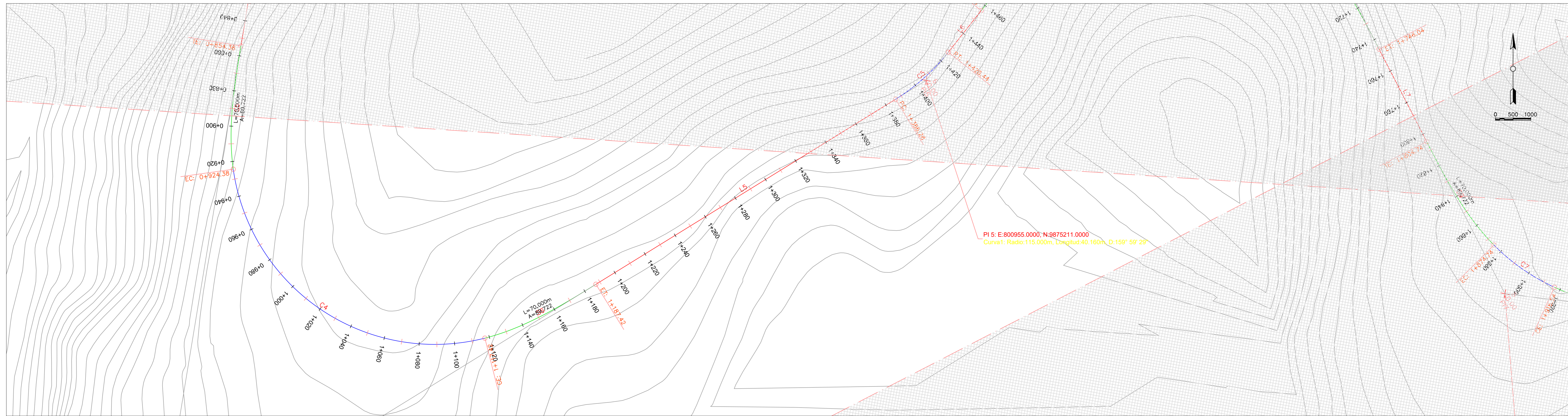
Ubicación: Vía Troncal,
Sector Redondel de la
Orangine,
Cantón Santo Domingo,
Provincia Santo Domingo
de los Tsáchilas.

No.	Revisión	Fecha

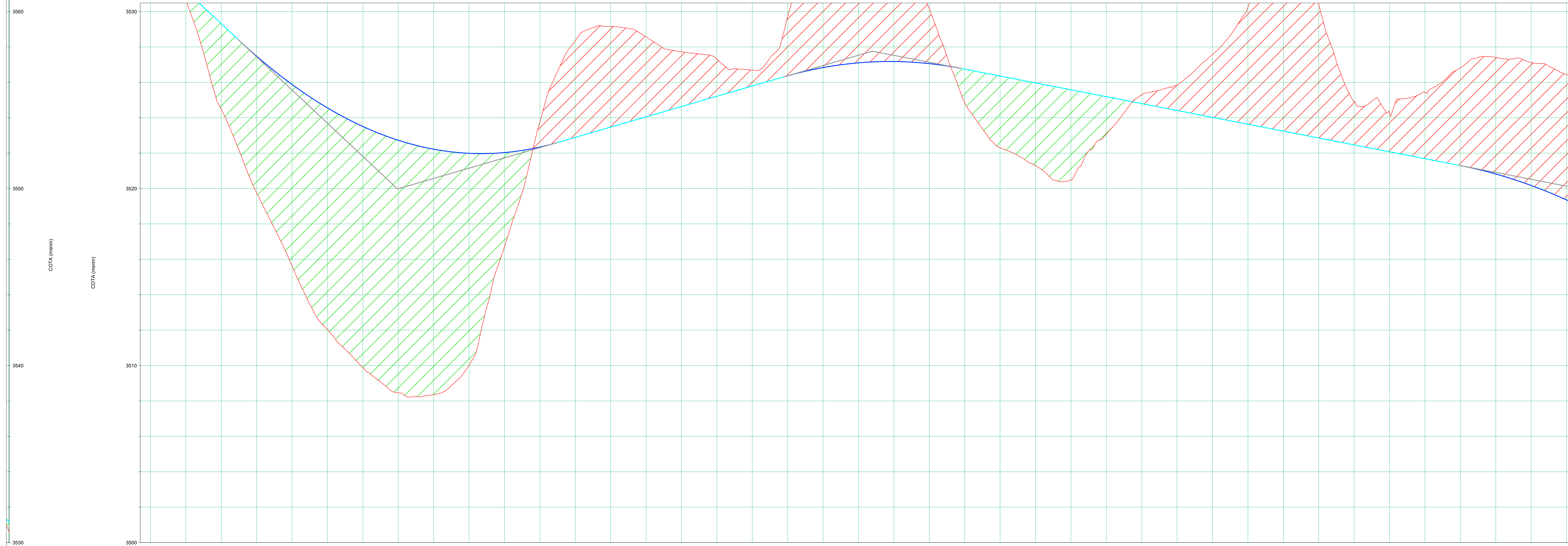


Autores
Diego Guerra
Bryan Aguirre
Ing. Hugo Carrión
Tutor

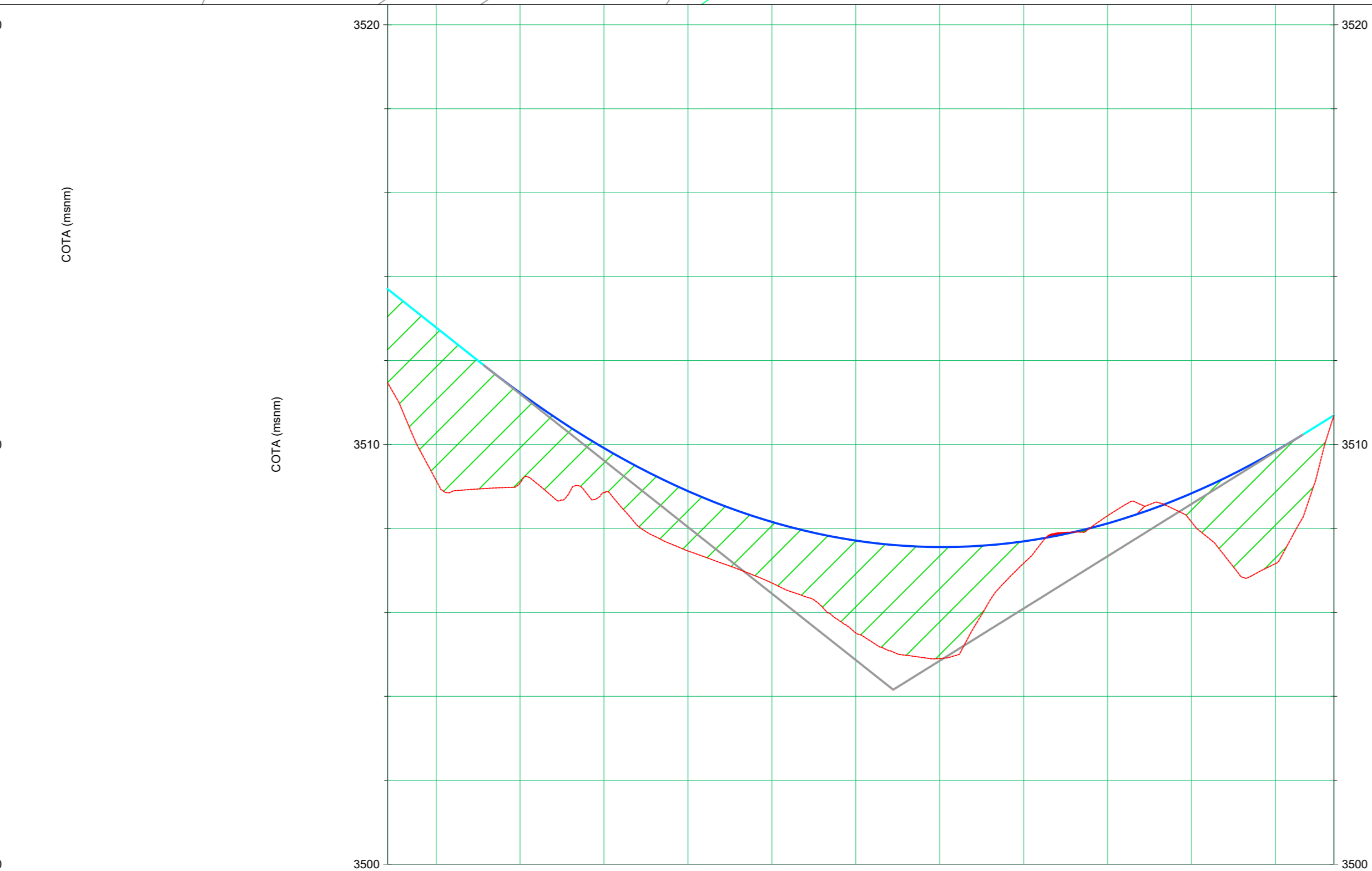
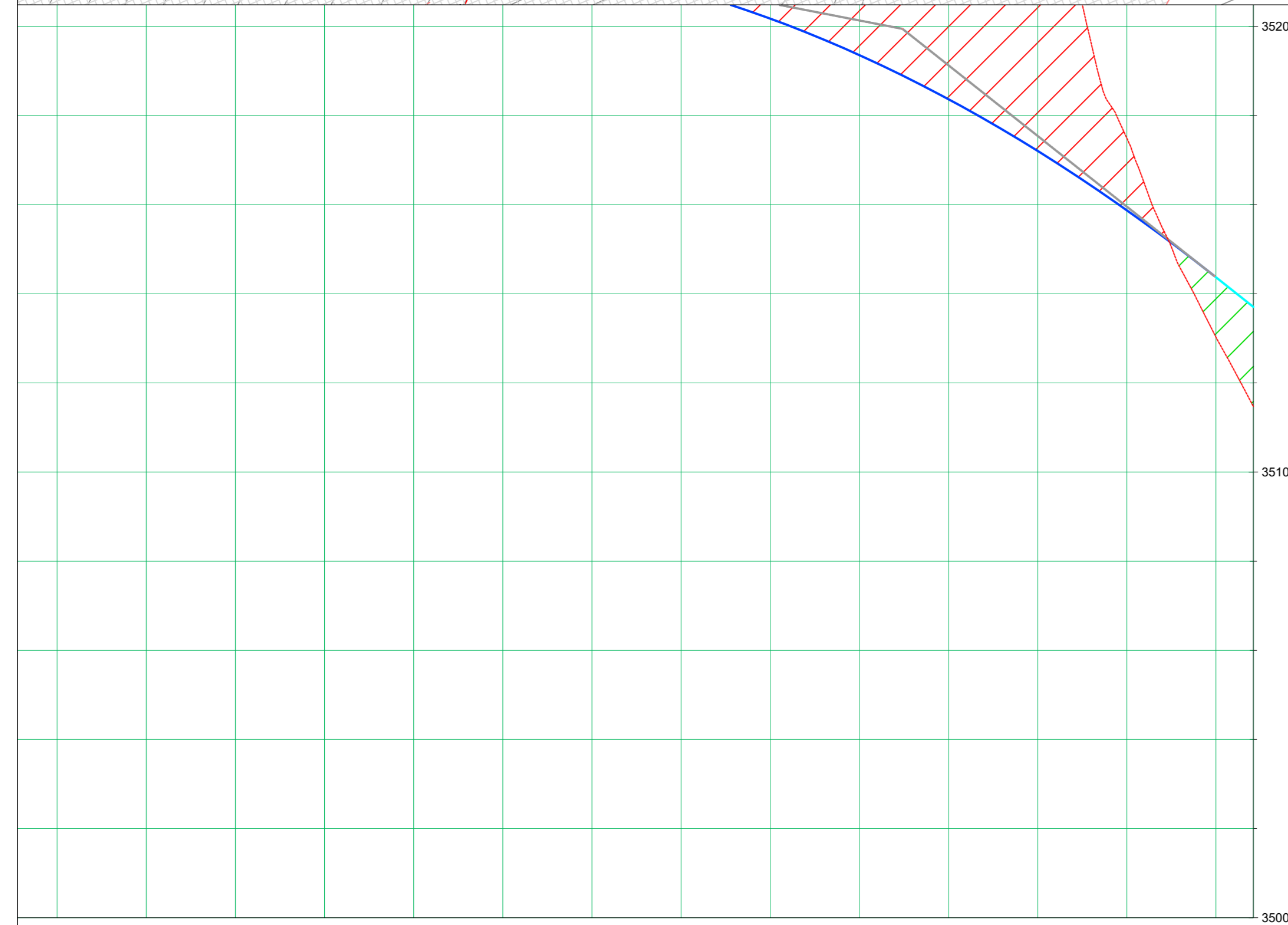
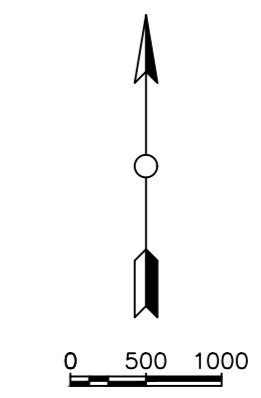
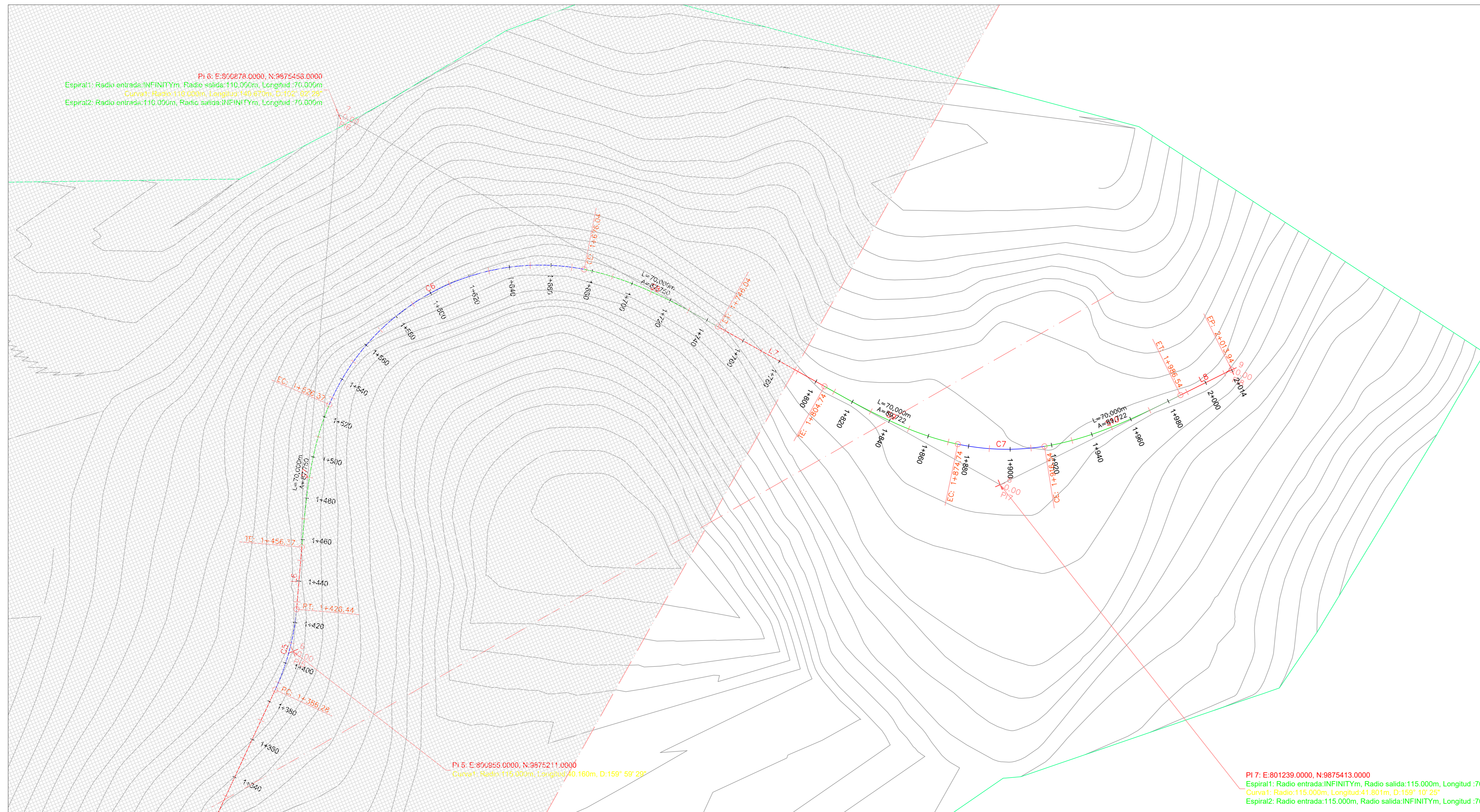
Proyecto	MÓP (2003)	Línea	6
Fecha	31/1/2023	Escala	1:1000



Perfil Longitudinal: EJE DE VIA CLASE III RECOMENDABLE
 PROG:0+894 - 1+788
 Escalas - V: 100 H:1000



PENDIENTE	P = -9.37% L = 82.76m		P = 2.90% L = 128.24m												P = -1.95% L = 281.82m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
COTA TERRENO	3534.25	3533.64	3533.03	3532.42	3531.81	3531.20	3530.59	3530.00	3529.39	3528.78	3528.17	3527.56	3526.95	3526.34	3525.73	3525.12	3524.51	3523.90	3523.29	3522.68	3522.07	3521.46	3520.85	3520.24	3519.63	3519.02	3518.41	3517.80	3517.19	3516.58	3515.97	3515.36	3514.75	3514.14	3513.53	3512.92	3512.31	3511.70	3511.09	3510.48	3509.87	3509.26	3508.65	3508.04	3507.43	3506.82	3506.21	3505.60	3504.99	3504.38	3503.77	3503.16	3502.55	3501.94	3501.33	3500.72	3500.11	3499.50	3498.89	3498.28	3497.67	3497.06	3496.45	3495.84	3495.23	3494.62	3494.01	3493.40	3492.79	3492.18	3491.57	3490.96	3490.35	3489.74	3489.13	3488.52	3487.91	3487.30	3486.69	3486.08	3485.47	3484.86	3484.25	3483.64	3483.03	3482.42	3481.81	3481.20	3480.59	3479.98	3479.37	3478.76	3478.15	3477.54	3476.93	3476.32	3475.71	3475.10	3474.49	3473.88	3473.27	3472.66	3472.05	3471.44	3470.83	3470.22	3469.61	3469.00	3468.39	3467.78	3467.17	3466.56	3465.95	3465.34	3464.73	3464.12	3463.51	3462.90	3462.29	3461.68	3461.07	3460.46	3459.85	3459.24	3458.63	3458.02	3457.41	3456.80	3456.19	3455.58	3454.97	3454.36	3453.75	3453.14	3452.53	3451.92	3451.31	3450.70	3450.09	3449.48	3448.87	3448.26	3447.65	3447.04	3446.43	3445.82	3445.21	3444.60	3443.99	3443.38	3442.77	3442.16	3441.55	3440.94	3440.33	3439.72	3439.11	3438.50	3437.89	3437.28	3436.67	3436.06	3435.45	3434.84	3434.23	3433.62	3433.01	3432.40	3431.79	3431.18	3430.57	3429.96	3429.35	3428.74	3428.13	3427.52	3426.91	3426.30	3425.69	3425.08	3424.47	3423.86	3423.25	3422.64	3422.03	3421.42	3420.81	3420.20	3419.59	3418.98	3418.37	3417.76	3417.15	3416.54	3415.93	3415.32	3414.71	3414.10	3413.49	3412.88	3412.27	3411.66	3411.05	3410.44	3409.83	3409.22	3408.61	3408.00	3407.39	3406.78	3406.17	3405.56	3404.95	3404.34	3403.73	3403.12	3402.51	3401.90	3401.29	3400.68	3400.07	3399.46	3398.85	3398.24	3397.63	3397.02	3396.41	3395.80	3395.19	3394.58	3393.97	3393.36	3392.75	3392.14	3391.53	3390.92	3390.31	3389.70	3389.09	3388.48	3387.87	3387.26	3386.65	3386.04	3385.43	3384.82	3384.21	3383.60	3382.99	3382.38	3381.77	3381.16	3380.55	3379.94	3379.33	3378.72	3378.11	3377.50	3376.89	3376.28	3375.67	3375.06	3374.45	3373.84	3373.23	3372.62	3372.01	3371.40	3370.79	3370.18	3369.57	3368.96	3368.35	3367.74	3367.13	3366.52	3365.91	3365.30	3364.69	3364.08	3363.47	3362.86	3362.25	3361.64	3361.03	3360.42	3359.81	3359.20	3358.59	3357.98	3357.37	3356.76	3356.15	3355.54	3354.93	3354.32	3353.71	3353.10	3352.49	3351.88	3351.27	3350.66	3350.05	3349.44	3348.83	3348.22	3347.61	3347.00	3346.39	3345.78	3345.17	3344.56	3343.95	3343.34	3342.73	3342.12	3341.51	3340.90	3340.29	3339.68	3339.07	3338.46	3337.85	3337.24	3336.63	3336.02	3335.41	3334.80	3334.19	3333.58	3332.97	3332.36	3331.75	3331.14	3330.53	3329.92	3329.31	3328.70	3328.09	3327.48	3326.87	3326.26	3325.65	3325.04	3324.43	3323.82	3323.21	3322.60	3321.99	3321.38	3320.77	3320.16	3319.55	3318.94	3318.33	3317.72	3317.11	3316.50	3315.89	3315.28	3314.67	3314.06	3313.45	3312.84	3312.23	3311.62	3311.01	3310.40	3309.79	3309.18	3308.57	3307.96	3307.35	3306.74	3306.13	3305.52	3304.91	3304.30	3303.69	3303.08	3302.47	3301.86	3301.25	3300.64	3300.03	3299.42	3298.81	3298.20	3297.59	3296.98	3296.37	3295.76	3295.15	3294.54	3293.93	3293.32	3292.71	3292.10	3291.49	3290.88	3290.27	3289.66	3289.05	3288.44	3287.83	3287.22	3286.61	3286.00	3285.39	3284.78	3284.17	3283.56	3282.95	3282.34	3281.73	3281.12	3280.51	3279.90	3279.29	3278.68	3278.07	3277.46	3276.85	3276.24	3275.63	3275.02	3274.41	3273.80	3273.19	3272.58	3271.97	3271.36	3270.75	3270.14	3269.53	3268.92	3268.31	3267.70	3267.09	3266.48	3265.87	3265.26	3264.65	3264.04	3263.43	3262.82	3262.21	3261.60	3260.99	3260.38	3259.77	3259.16	3258.55	3257.94	3257.33	3256.72	3256.11	3255.50	3254.89	3254.28	3253.67	3253.06	3252.45	3251.84	3251.23	3250.62	3250.01	3249.40	3248.79	3248.18	3247.57	3246.96	3246.35	3245.74	3245.13	3244.52	3243.91	3243.30	3242.69	3242.08	3241.47	3240.86	3240.25	3239.64	3239.03	3238.42	3237.81	3237.20	3236.59	3235.98	3235.37	3234.76	3234.15	3233.54	3232.93	3232.32	3231.71	3231.10	3230.49	3229.88	3229.27	3228.66	3228.05	3227.44	3226.83	3226.22	3225.61	3225.00	3224.39	3223.78	3223.17	3222.56	3221.95	3221.34	3220.73	3220.12	3219.51	3218.90	3218.29	3217.68	3217.07	3216.46	3215.85	3215.24	3214.63	3214.02	3213.41	3212.80	3212.19	3211.58	3210.97	3210.36	3209.75	3209.14	3208.53	3207.92	3207.31	3206.70	3206.09	3205.48	3204.87	3204.26	3203.65	3203.04	3202.43	3201.82	3201.21	3200.60	3200.00	3199.39	3198.78	3198.17	3197.56	3196.95	3196.34	3195.73	3195.12	3194.51	3193.90	3193.29	3192.68	3192.07	3191.46	3190.85	3190.24	3189.63	3189.02	3188.41	3187.80	3187.19	3186.58	3185.97	3185.36	3184.75	3184.14	3183.53	3182.92	3182.31	3181.70	3181.09	3180.48	3179.87	3179.26	3178.65	3178.04	3177.43	3176.82	3176.21	3175.60	3175.00	3174.39	3173.78	3173.17	3172.56	3171.95	3171.34	3170.73	3170.12	3169.51	3168.90	3168.29	3167.68	3167.07	3166.46	3165.85	3165.24	3164.63	3164.02	3163.41	3162.80	3162.19	3161.58	3160.97	3160.36	3159.75	3159.14	3158.53	3157.92	3157.31	3156.70	3156.09	3155.48	3154.87	3154.26	3153.65	3153.04	3152.43	3151.82	3151.21	3150.60	3150.00	3149.39	3148.78	3148.17	3147.56	3146.95	3146.34	3145.73	3145.12	3144.51	3143.90	3143.29	3142.68	3142.07	3141.46	3140.85	3140.24	3139.63	3139.02	3138.41	3137.80	3137.19	3136.58	3135.97	3135.36	3134.75	3134.14	3133.53	3132.92	3132.31	3131.70	3131.09	3130.48	3129.87	3129.26	3128.65	3128.04	3127.43	3126.82	3126.21	3125.60	3125.00	3124.39	3123.78	3123.17	3122.56	3121.95	3121.34	3120.73	3120.12	3119.51	3118.90	3118.29	3117.68	3117.07	3116.46	3115.85	3115.24	3114.63	3114.02	3113.41	3112.80	3112.19	3111.58	3110.97	3110.36	3109.75	3109.14	3108.53	3107.92	3107.31	3106.70	3106.09	3105.48	3104.87	3104.26	3103.65	3103.04	3102.43	3101.82	3101.21	3100.60	3100.00	3099.39	3098.78	3098.17	3097.56	3096.95	3096.34	3095.73	3095.12	3094.51	3093.90	3093.29	3092.68	3092.07	3091.46	3090.85	3090.24	3089.63	3089.02	3088.41	3087.80	3087.19	3086.58	3085.97	3085.36	3084.75	3084.14	3083.53	3082.92	3082.31	3081.70	3081.09	3080.48	3079.87	3079.26	3078.65	3078.04	3077.43	3076.82	3076.21	3075.60	3075.00	3074.39	3073.78	3073.17	3072.56	3071.95	3071.34	3070.73	3070.12	3069.51	3068.90	3068.29	3067.68	3067.07	3066.46	3065.85	3065.24	3064.63	3064.02	3063.41	3062.80	3062.19	3061.58	3060.97	3060.36	3059.75	3059.14	3058.53	3057.92	3057.31	3056.70	3056.09	3055.48	3054.87	3054.26	3053.65	3053.04	3052.43	3051.82	3051.21	3050.60	3050.00	3049.39	3048.78	3048.17	3047.56	3046.95	3046.34	3045.73	3045.12	3044.51	3043.90	3043.29	3042.68	3042.07	3041.46	3040.85	3040.24	3039.63	3039.02	3038.41	3037.80	3037.19	3036.58	3035.97	3035.36	3034.75	3034.14	3033.53	3032.92	3032.31	3031.70	3031.09	3030.48	3029.87	3029.26	3028.65	3028.04	3027.43	3026.82	3026.21	3025.60	3025.00	3024.39	3023.78	3023.17	3022.56	3021.95	3021.34	3020.73	3020.12	3019.51	3018.90	3018.29	3017.68	3017.07	3016.46	3015.85	3015.24	3014.63	3014.02	3013.41	3012.80	3012.19	3011.58	3010.97	3010.36	3009.75	3009.14	3008.53	3007.92	3007.31	3006.70	3006.09	3005.48	3004.87	3004.26	3003.65	3003.04	3002.43	3001.82	3001.21	3000.60	3000.00	2999.39	2998.78	2998.17	2997.56	2996.95	2996.34	2995.73	2995.12	2994.51	2993.90	2993.29	2992.68	2992.07	2991.46	2990.85	2990.24	2989.63	2989.02	2988.41	2987.80	2987.19	2986.58	2985.97	2985.36	2984.75	2984.14	2983.53	2982.92	2982.31	2981.70	2981.09	2980.48	2979.87	2979.26	2978.65	2978.04	2977.43	2976.82	2976.21	2975.60	2975.00	2974.39	2973.78	2973.17	2972.56	2971.95	2971.34	2970.73	2970.12	2969.51	2968.90	2968.29	2967.68	2967.07	2966.46	2965.85	2965.24	2964.63	2964.02	2963.41	2962.80	2962.19	2961.58	2960.97	2960.36	2959.75	2959.14	2958.53	2957.92	2957.31	2956.70	2956.09	2955.48	2954.87	2954.26	2953.65	2953.04	2952.43	2951.82	2951.21	2950.60	2950.00	2949.39	2948.78	2948.17	2947.56	2946.95	2946.34	2945.73	2945.12	2944.51	2943.90	2943.29	2942.68	2942.07	2941.46	2940.85	2940.24	2939.63	2939.02	2938.41	2937.80	2937.19	2936.58	2935.97	2935.36	2934.75



95%											P = -7.92%																			
82m											L = 31.73m																			
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
																					</									

ANEXOS

Anexo 1. Tabla 3-6 Velocidades de diseño de la AASHTO

Table 3-6. Average Running Speeds

Metric		U.S. Customary	
Design Speed (km/h)	Average Running Speed (km/h)	Design Speed (mph)	Average Running Speed (mph)
20	20	15	15
30	30	20	20
40	40	25	24
50	47	30	28
60	55	35	32
70	63	40	36
80	70	45	40
90	77	50	44
100	85	55	48
110	91	60	52
120	98	65	55
130	102	70	58
		75	61
		80	64

Anexo 2. Tabla 3-7 Radio mínimo en función de “e” y “f” de la AASHTO (2011)

Table 3-7. Minimum Radius Using Limiting Values of *e* and *f*

Metric						U.S. Customary					
Design Speed (km/h)	Maximum <i>e</i> (%)	Maximum <i>f</i>	Total (<i>e</i> /100 + <i>f</i>)	Calculated Radius (m)	Rounded Radius (m)	Design Speed (mph)	Maximum <i>e</i> (%)	Maximum <i>f</i>	Total (<i>e</i> /100 + <i>f</i>)	Calculated Radius (ft)	Rounded Radius (ft)
15	4.0	0.40	0.44	4.0	4	10	4.0	0.38	0.42	15.9	16
20	4.0	0.35	0.39	8.1	8	15	4.0	0.32	0.36	41.7	42
30	4.0	0.28	0.32	22.1	22	20	4.0	0.27	0.31	86.0	86
40	4.0	0.23	0.27	46.7	47	25	4.0	0.23	0.27	154.3	154
50	4.0	0.19	0.23	85.6	86	30	4.0	0.20	0.24	250.0	250
60	4.0	0.17	0.21	135.0	135	35	4.0	0.18	0.22	371.2	371
70	4.0	0.15	0.19	203.1	203	40	4.0	0.16	0.20	533.3	533
80	4.0	0.14	0.18	280.0	280	45	4.0	0.15	0.19	710.5	711
90	4.0	0.13	0.17	375.2	375	50	4.0	0.14	0.18	925.9	926
100	4.0	0.12	0.16	492.1	492	55	4.0	0.13	0.17	1186.3	1190
						60	4.0	0.12	0.16	1500.0	1500
15	6.0	0.40	0.46	3.9	4	10	6.0	0.38	0.44	15.2	15
20	6.0	0.35	0.41	7.7	8	15	6.0	0.32	0.38	39.5	39
30	6.0	0.28	0.34	20.8	21	20	6.0	0.27	0.33	80.8	81
40	6.0	0.23	0.29	43.4	43	25	6.0	0.23	0.29	143.7	144
50	6.0	0.19	0.25	78.7	79	30	6.0	0.20	0.26	230.8	231
60	6.0	0.17	0.23	123.2	123	35	6.0	0.18	0.24	340.3	340
70	6.0	0.15	0.21	183.7	184	40	6.0	0.16	0.22	484.8	485
80	6.0	0.14	0.20	252.0	252	45	6.0	0.15	0.21	642.9	643
90	6.0	0.13	0.19	335.7	336	50	6.0	0.14	0.20	833.3	833
100	6.0	0.12	0.18	437.4	437	55	6.0	0.13	0.19	1061.4	1060
110	6.0	0.11	0.17	560.4	560	60	6.0	0.12	0.18	1333.3	1330
120	6.0	0.09	0.15	755.9	756	65	6.0	0.11	0.17	1656.9	1660
130	6.0	0.08	0.14	950.5	951	70	6.0	0.10	0.16	2041.7	2040
						75	6.0	0.09	0.15	2500.0	2500
						80	6.0	0.08	0.14	3047.6	3050
15	8.0	0.40	0.48	3.7	4	10	8.0	0.38	0.46	14.5	14
20	8.0	0.35	0.43	7.3	7	15	8.0	0.32	0.40	37.5	38
30	8.0	0.28	0.36	19.7	20	20	8.0	0.27	0.35	76.2	76
40	8.0	0.23	0.31	40.6	41	25	8.0	0.23	0.31	134.4	134
50	8.0	0.19	0.27	72.9	73	30	8.0	0.20	0.28	214.3	214
60	8.0	0.17	0.25	113.4	113	35	8.0	0.18	0.26	314.1	314
70	8.0	0.15	0.23	167.8	168	40	8.0	0.16	0.24	444.4	444
80	8.0	0.14	0.22	229.1	229	45	8.0	0.15	0.23	587.0	587
90	8.0	0.13	0.21	303.7	304	50	8.0	0.14	0.22	757.6	758
100	8.0	0.12	0.20	393.7	394	55	8.0	0.13	0.21	960.3	960
110	8.0	0.11	0.19	501.5	501	60	8.0	0.12	0.20	1200.0	1200
120	8.0	0.09	0.17	667.0	667	65	8.0	0.11	0.19	1482.5	1480
130	8.0	0.08	0.16	831.7	832	70	8.0	0.10	0.18	1814.8	1810
						75	8.0	0.09	0.17	2205.9	2210
						80	8.0	0.08	0.16	2666.7	2670
15	10.0	0.40	0.50	3.5	4	10	10.0	0.38	0.48	13.9	14
20	10.0	0.35	0.45	7.0	7	15	10.0	0.32	0.42	35.7	36
30	10.0	0.28	0.38	18.6	19	20	10.0	0.27	0.37	72.1	72
40	10.0	0.23	0.33	38.2	38	25	10.0	0.23	0.33	126.3	126
50	10.0	0.19	0.29	67.9	68	30	10.0	0.20	0.30	200.0	200
60	10.0	0.17	0.27	105.0	105	35	10.0	0.18	0.28	291.7	292
70	10.0	0.15	0.25	154.3	154	40	10.0	0.16	0.26	410.3	410
80	10.0	0.14	0.24	210.0	210	45	10.0	0.15	0.25	540.0	540
90	10.0	0.13	0.23	277.3	277	50	10.0	0.14	0.24	694.4	694
100	10.0	0.12	0.22	357.9	358	55	10.0	0.13	0.23	876.8	877
110	10.0	0.11	0.21	453.7	454	60	10.0	0.12	0.22	1090.9	1090
120	10.0	0.09	0.19	596.8	597	65	10.0	0.11	0.21	1341.3	1340
130	10.0	0.08	0.18	739.3	739	70	10.0	0.10	0.20	1633.3	1630
						75	10.0	0.09	0.19	1973.7	1970
						80	10.0	0.08	0.18	2370.4	2370
15	12.0	0.40	0.52	3.4	3	10	12.0	0.38	0.50	13.3	13
20	12.0	0.35	0.47	6.7	7	15	12.0	0.32	0.44	34.1	34
30	12.0	0.28	0.40	17.7	18	20	12.0	0.27	0.39	68.4	68
40	12.0	0.23	0.35	36.0	36	25	12.0	0.23	0.35	119.0	119
50	12.0	0.19	0.31	63.5	64	30	12.0	0.20	0.32	187.5	188
60	12.0	0.17	0.29	97.7	98	35	12.0	0.18	0.30	272.2	272
70	12.0	0.15	0.27	142.9	143	40	12.0	0.16	0.28	381.0	381
80	12.0	0.14	0.26	193.8	194	45	12.0	0.15	0.27	500.0	500
90	12.0	0.13	0.25	255.1	255	50	12.0	0.14	0.26	641.0	641
100	12.0	0.12	0.24	328.1	328	55	12.0	0.13	0.25	806.7	807
110	12.0	0.11	0.23	414.2	414	60	12.0	0.12	0.24	1000.0	1000
120	12.0	0.09	0.21	539.9	540	65	12.0	0.11	0.23	1224.6	1220
130	12.0	0.08	0.20	665.4	665	70	12.0	0.10	0.22	1484.8	1480
						75	12.0	0.09	0.21	1785.7	1790
						80	12.0	0.08	0.20	2133.3	2130

Note: In recognition of safety considerations, use of $e_{max} = 4.0\%$ should be limited to urban conditions.

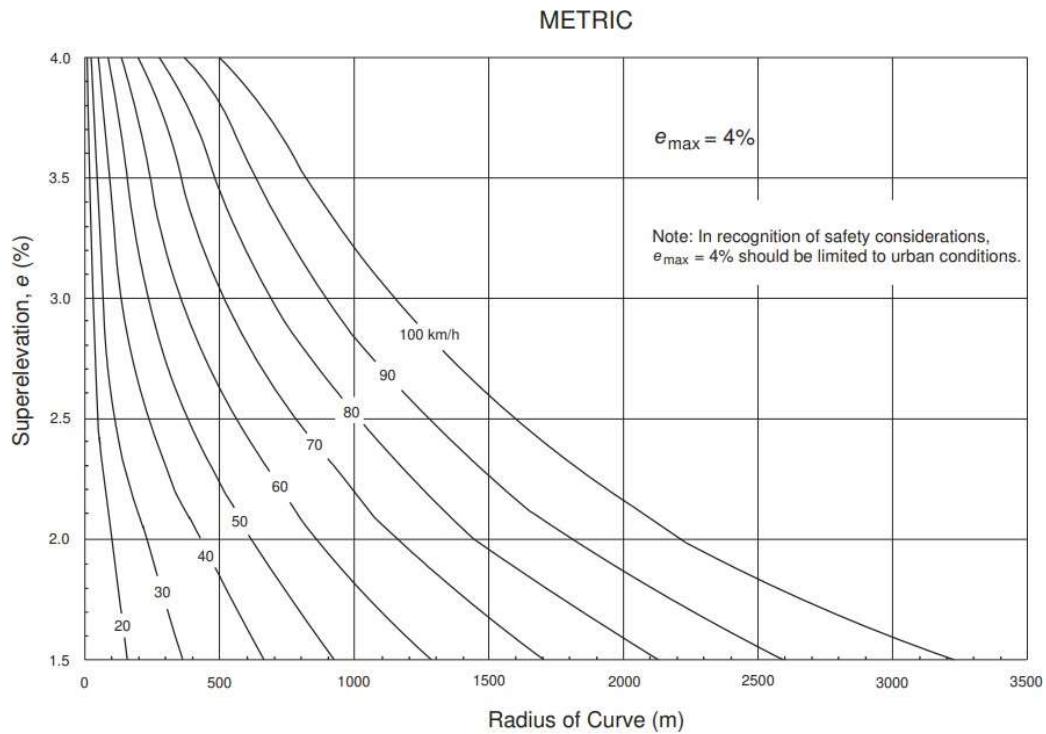
Anexo 3. Tabla 3-145 Radio mínimo para tasas de transición del peralte $e_{max} = 4\%$ de AASHTO

Table 3-8. Minimum Radii for Design Superelevation Rates, Design Speeds, and $e_{max} = 4\%$

Metric									
	$V_d = 20$ km/h	$V_d = 30$ km/h	$V_d = 40$ km/h	$V_d = 50$ km/h	$V_d = 60$ km/h	$V_d = 70$ km/h	$V_d = 80$ km/h	$V_d = 90$ km/h	$V_d = 100$ km/h
e (%)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)
NC	163	371	679	951	1310	1740	2170	2640	3250
RC	102	237	441	632	877	1180	1490	1830	2260
2.2	75	187	363	534	749	1020	1290	1590	1980
2.4	51	132	273	435	626	865	1110	1390	1730
2.6	38	99	209	345	508	720	944	1200	1510
2.8	30	79	167	283	422	605	802	1030	1320
3.0	24	64	137	236	356	516	690	893	1150
3.2	20	54	114	199	303	443	597	779	1010
3.4	17	45	96	170	260	382	518	680	879
3.6	14	38	81	144	222	329	448	591	767
3.8	12	31	67	121	187	278	381	505	658
4.0	8	22	47	86	135	203	280	375	492

Note: Use of $e_{max} = 4\%$ should be limited to urban conditions.

Anexo 4. Diagrama de tasa de peralte y radio mínimo con máximo de 4%

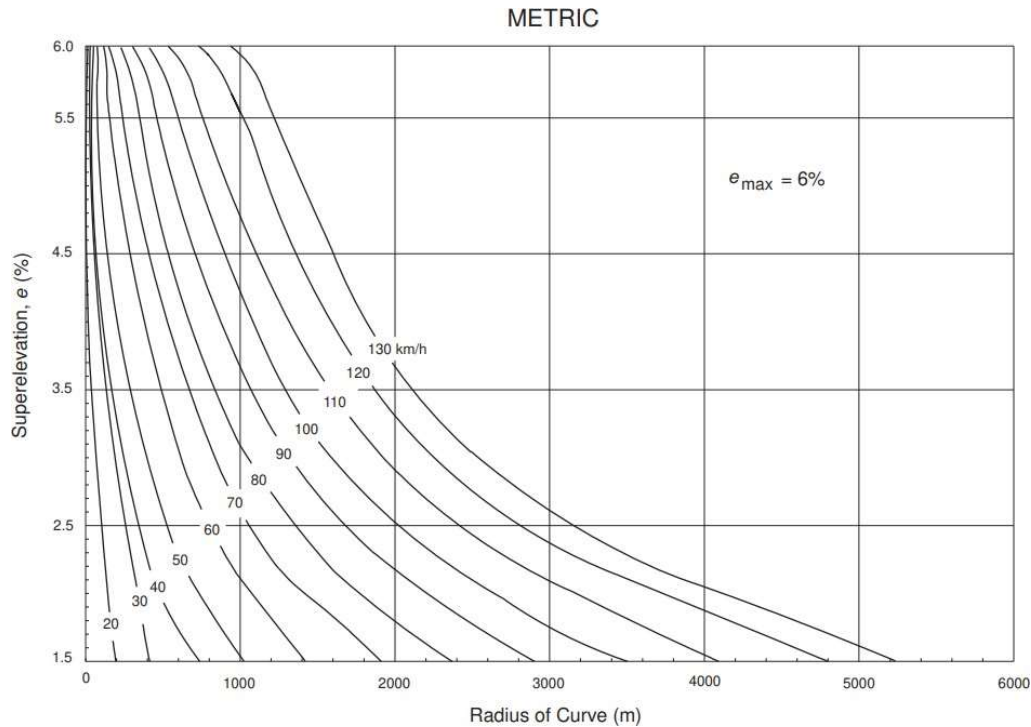


Anexo 5. Tabla 3-146 Radio mínimo para tasas de transición del peralte eMax = 6% de AASHTO

Table 3-9. Minimum Radii for Design Superelevation Rates, Design Speeds, and $e_{max} = 6\%$

e (%)	Metric											
	$V_d = 20$	$V_d = 30$	$V_d = 40$	$V_d = 50$	$V_d = 60$	$V_d = 70$	$V_d = 80$	$V_d = 90$	$V_d = 100$	$V_d = 110$	$V_d = 120$	$V_d = 130$
	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
NC	194	421	738	1050	1440	1910	2360	2880	3510	4060	4770	5240
RC	138	299	525	750	1030	1380	1710	2090	2560	2970	3510	3880
2.2	122	265	465	668	919	1230	1530	1880	2300	2670	3160	3500
2.4	109	236	415	599	825	1110	1380	1700	2080	2420	2870	3190
2.6	97	212	372	540	746	1000	1260	1540	1890	2210	2630	2930
2.8	87	190	334	488	676	910	1150	1410	1730	2020	2420	2700
3.0	78	170	300	443	615	831	1050	1290	1590	1870	2240	2510
3.2	70	152	269	402	561	761	959	1190	1470	1730	2080	2330
3.4	61	133	239	364	511	697	882	1100	1360	1600	1940	2180
3.6	51	113	206	329	465	640	813	1020	1260	1490	1810	2050
3.8	42	96	177	294	422	586	749	939	1170	1390	1700	1930
4.0	36	82	155	261	380	535	690	870	1090	1300	1590	1820
4.2	31	72	136	234	343	488	635	806	1010	1220	1500	1720
4.4	27	63	121	210	311	446	584	746	938	1140	1410	1630
4.6	24	56	108	190	283	408	538	692	873	1070	1330	1540
4.8	21	50	97	172	258	374	496	641	812	997	1260	1470
5.0	19	45	88	156	235	343	457	594	755	933	1190	1400
5.2	17	40	79	142	214	315	421	549	701	871	1120	1330
5.4	15	36	71	128	195	287	386	506	648	810	1060	1260
5.6	13	32	63	115	176	260	351	463	594	747	980	1190
5.8	11	28	56	102	156	232	315	416	537	679	900	1110
6.0	8	21	43	79	123	184	252	336	437	560	756	951

Anexo 6. Diagrama de tasa de peralte y radio mínimo con máximo de 6%



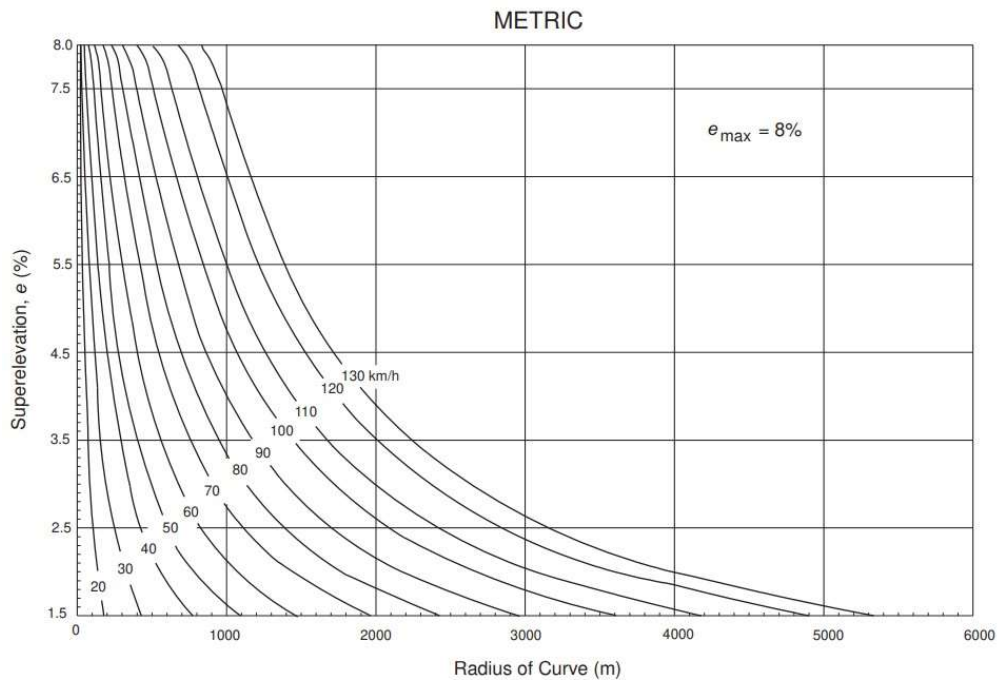
Anexo 7. Tabla 3-147 Radio mínimo para tasas de transición del peralte eMax = 8%

la AASHTO

Table 3-10a. Minimum Radii for Design Superelevation Rates, Design Speeds, and $e_{max} = 8\%$

e (%)	Metric											
	$V_d = 20$	$V_d = 30$	$V_d = 40$	$V_d = 50$	$V_d = 60$	$V_d = 70$	$V_d = 80$	$V_d = 90$	$V_d = 100$	$V_d = 110$	$V_d = 120$	$V_d = 130$
	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
NC	184	443	784	1090	1490	1970	2440	2970	3630	4180	4900	5360
RC	133	322	571	791	1090	1450	1790	2190	2680	3090	3640	4000
2.2	119	288	512	711	976	1300	1620	1980	2420	2790	3290	3620
2.4	107	261	463	644	885	1190	1470	1800	2200	2550	3010	3310
2.6	97	237	421	587	808	1080	1350	1650	2020	2340	2760	3050
2.8	88	216	385	539	742	992	1240	1520	1860	2160	2550	2830
3.0	81	199	354	496	684	916	1150	1410	1730	2000	2370	2630
3.2	74	183	326	458	633	849	1060	1310	1610	1870	2220	2460
3.4	68	169	302	425	588	790	988	1220	1500	1740	2080	2310
3.6	62	156	279	395	548	738	924	1140	1410	1640	1950	2180
3.8	57	144	259	368	512	690	866	1070	1320	1540	1840	2060
4.0	52	134	241	344	479	648	813	1010	1240	1450	1740	1950
4.2	48	124	224	321	449	608	766	948	1180	1380	1650	1850
4.4	43	115	208	301	421	573	722	895	1110	1300	1570	1760
4.6	38	106	192	281	395	540	682	847	1050	1240	1490	1680
4.8	33	96	178	263	371	509	645	803	996	1180	1420	1610
5.0	30	87	163	246	349	480	611	762	947	1120	1360	1540
5.2	27	78	148	229	328	454	579	724	901	1070	1300	1480
5.4	24	71	136	213	307	429	549	689	859	1020	1250	1420
5.6	22	65	125	198	288	405	521	656	819	975	1200	1360
5.8	20	59	115	185	270	382	494	625	781	933	1150	1310
6.0	19	55	106	172	253	360	469	595	746	894	1100	1260
6.2	17	50	98	161	238	340	445	567	713	857	1060	1220
6.4	16	46	91	151	224	322	422	540	681	823	1020	1180
6.6	15	43	85	141	210	304	400	514	651	789	982	1140
6.8	14	40	79	132	198	287	379	489	620	757	948	1100
7.0	13	37	73	123	185	270	358	464	591	724	914	1070
7.2	12	34	68	115	174	254	338	440	561	691	879	1040
7.4	11	31	62	107	162	237	318	415	531	657	842	998
7.6	10	29	57	99	150	221	296	389	499	621	803	962
7.8	9	26	52	90	137	202	273	359	462	579	757	919
8.0	7	20	41	73	113	168	229	304	394	501	667	832

Anexo 8. Diagrama de tasa de peralte y radio mínimo con máximo de 8%

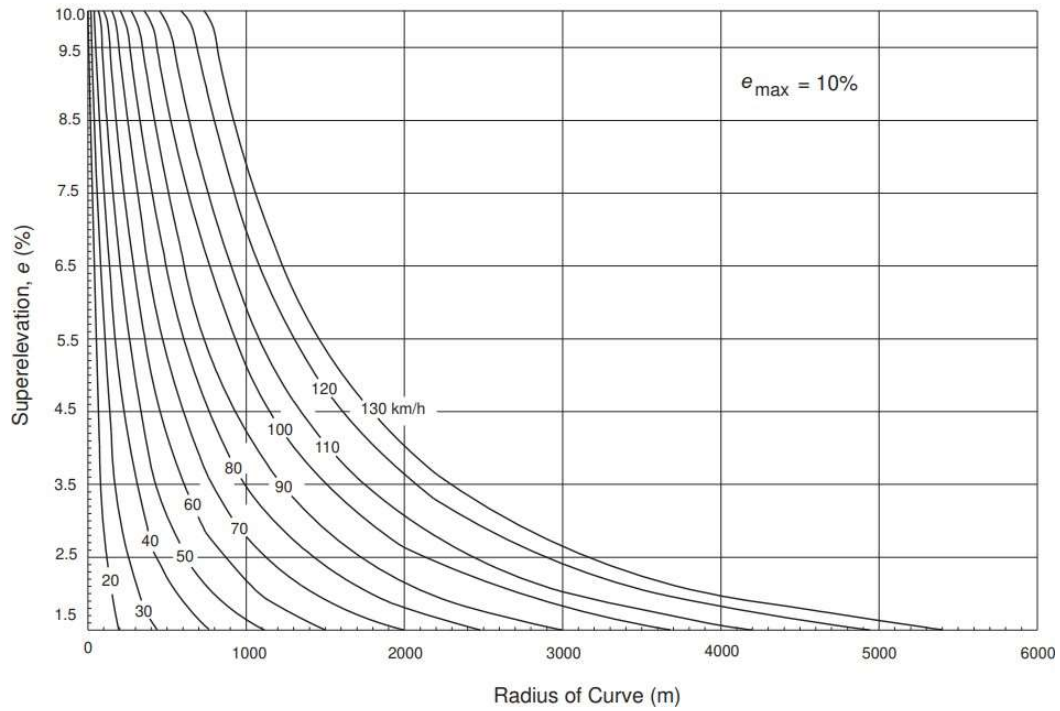


Anexo 9. Tabla 3-11a Radio mínimo para tasas de transición del peralte $e_{\max} = 8\%$ de la AASTHO

Table 3-11a. Minimum Radii for Design Superelevation Rates, Design Speeds, and $e_{\max} = 10\%$

e (%)	Metric											
	$V_d = 20$	$V_d = 30$	$V_d = 40$	$V_d = 50$	$V_d = 60$	$V_d = 70$	$V_d = 80$	$V_d = 90$	$V_d = 100$	$V_d = 110$	$V_d = 120$	$V_d = 130$
	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)
NC	197	454	790	1110	1520	2000	2480	3010	3690	4250	4960	5410
RC	145	333	580	815	1120	1480	1840	2230	2740	3160	3700	4050
2.2	130	300	522	735	1020	1340	1660	2020	2480	2860	3360	3680
2.4	118	272	474	669	920	1220	1520	1840	2260	2620	3070	3370
2.6	108	249	434	612	844	1120	1390	1700	2080	2410	2830	3110
2.8	99	229	399	564	778	1030	1290	1570	1920	2230	2620	2880
3.0	91	211	368	522	720	952	1190	1460	1790	2070	2440	2690
3.2	85	196	342	485	670	887	1110	1360	1670	1940	2280	2520
3.4	79	182	318	453	626	829	1040	1270	1560	1820	2140	2370
3.6	73	170	297	424	586	777	974	1200	1470	1710	2020	2230
3.8	68	159	278	398	551	731	917	1130	1390	1610	1910	2120
4.0	64	149	261	374	519	690	866	1060	1310	1530	1810	2010
4.2	60	140	245	353	490	652	820	1010	1240	1450	1720	1910
4.4	56	132	231	333	464	617	777	953	1180	1380	1640	1820
4.6	53	124	218	315	439	586	738	907	1120	1310	1560	1740
4.8	50	117	206	299	417	557	703	864	1070	1250	1490	1670
5.0	47	111	194	283	396	530	670	824	1020	1200	1430	1600
5.2	44	104	184	269	377	505	640	788	975	1150	1370	1540
5.4	41	98	174	256	359	482	611	754	934	1100	1320	1480
5.6	39	93	164	243	343	461	585	723	896	1060	1270	1420
5.8	36	88	155	232	327	441	561	693	860	1020	1220	1370
6.0	33	82	146	221	312	422	538	666	827	976	1180	1330
6.2	31	77	138	210	298	404	516	640	795	941	1140	1280
6.4	28	72	130	200	285	387	496	616	766	907	1100	1240
6.6	26	67	121	191	273	372	476	593	738	876	1060	1200
6.8	24	62	114	181	261	357	458	571	712	846	1030	1170
7.0	22	58	107	172	249	342	441	551	688	819	993	1130
7.2	21	55	101	164	238	329	425	532	664	792	963	1100
7.4	20	51	95	156	228	315	409	513	642	767	934	1070
7.6	18	48	90	148	218	303	394	496	621	743	907	1040
7.8	17	45	85	141	208	291	380	479	601	721	882	1010
8.0	16	43	80	135	199	279	366	463	582	699	857	981
8.2	15	40	76	128	190	268	353	448	564	679	834	956
8.4	14	38	72	122	182	257	339	432	546	660	812	932
8.6	14	36	68	116	174	246	326	417	528	641	790	910
8.8	13	34	64	110	166	236	313	402	509	621	770	888
9.0	12	32	61	105	158	225	300	386	491	602	751	867
9.2	11	30	57	99	150	215	287	371	472	582	731	847
9.4	11	28	54	94	142	204	274	354	453	560	709	828
9.6	10	26	50	88	133	192	259	337	432	537	685	809
9.8	9	24	46	81	124	179	242	316	407	509	656	786
10.0	7	19	38	68	105	154	210	277	358	454	597	739

Anexo 10. Diagrama de tasa de peralte y radio mínimo con máximo de 10% METRIC

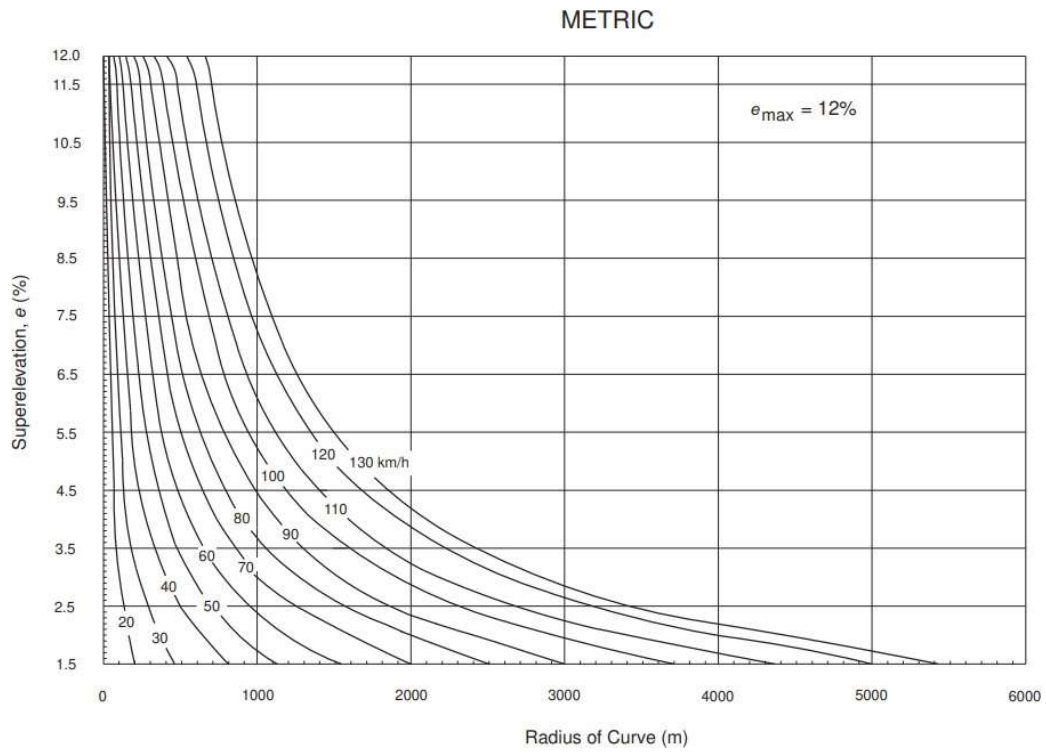


Anexo 11. Tabla 3-12a Radio mínimo para tasas de transición del peralte $e_{\max} = 12\%$ de la AASHTO

Table 3-12a. Minimum Radii for Design Superelevation Rates, Design Speeds, and $e_{\max} = 12\%$

e (%)	Metric											
	$V_d = 20$	$V_d = 30$	$V_d = 40$	$V_d = 50$	$V_d = 60$	$V_d = 70$	$V_d = 80$	$V_d = 90$	$V_d = 100$	$V_d = 110$	$V_d = 120$	$V_d = 130$
	km/h R (m)	km/h R (m)	km/h R (m)	km/h R (m)	km/h R (m)	km/h R (m)	km/h R (m)	km/h R (m)	km/h R (m)	km/h R (m)	km/h R (m)	km/h R (m)
NC	210	459	804	1130	1540	2030	2510	3040	3720	4280	4990	5440
RC	155	338	594	835	1150	1510	1870	2270	2770	3190	3740	4080
2.2	139	306	536	755	1040	1360	1690	2050	2510	2900	3390	3710
2.4	127	278	488	688	942	1250	1550	1880	2300	2650	3110	3400
2.6	116	255	448	631	865	1140	1420	1730	2110	2440	2860	3140
2.8	107	235	413	583	799	1060	1320	1600	1960	2260	2660	2910
3.0	99	218	382	541	742	980	1220	1490	1820	2110	2480	2720
3.2	92	202	356	504	692	914	1140	1390	1700	1970	2320	2550
3.4	86	189	332	472	648	856	1070	1300	1600	1850	2180	2400
3.6	81	177	312	443	609	805	1010	1230	1510	1750	2060	2270
3.8	76	166	293	417	573	759	947	1160	1420	1650	1950	2150
4.0	71	157	276	393	542	718	896	1100	1350	1560	1850	2040
4.2	67	148	261	372	513	680	850	1040	1280	1490	1760	1940
4.4	64	140	247	353	487	646	808	988	1220	1420	1680	1850
4.6	60	132	234	335	436	615	770	941	1160	1350	1600	1770
4.8	57	126	222	319	441	586	734	899	1110	1290	1530	1700
5.0	54	119	211	304	421	560	702	860	1060	1240	1470	1630
5.2	52	114	201	290	402	535	672	824	1020	1190	1410	1570
5.4	49	108	192	277	384	513	644	790	973	1140	1360	1510
5.6	47	103	183	265	368	492	618	759	936	1100	1310	1460
5.8	45	98	175	254	353	472	594	730	900	1060	1260	1410
6.0	43	94	167	244	339	454	572	703	867	1020	1220	1360
6.2	41	90	159	234	326	436	551	678	837	981	1180	1310
6.4	39	86	153	225	313	420	531	654	808	948	1140	1270
6.6	37	82	146	216	302	405	512	632	781	917	1100	1230
6.8	35	78	140	208	290	391	494	611	755	888	1070	1200
7.0	34	75	134	200	280	377	478	591	731	860	1040	1160
7.2	32	71	128	192	270	364	462	572	708	834	1010	1130
7.4	30	68	122	185	260	352	447	554	686	810	974	1100
7.6	29	65	117	178	251	340	433	537	666	786	947	1070
7.8	27	61	112	172	243	329	420	521	646	764	921	1040
8.0	26	58	107	165	235	319	407	506	628	743	897	1020
8.2	24	55	102	159	227	309	395	491	610	723	874	989
8.4	23	52	97	154	219	299	383	477	593	704	852	965
8.6	22	50	93	148	212	290	372	464	577	686	831	942
8.8	20	47	88	142	205	281	361	451	562	668	811	921
9.0	19	45	85	137	198	273	351	439	547	652	792	900
9.2	18	43	81	132	191	264	341	428	533	636	774	880
9.4	18	41	77	127	185	256	332	416	520	621	756	861
9.6	17	39	74	123	179	249	323	406	507	606	739	843
9.8	16	37	71	118	173	241	314	395	494	592	723	826
10.0	15	36	68	114	167	234	305	385	482	579	708	809
10.2	14	34	65	110	161	226	296	375	471	566	693	793
10.4	14	33	62	105	155	219	288	365	459	553	679	778
10.6	13	31	59	101	150	212	279	355	448	541	665	763
10.8	12	30	57	97	144	204	270	345	436	529	652	749
11.0	12	28	54	93	139	197	261	335	423	516	639	735
11.2	11	27	51	89	133	189	252	324	411	503	626	722
11.4	11	25	49	85	127	182	242	312	397	488	613	709
11.6	10	24	46	80	120	173	232	300	382	472	598	697
11.8	9	22	43	75	113	163	219	285	364	453	579	685
12.0	7	18	36	64	98	143	194	255	328	414	540	665

Anexo 12. Diagrama de tasa de peralte y radio mínimo con máximo de 12%



Anexo 13. Valores de diseño de sobrecanchos

Table 3-26a. Calculated and Design Values For Traveled Way Widening on Open Highway Curves (Two-Lane Highways, One-Way Or Two-Way)

		Metric																	
Radius of Curve (m)	Roadway width = 7.2 m						Roadway width = 6.6 m						Roadway width = 6.0 m						
	Design Speed (km/h)						Design Speed (km/h)						Design Speed (km/h)						
	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	
3000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	
2500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	
2000	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	
1500	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	
1000	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	
900	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	
800	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	
700	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	
600	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	
500	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	
400	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	
300	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	
250	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1		1.2	1.3	1.3	1.4	1.4		1.5	1.6	1.6	1.7	1.7		
200	1.1	1.2	1.3	1.3			1.4	1.5	1.6	1.6			1.7	1.8	1.9	1.9			
150	1.5	1.6	1.7	1.8			1.8	1.9	2.0	2.1			2.1	2.2	2.3	2.4			
140	1.6	1.7					1.9	2.0					2.2	2.3					
130	1.8	1.8					2.1	2.1					2.4	2.4					
120	1.9	2.0					2.2	2.3					2.5	2.6					
110	2.1	2.2					2.4	2.5					2.7	2.8					
100	2.3	2.4					2.6	2.7					2.9	3.0					
90	2.5						2.8						3.1						
80	2.8						3.1						3.4						
70	3.2						3.5						3.8						

Notes:

Values shown are for WB-19 design vehicle and represent widening in meters. For other design vehicles, use adjustments in Table 3-27.

Values less than 0.6 m may be disregarded.

For 3-lane roadways, multiply above values by 1.5.

For 4-lane roadways, multiply above values by 2.

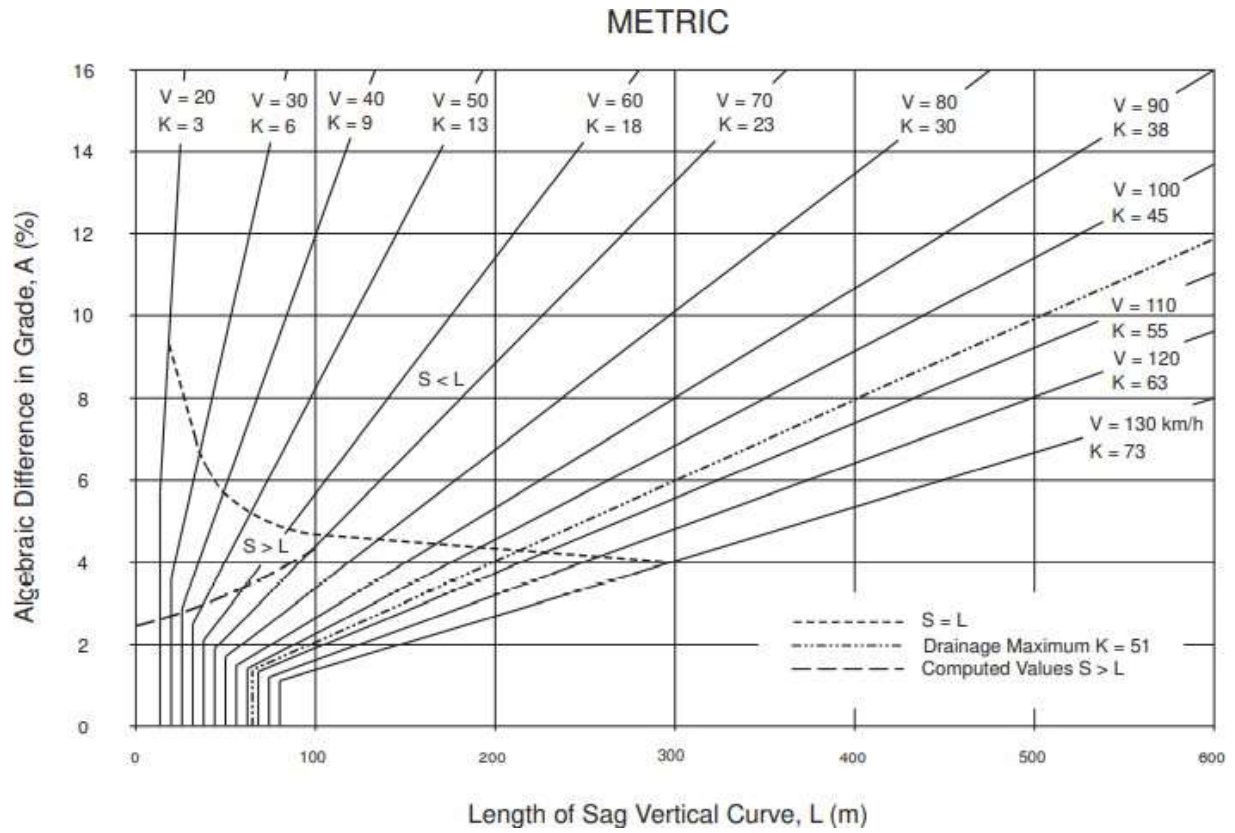
Anexo 14. Coeficiente K para curvas convexas en función de distancia de frenado

Table 3-34. Design Controls for Crest Vertical Curves

Metric			
Design Speed (km/h)	Stopping Sight Distance (m)	Rate of Vertical Curvature, K^D	
		Calculated	Design
20	20	0.6	1
30	35	1.9	2
40	50	3.8	4
50	65	6.4	7
60	85	11.0	11
70	105	16.8	17
80	130	25.7	26
90	160	38.9	39
100	185	52.0	52
110	220	73.6	74
120	250	95.0	95
130	285	123.4	124

- Coeficiente vertical de curvatura $K=L/A$

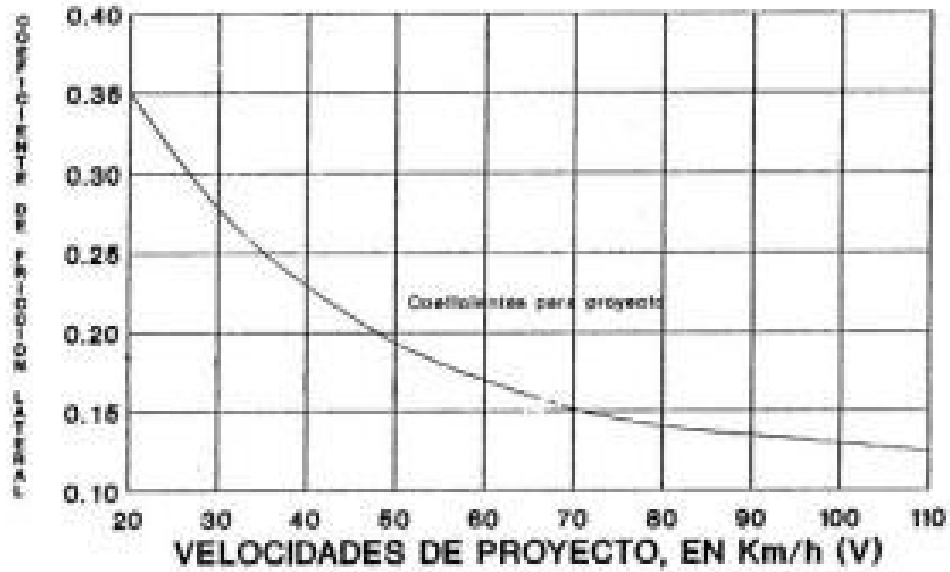
Anexo 15. Longitud de la curva para curvas cóncavas (Sag curvas)



Anexo 16. Tabla de radios mínimos de la AASHTO

Velocidad de Diseño km/h	"f" máximo m/m	Radio mínimo calculado (m)				Radio mínimo recomendado (m)			
		e = 0.100	e = 0.080	e = 0.060	e = 0.040	e = 0.100	e = 0.080	e = 0.060	e = 0.040
20	0.350	-	7.32	7.68	8.08	-	18	20	20
25	0.315	-	12.46	13.12	13.86	-	20	25	26
30	0.284	-	19.47	20.60	21.87	-	26	30	30
35	0.266	-	27.88	29.59	31.52	-	30	38	36
40	0.221	-	41.86	44.83	48.27	-	42	46	60
45	0.200	-	56.95	61.33	66.44	-	68	80	86
50	0.190	-	72.91	78.74	85.59	-	78	90	90
60	0.165	106.97	115.70	125.98	138.28	110	120	130	140
70	0.150	154.33	167.75	183.73	203.07	160	170	185	206
80	0.140	209.97	229.06	251.97	279.97	210	230	255	280
90	0.134	272.56	298.04	328.76	366.55	275	300	330	370
100	0.130	342.35	374.95	414.42	463.18	360	395	415	465
110	0.124	425.34	467.04	517.80	580.95	430	470	620	585
120	0.120	515.39	566.93	629.92	708.66	520	670	630	710

Anexo 17. Coeficiente de fricción lateral a diferentes velocidades de diseño



Anexo 18. Coeficiente de fricción lateral (f) de la AASTHO

Velocidad de diseño (km/h)	Coeficiente de Fricción lateral (f)
25	0.1740
30	0.1710
40	0.1650
50	0.1588
60	0.1524
70	0.1462
80	0.1400
90	0.1337
100	0.1274

Anexo 19. Longitud de espiral (Le)

Longitud de la espiral														
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

Anexo 158 Variación del valor del sobreebanco

VARIACION DEL VALOR DEL SOBREEBANCO PARA EL VEHICULO DE DISEÑO

Valor del sobreebanco para diferentes velocidades de diseño Número de carriles: 1
L(m)= 6

Radios(m)	20	25	30	35	40	45	50
18	1.50						
20	1.37	1.48					
25	1.13	1.23	1.33	1.43			
30	0.97	1.06	1.15	1.25			
35	0.86	0.94	1.03	1.11			
40	0.77	0.85	0.93	1.01			
42	0.74	0.82	0.89	0.97	1.05		
50	0.64	0.71	0.79	0.86	0.93		
56	0.59	0.66	0.72	0.79	0.86	0.92	
60	0.56	0.62	0.69	0.75	0.82	0.88	
70	0.50	0.56	0.62	0.68	0.74	0.80	
75	0.47	0.53	0.59	0.64	0.70	0.76	0.82
80	0.45	0.50	0.56	0.62	0.67	0.73	0.78
85	0.43	0.48	0.54	0.59	0.65	0.70	0.75
90	0.41	0.46	0.52	0.57	0.62	0.67	0.73
100	0.38	0.43	0.48	0.53	0.58	0.63	0.68
110	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.59	0.64
120	0.33	0.38	0.42	0.47	0.52	0.56	0.61
130	0.31	0.36	0.40	0.45	0.49	0.53	0.58
140	0.30	0.34	0.38	0.42	0.47	0.51	0.55
150		0.32	0.36	0.41	0.45	0.49	0.53
160		0.31	0.35	0.39	0.43	0.47	0.51
180			0.32	0.36	0.40	0.44	0.47
200				0.34	0.37	0.41	0.44
210				0.33	0.36	0.40	0.43
230				0.31	0.34	0.37	0.41
250					0.32	0.36	0.39
275					0.31	0.34	0.37
300						0.32	0.35
315						0.31	0.34
330						0.30	0.33
350							0.32
375							0.31
400							0.30
450							
500							

Anexo 159 Variación del valor del sobreebanco

VARIACION DEL VALOR DEL SOBREEBANCO PARA EL VEHICULO DE DISEÑO							
Valor del sobreebanco para diferentes velocidades de diseño Número de carriles: 2							
L(m)= 6							
Radios(m)	20	25	30	35	40	45	50
18	2,29	2,40	2,06	2,16	1,4	1,25	1,06
20	1,86	1,96	1,76	1,85	8	1,18	1,01
25	1,58	1,67	1,54	1,63	1,29	1,05	0,97
30	1,37	1,46	1,38	1,46	1,18	1,00	0,93
35	1,22	1,30	1,32	1,40	1,12	0,95	0,86
40	1,17	1,25	1,15	1,22	0,99	0,91	0,80
42	1,01	1,08	1,05	1,11	0,94	0,87	0,76
50	0,91	0,98	0,99	1,05	0,90	0,81	0,72
56	0,86	0,92	0,87	0,93	0,86	0,76	0,68
60	0,75	0,81	0,83	0,88	0,82	0,71	0,65
70	0,71	0,77	0,79	0,84	0,76	0,67	0,62
75	0,67	0,73	0,75	0,80	0,71	0,64	0,57
80	0,64	0,70	0,72	0,77	0,67	0,61	0,53
85	0,61	0,66	0,66	0,71	0,63	0,58	0,52
90	0,56	0,61	0,61	0,66	0,60	0,54	0,49
100	0,52	0,57	0,57	0,62	0,57	0,50	0,46
110	0,48	0,53	0,54	0,58	0,54	0,48	0,43
120	0,45	0,50	0,51	0,55	0,50	0,45	0,41
130	0,43	0,47	0,49	0,53	0,46	0,43	0,40
140	0,40	0,44	0,46	0,50	0,45	0,40	0,38
150	0,38	0,42	0,42	0,46	0,42	0,38	0,37
160	0,35	0,39	0,39	0,43	0,40	0,37	0,35
180	0,32	0,36	0,38	0,41	0,37	0,36	0,34
200	0,31	0,34	0,35	0,39	0,35	0,34	0,32
210		0,32	0,33	0,37	0,34	0,33	0,30
230		0,30	0,31	0,34	0,33	0,32	
250				0,32	0,32		
275				0,31	0,30		
300				0,30			
315							
330							
350							
375							
400							
450							
500							

Anexo 22. Variación del valor del sobreebanco

VARIACION DEL VALOR DEL SOBREENCHO PARA EL VEHICULO DE DISEÑO

Valor del sobreencho para diferentes velocidades de diseño

Número de carriles: 2

L(m)= 6

Radios(m)	60	70	80	90	100	110	120
110	0,90	0,78	0,72	0,67			
120	0,85	0,68	0,65	0,64			
130	0,80	0,65	0,61	0,58			
140	0,76	0,59	0,58	0,54			
150	0,73	0,55	0,53	0,52			
160	0,70	0,52	0,49	0,46			
200	0,60	0,48	0,47	0,43			
210	0,59	0,44	0,42	0,39			
250	0,52	0,42					
275	0,49						
300	0,47						
350	0,42						
400					0,64		
430					0,59	0,61	0,60
520					0,57	0,55	0,55
600					0,51	0,51	0,50
700					0,47	0,47	0,47
800					0,43	0,43	0,44
900					0,40	0,41	0,42
1000							
1100							
1200							
1300							
1400							
1500							

Anexo 23. Anexo 2-R Valores de diseño recomendados para carreteras de dos carriles de la MOP (2003)



República del Ecuador
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

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

NORMAS	CLASE I					CLASE II					CLASE III					CLASE IV					CLASE V																													
	3 000 - 8 000 TPDA ⁽¹⁾										1 000 - 3 000 TPDA ⁽¹⁾										300 - 1 000 TPDA ⁽¹⁾										100 - 300 TPDA ⁽¹⁾										MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾									
	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	RECOMENDABLE	ABSOLUTA																		
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25 ⁽²⁾	60	50	40	50	35	25 ⁽²⁾																				
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20 ⁽³⁾																				
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25																				
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	110	150	110																				
Peralte	MAXIMO = 10%																																																	
Coefficiente "K" para: ⁽²⁾	100% (Para V > 50 K.P.H.) 80% (Para V < 50 K.P.H.)																																																	
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	5	2	12	7	4	7	3	2																				
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3																				
Gradiente longitudinal ⁽³⁾ máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	6	8	5	6	8	6	8	14																			
Gradiente longitudinal ⁽³⁾ mínima (%)	0,5%																																																	
Ancho de pavimento (m)	7,3					7,3					7,0					6,70					6,00					6,00					4,00 ⁽⁴⁾																			
Clase de pavimento	Carpetas Asfálticas y Hormigón										Carpetas Asfálticas										Carpetas Asfálticas o D.T.S.B.										D.T.S.B. Capa Granular o Empedrado										Capa Granular o Empedrado									
Ancho de espaldones ⁽⁵⁾ estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60	(C.V. Tipo 6 y 7)	---										4,0																			
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0																																																	
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 ⁽⁶⁾ - 4,0										2,0 - 4,0										2,0 - 4,0										4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)										---									
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 serían 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: $L = K \cdot A$, 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 la 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 la 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, úsense dos aceras completas de 1,20 m de ancho.
- 8) Para tramos largos con este ancho, debe ensancharse la calzada a intervalos 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.