

CREACIÓN DE APLICATIVOS CON LA PLATAFORMA CIVIL 3D, PARA DISEÑO  
GEOMÉTRICO DE VÍAS DE CUARTA GENERACIÓN



ING. HENRY VLADIMIR CRUZ CRUZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
DEPARTAMENTO DE POSTGRADOS  
MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES

BOGOTÁ

2014

CREACIÓN DE APLICATIVOS CON LA PLATAFORMA CIVIL 3D, PARA DISEÑO  
GEOMÉTRICO DE VÍAS DE CUARTA GENERACIÓN



ING. HENRY VLADIMIR CRUZ CRUZ

TRABAJO FINAL DE GRADO EN LA MODALIDAD DE PROFUNDIZACIÓN PARA  
OPTAR EL TÍTULO DE MAGISTER EN CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.

Director

Jairo Alberto Espejo

Ingeniero Civil

Magister en Ingeniería Civil – Infraestructura Vial

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

DEPARTAMENTO DE POSTGRADOS

MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES

BOGOTÁ

2014

Nota de aceptación

---

---

---

---

Director. Ing. M.I. Jairo Alberto Espejo

---

Jurado.

Bogotá, Agosto de 2014

## *Dedicatoria*

*Este documento está dedicado a todos los profesionales colombianos que han hecho de la ingeniería de vías un pilar de calidad y cumplimiento a nivel mundial.*

## AGRADECIMIENTOS.

El autor Henry Cruz expresa sus agradecimientos a sus padres e hijos y a todas aquellas personas que de una u otra manera han colaborado en la realización de este documento.

## Contenido

1. FUNDAMENTACIÓN.....	16
INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	18
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	19
1.3. OBJETIVOS.....	20
1.3.1. General.....	20
1.3.2. Objetivos Específicos .....	20
1.4. ALCANCE.....	21
1.5. ANTECEDENTES.....	22
2. MARCO TEÓRICO.....	24
2.1. CONCEPTOS BÁSICOS DISEÑO GEOMÉTRICO.....	24
2.1.1. Diseño Horizontal.....	24
2.1.2. Diseño Vertical.....	26
2.1.3. Diseño Transversal.....	28
3. METODOLOGIA Y CRONOGRAMA.....	29
3.1. DESCRIPCIÓN METODOLOGIA DEL PROYECTO.....	29
3.2. CRONOGRAMA DEL PROYECTO .....	31
4. CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO VÍAS DE CUARTA GENERACIÓN EN COLOMBIA .....	32
4.1. DISEÑO HORIZONTAL.....	33
4.1.1. Criterios para utilización de curvas horizontales.....	33
4.1.2. Radios mínimos.....	33
4.1.3. Utilización de puntos de quiebre horizontal.....	34
4.1.4. Definición de longitud de curvas espirales de transición.....	34
4.1.5. Entre tangencia mínima y máxima.....	35
4.1.6. Longitud mínima de curva circular.....	36
4.2. DISEÑO VERTICAL .....	36
4.2.1. Utilización de puntos de quiebre vertical.....	36

4.2.2.	Pendiente longitudinal. ....	36
4.2.3.	Longitud de curvas verticales. ....	38
4.3.	DISEÑO TRANSVERSAL.....	40
4.3.1.	Calculo de peralte.....	40
4.3.2.	Pendiente relativa de rampas de peralte.....	40
4.3.3.	Bombeo normal. ....	41
4.3.4.	Sobre ancho en curvas horizontales. ....	41
4.3.5.	Distancia de visibilidad de parada. ....	41
4.3.6.	Distancia de visibilidad de adelantamiento.....	42
4.4.	SECCIÓN TRANSVERSAL.....	43
4.4.1.	Sección a camino abierto.....	43
4.4.2.	Sección Túnel.....	43
4.5.	RESUMEN TÉCNICO CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO VÍAS CUARTA GENERACIÓN.....	44
5.	DESCRIPCIÓN Y PRESENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA CIVIL 3D	45
5.1.	CONFIGURACIÓN GENERAL DE ARCHIVO DE TRABAJO.....	45
5.2.	MANEJO DE MODELOS DIGITALES DE TERRENO.....	45
5.3.	ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....	46
5.4.	ALINEAMIENTO VERTICAL.....	47
5.5.	DISEÑO TRANSVERSAL (ENSAMBLAJES).....	48
5.6.	OBRAS LINEALES (CORREDOR).....	49
6.	REGIONALIZACIÓN DEL SOFTWARE CIVIL 3D POR MEDIO DE ARCHIVOS DE NORMAS Y CRITERIOS DE REVISIÓN.....	50
6.1.	CREACIÓN DE ARCHIVO DE NORMAS PARA CIVIL 3D 2014 VÍAS CUARTA GENERACIÓN.....	50
6.2.	CRITERIOS DE REVISIÓN VÍAS CUARTA GENERACIÓN.....	52
6.2.1.	Criterios de revisión horizontal. ....	52
6.2.2.	Criterios de Revisión Vertical.....	53

7.	DESARROLLO DE MÓDULOS PARA EXTRACCIÓN DE REPORTES SEGÚN CRITERIOS INVIAS A NIVEL HORIZONTAL, VERTICAL Y TRANSVERSAL.....	54
7.1.	MODULO EXTRACCIÓN DE REPORTES HORIZONTAL .....	54
7.1.1.	Descripción modulo geometría horizontal. ....	57
7.2.	MODULO EXTRACCIÓN DE REPORTES A NIVEL VERTICAL .....	60
7.2.1.	Descripción Modulo geometría vertical.....	63
7.3.	MODULO EXTRACCIÓN DE REPORTES TRANSVERSAL .....	64
7.3.1.	Descripcion modulo geometría transversal .....	66
8.	DESARROLLO DE AYUDAS EN CIVIL 3D PARA VÍAS DE CUARTA GENERACIÓN	67
8.1.	PLANTILLA PARA GENERACIÓN DE PLANOS PLANTA PERFIL.....	67
8.2.	PLANTILLA PARA GENERACIÓN DE PLANOS DE SECCIONES TRANSVERSALES .....	70
8.3.	PROGRAMACIÓN LISP PARA ROTULADO DE SECCIONES TRANSVERSALES	71
8.4.	LISTA DE ESTILOS EN CIVIL 3D PARA PLANTA PERFIL.....	71
8.5.	CREACIÓN DE ENSAMBLAJES PARA VÍAS DE CUARTA GENERACIÓN EN CIVIL 3D.....	72
8.6.	CREACIÓN DE AYUDAS A PARTIR DE DISTANCIAS DE VISIBILIDAD PARA CRITERIOS DE SEÑALIZACIÓN EN CIVIL 3D.....	73
8.6.1.	Insumos necesarios para extracción de distancias de visibilidad en civil 3d.....	73
8.6.2.	Procedimiento para extracción de distancias de visibilidad en civil 3d.....	74
8.7.	ELABORACIÓN DE AYUDAS VISUALES PARA CREACIÓN DE DISEÑO EN CIVIL 3D.....	77
8.7.1.	Recursos Informáticos especificaciones técnicas computador .....	78
8.7.2.	Manuales de referencia en diseño geométrico utilizables .....	78
8.7.3.	Insumos de referencia para diseño geométrico.....	78
8.7.4.	Lista de videos a entregar .....	78
9.	CONCLUSIONES.....	80
10.	RESULTADOS .....	81

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Normatividad base Civil 3d .....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 2. Kits de diseño existentes para civil 3d .....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 3. Esquema curva circular .....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 4. Esquema curva espiral circular espiral .....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 5. Curva vertical elementos característicos.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 6. Transición de peralte elemento característicos.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 7. Cronograma del proyecto.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 8. Longitud crítica de pendiente.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 9. Valor K máximo curvas convexas .....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 10. Valor K máximo curvas cóncavas .....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 11. Ventana creación archivo de normas.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 12. Ventana criterios de revisión horizontal vías cuarta generación .....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 13. Criterios de revisión vertical vías cuarta generación .....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 14. Acceso reporte alineamiento horizontal Civil 3d 2014 .....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 15. Creación reporte alineamiento horizontal .....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 16. Reporte alineamiento horizontal.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 17. Modulo alineamiento horizontal.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 18. Modulo alineamiento horizontal número de filas .....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 19. Modulo alineamiento horizontal.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 20. Acceso reporte alineamiento vertical Civil 3d 2014 .....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 21. Creación reporte alineamiento vertical.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 22. Reporte alineamiento vertical.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 23. Modulo alineamiento vertical .....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 24. Reporte alineamiento vertical .....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 25. Acceso reporte alineamiento transversal Civil 3d 2014 .....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 26. Creación reporte alineamiento transversal.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 27. Reporte Alineamiento transversal.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 28. Plantilla para planos planta perfil. ....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 29. Cuadro parámetros de diseño en plantilla planta perfil.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 30. Bloque de convenciones en planta, plantilla planta perfil.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 31. Bloque sección transversal típica en plantilla planta perfil.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 32. Bloque de convenciones en perfil, plantilla planta perfil.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 33. Bloque de convenciones diagrama de peraltes en plantilla planta perfil.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 34. Plantilla para planos de secciones transversales .....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 35. Sección a camino abierto una calzada .....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 36: Sección túnel una calzada .....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 37: Sección puente una calzada. ....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 38. Distancia de visibilidad de adelantamiento ventana 1 .....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 39. Distancia de Visibilidad de adelantamiento ventana 2.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 40. Distancia de visibilidad de adelantamiento ventana 3 .....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 41. Reporte distancias de adelantamiento .....</i>	<i>76</i>

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Tramos pioneros vías cuarta generación Colombia.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 2. Criterio de utilización de tipo de curva según deflexión .....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 3. Radios mínimos según velocidad vías de cuarta generación.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 4. Radios mínimos para deflexión entre 2 a 6 grados vías de cuarta generación .....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 5. Longitud espiral mínima vías cuarta generación.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 6. Longitud espiral máxima vías cuarta generación.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 7. Entre tangencias vías cuarta generación.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 8. Longitud mínima de curva circular vías cuarta generación.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 9. Pendiente longitudinal máxima vías cuarta generación .....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 10. Valor K mínimo vías cuarta generación.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 11. Valor k máximo vías cuarta generación .....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 12. Pendiente relativa rampa de peraltes vías cuarta generación.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 13. Distancia de visibilidad de parada vías cuarta generación.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 14. Distancia visibilidad de adelantamiento vías cuarta generación .....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 15. Características técnicas sección transversal camino abierto vías cuarta generación .....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 16. Características técnicas sección transversal túnel vías cuarta generación .....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 17. Requisitos técnicos vías cuarta generación mínimos .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 18. Parámetros de entrada archivo de normas vías cuarta generación.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 19. Tabla lista de criterios horizontales de revisión vías cuarta generación .....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 20. Lista de criterios verticales de revisión vías cuarta generación.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 21. Datos generales de geometría horizontal modulo alineamiento horizontal .....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 22. Datos generales de segmento circular modulo alineamiento horizontal. ....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 23. Datos generales de segmento espiral modulo alineamiento horizontal. ....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 24. Datos generales de abscisado modulo alineamiento horizontal.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 25. Datos generales de geometría vertical.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 26. Datos generales de geometría transversal en cada abscisa.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 27. Lista de estilos personalizados vías cuarta generación .....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 28. Lista de insumos necesarios para análisis de distancia de adelantamiento en civil 3d.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 29. Ejemplo distancia de adelantamiento .....</i>	<i>77</i>

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Acuadelemcurhor4gMacro Para La Generación De Cuadro De Geometría Horizontal .....	84
ANEXO 2. Acuadelemcurver4gMacro Para La Generación De Cuadro De Geometría Vertical .....	109
ANEXO 3. Lisp Programación planos de secciones transversales.....	113

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS**  
**DEPARTAMENTO DE POSTGRADOS**



**MAESTRÍA EN OBRAS VIALES**

**RESUMEN ANALÍTICO EJECUTIVO - RAE**

**1. IDENTIFICACIÓN**

- 1.1. Creación de aplicativos con la plataforma Civil 3d, para diseño geométrico de vías de cuarta generación**
- 1.2. Autor corporativo**  
Ing. Esp. Henry Vladimir Cruz Cruz
- 1.3. Nombre del Tutor**  
Ms.C Ing. Jairo Alberto Espejo
- 1.4. Programa**  
Maestría en construcción de obras viales
- 1.5. Área de énfasis**  
Diseño geométrico de infraestructura vial
- 1.6. Institución a la cual se presenta el trabajo**  
Universidad Santo Tomas
- 1.7. Lugar y fecha de edición**  
Bogotá, Septiembre de 2014
- 1.8. Número de páginas**  
115

## **2. ANÁLISIS**

### **2.1. Palabras claves o descriptores**

Diseño geométrico vial

Vías de Cuarta Generación

Software de diseño

Civil 3d

### **2.2. Resumen o descripción breve del trabajo**

Uno de los mayores inconvenientes que tienen los ingenieros de diseño geométrico de vías en Colombia es que los programas especializados en el tema son desarrollados en otros países y se basan en la normatividad propia del país de origen del desarrollador. El desarrollo de este proyecto de grado ofrece algunos aplicativos para el desarrollo de proyectos de diseño geométrico en el programa Civil 3D, para proyectos de cuarta generación, utilizando la normatividad vigente en Colombia. Para tal fin se establecieron los parámetros de diseño establecidos en los términos de referencia del proyecto 4G Mulalo - Loboguerrero, y sobre estos se realizaron los aplicativos. Con el uso de los aplicativos se redujeron los tiempos de revisión de proyecto de diseño geométrico en Civil 3D en más de un 50% y la elaboración de diseños geométricos en más de 30%.

### **2.3. Abstract**

One of the biggest drawbacks related to geometric design of roads in Colombia is that specialized programs are developed in other countries and are based on their own policy. This report offers some applications for projects that belong to the fourth generation in the Software Civil 3D, using Colombian law. For this purpose it was set up design parameters based on the terms of reference of the 4G Mulalo - Loboguerrero Project. With the use of these applications the review document time for geometric design projects in Civil 3D was reduced by more than 50% and the development time of geometric designs in over 30%.

## **2.4. Contenido**

El presente documento consta el siguiente contenido:

- Fundamentación teórica
- Método
- Guía básica de aplicación de módulos y generación de diseño geométrico a través del software CIVIL 3D

## **2.5. Metodología**

El desarrollo del presente trabajo se desarrolló a través de una investigación de tipo documental, en la cual se hizo necesario realizar la recopilación de información primaria mediante libros, manuales y páginas web. Como resultado de esta actividad ventajas y desventajas en el uso del software para establecer la guía básica en función de los componentes de diseño geométrico vial básicos. Adicionalmente se identificó la necesidad de generar ayudas visuales para guiar al lector en el proceso de aprendizaje del uso de aplicativos que faciliten el uso del software en vías de cuarta generación.

## **2.6. Conclusiones y recomendaciones del trabajo**

- Mediante el documento escrito, ayudas visuales y esta presentación se busca otorgar un documento base de consulta para los profesionales enfocados en el uso del software civil 3d en uso de aplicativos adicionales que faciliten la labor del ingeniero al momento de desarrollar diseño geométrico en vías de cuarta generación asistido por computador.
- También se recurrió al uso de ayudas visuales para facilitar la comprensión de los procedimientos llevados a cabo durante cada uno de los capítulos documentados
- Mediante el documento escrito se plasmaron los conceptos básicos con los cuales deben contar un ingeniero que se desempeñe en las fases de planeación, diseño y construcción de infraestructura vial de cuarta generación en el país aplicada en civil 3d.

# 1. FUNDAMENTACIÓN

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo pretende desarrollar módulos aplicativos dentro del programa de diseño civil 3d 2014, para optimizar los diseños geométricos enfocados en vías de cuarta generación de acuerdo a la normatividad vigente según INVIAS (entidad a cargo de normativa vigente para diseño geométrico en Colombia).

Los diferentes programas utilizados como herramientas para el diseño de vías, son generados de acuerdo a la normatividad y características topográficas de las zonas en donde se desarrollan. Si bien las herramientas informáticas para la generación de diseños de infraestructura vial, se han desarrollado tomando como base la normatividad generada por la AASHTO 2004. Del cual Civil 3D no es la excepción, se hace necesario personalizar la herramienta a nuestras condiciones y en especial al tipo de infraestructura vial que el país requiere.

Es necesario en primera instancia adaptar el programa a la normativa vigente en el país ya que el software cuenta con normativa AASHTO 2004, la cual no es la utilizada en Colombia.

Debido a esta condición en particular es necesaria una repotencialización del software, creando rutinas y programas adicionales que permitan utilizar dicha herramienta para el diseño óptimo de los proyectos que el país va a generar, en este caso vías de cuarta generación.

Esta tesis pretende abordar los siguientes temas a tratar.

- Elaborar una serie de conceptos y palabras clave dentro de este documento para fácil entendimiento de uso del software.
- Enunciar conceptos acerca de diseño geométrico en vías de cuarta generación en Colombia.
- Presentar normativa aplicable resumen a vías de cuarta generación según manual INVIAS versión 2008 y complementado con la norma AASHTO 2011.
- Describir y presentar el software Civil 3d en sus diferentes usos enfocado exclusivamente al diseño geométrico.
- Regionalizar el software por medio de archivos de normas y criterios de revisión a nivel horizontal, vertical y transversal en vías de cuarta generación.
- Generar un manual de uso básico de los aplicativos planteados, para la elaboración de diseños de cuarta generación, entendiéndose diseño horizontal, vertical y transversal.

- Desarrollo de módulos a nivel horizontal que permitan extraer reportes de diseño de acuerdo a normatividad INVIAS enfocado a vías de cuarta generación.
- Desarrollo de módulos a nivel vertical que permitan extraer reportes de diseño de acuerdo a normatividad INVIAS enfocado a vías de cuarta generación.
- Desarrollo de módulos a nivel transversal y desarrollo de sobre anchos que permitan extraer reportes de diseño así como su implementación de acuerdo a normatividad INVIAS enfocado a vías de cuarta generación.
- Desarrollo de modulo para revisión de criterios de señalización horizontal y vertical en vías de cuarta generación.
  - Desarrollo de modulo para elaboración de planos planta perfil y de secciones transversales con el software aplicable según normativa INVIAS.
  - Desarrollo de videos para la generación de diseños geométricos en vías de cuarta generación a partir del diseño de una vía de ejemplo de un tramo con longitud aproximada 2.5 kilómetros.

Cabe mencionar que este es una herramienta de trabajo la cual complementara el software, no se pretende su modificación a nivel de programación. Estos aplicativos se harán bajo la adquisición de una licencia propia del software para el desarrollo del presente documento.

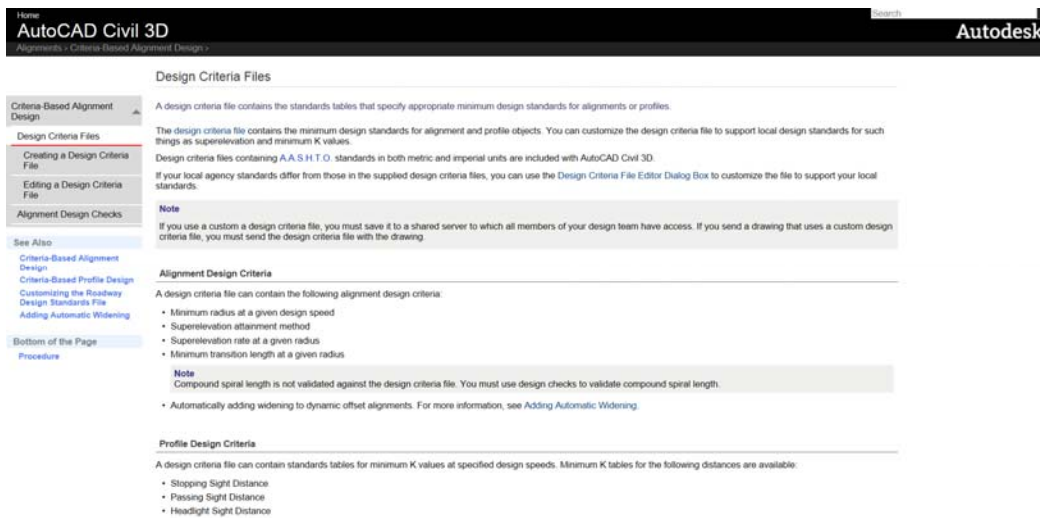
Desde ningún punto de vista este proyecto pretende sustituir el buen criterio del ingeniero al momento de elaborar diseños en infraestructura vial.

Este documento va enfocado a profesionales de ingeniería los cuales tienen conocimiento acerca del uso del software.

## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los diferentes programas utilizados como herramientas para el diseño de vías, son generados de acuerdo a la normatividad y características topográficas de las zonas en donde se desarrollan. Si bien las herramientas informáticas para la generación de diseños de infraestructura vial, se han desarrollado tomando como base la normatividad generada por la AASHTO 2004 (Figura 1) del cual Civil 3D no es la excepción, se hace necesario personalizar la herramienta a nuestras condiciones y en especial al tipo de infraestructura vial que el país requiere.

Figura 1. Normatividad base Civil 3d



Fuente: Elaboración propia.

El programa Civil 3D es de los más usados para el diseño geométrico, debido a su fácil adquisición, a la popularidad a nivel mundial de sus creadores (Autodesk) como desarrolladores de programas de herramientas para la elaboración de proyectos de infraestructura y finalmente a la compra por parte de Autodesk de otros programas como el Eagle Point. Otros programas como el Clip (programa desarrollado en España), Eagle Point (programa desarrollado en los Estados Unidos), CM-SCT (programa desarrollado en México) y otros, no han tenido tanta difusión en nuestro medio.

Finalmente el Civil 3D, trabaja sobre la plataforma AutoCAD, archivos completamente compatibles con la plataforma de dibujo más conocida en el medio, archivos dwg y dxf y exportación de datos en formato XML que son reconocidos por casi cualquier programa de diseño.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Ante la imperiosa necesidad que tenemos actualmente en el país de planear, diseñar y construir una adecuada infraestructura vial que permita el desplazamiento de personas y vehículos en el país en forma segura y cómoda. Se debe contar con ingenieros enfocados en la generación y análisis de soluciones factibles técnica y económicamente que sean capaces de utilizar las ayudas computacionales actuales de forma eficiente.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. General**

Regionalización del programa Civil 3D para la realización de diseños geométricos de vías de cuarta generación de acuerdo a la normatividad vigente.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

Regionalizar las tablas, de criterios de Civil 3D para diseño, acorde a la normatividad existente.

Desarrollar los módulos para civil 3D que permitan extraer reportes de diseño geométrico basado en la normatividad vigente para vías de cuarta generación.

Generar un manual de utilización del Civil 3D, para la utilización en diseños viales de cuarta generación.

#### **1.4. ALCANCE**

Crear los aplicativos basados en la normatividad vigente, para generar los diseños geométricos de vías de tal manera que se pueda aprovechar y optimizar el uso de la herramienta informática civil 3D.

Desde ningún punto de vista este proyecto pretende sustituir el buen criterio del ingeniero de diseño.

De igual manera es importante aclarar que tampoco se pretende hacer modificaciones al programa Civil 3D, lo que se pretende es, mediante el uso de los aplicativos internos, personalizar la herramienta con la normatividad y criterios necesarios para que esta herramienta sirva en el diseño de vías de cuarta generación.

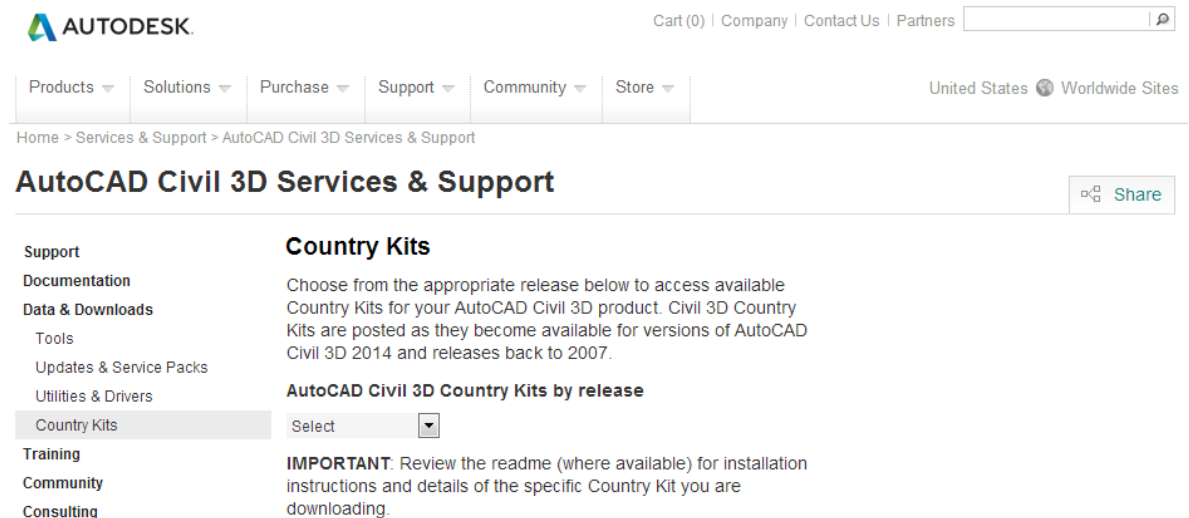
Finalmente se generará un manual de usuario específico para uso de los aplicativos creados para el diseño geométrico de vías de cuarta generación.

## 1.5. ANTECEDENTES

Desde el año 2004, fecha en que se lanzó el civil 3D 2004, el programa se ha basado en la normatividad americana AASHTO 2001 pasando por las diferentes versiones de esta norma, en la última versión presentada (CIVIL 3D 2014) el programa utiliza como bases de criterio para el diseño geométrico de carreteras la versión 2004 de la AASHTO.

Sin embargo a partir del 2007, se ha generado la necesidad de incluir en el programa normatividades de diferentes países y así poder personalizar el programa a las condiciones propias de los mismos. Por tal motivo Autodesk en su página oficial (Figura 2) hace entrega (descargables) de los aplicativos generados por diferentes autores con los criterios propios de diferentes países.

Figura 2. Kits de diseño existentes para civil 3d



The screenshot shows the Autodesk website interface. At the top, there is the Autodesk logo and navigation links for Cart (0), Company, Contact Us, and Partners. Below this is a secondary navigation bar with dropdown menus for Products, Solutions, Purchase, Support, Community, and Store. The main heading is 'AutoCAD Civil 3D Services & Support'. A sidebar on the left lists various support categories: Support, Documentation, Data & Downloads (with sub-items Tools, Updates & Service Packs, Utilities & Drivers, and Country Kits), Training, Community, and Consulting. The 'Country Kits' section is highlighted, containing text about choosing kits for different AutoCAD Civil 3D versions and a dropdown menu to select a country. An important note is also present, advising users to read the readme for installation details.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se presentan los antecedentes desde el 2007, de los aplicativos generados para la realización de diseños geométricos en Civil 3D.

Para Civil 3D 2007, se generaron los Kits country de Australia, Reinos Unidos, Francia, Alemania, Hungría, Italia, Japón, Polonia, España y Suiza.

Para el Civil 3D 2008, se crearon los aplicativos para Nueva Zelanda, República Checa, India, Correa, Rumania, Rusia y Suecia.

Para Civil 3D 2009, se generaron los paquetes de criterios de diseño para Dinamarca, Bélgica y Países Bajos, Hungría, Sudáfrica e Irlanda.

Para civil 3D 2010, se generaron módulos para Canadá y Noruega.

Para civil 3D 2011, se realizaron actualizaciones es de los módulos para Francia, Alemania, Hungría y Suiza.

Para civil 3D 2012, se realizaron los aplicativos para Brasil

Para civil 3D 2013, se realizaron los aplicativos para México.

En la actualidad se presentan los aplicativos actualizados para Bélgica, Brasil, Dinamarca, México, Holanda, Sudáfrica, reinos unidos, Irlanda e India.

Hasta la presente versión del programa, Autodesk no ha incluido aplicativos para regionalizar el Civil 3D con la normatividad vigente en Colombia.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. CONCEPTOS BÁSICOS DISEÑO GEOMÉTRICO

#### 2.1.1. Diseño Horizontal<sup>1</sup>.

Las vías en diseño horizontal presentan los siguientes conceptos básicos:

**Tangentes:** las tangentes 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 le representa como PI, y al Angulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa mediante  $\Delta$  (DEFLEXIÓN).

**Curvas circulares:** Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas. Las curvas circulares pueden ser simples o compuestas, según se trate de un solo arco de <sup>2</sup>círculo o de dos o más sucesivos, de diferente radio. Las curvas circulares presentan los siguientes elementos principales característicos:

- **Grado de curvatura:** Es el ángulo subtendido por una cuerda de 20 metros. (Gc)
- **Radio de la curva:** Radio de la curva circular. (R)
- **Deflexión:** Angulo formado por la prolongación de una tangente y la siguiente. ( $\Delta$ )
- **Longitud de la curva:** Es la longitud del arco entre el PC y el PT. (Lc)
- **Tangente o subtangente:** Es la distancia entre el PI y el PC o PT, medida sobre la prolongación de las tangentes. (T)
- **Externa:** Es la distancia mínima entre el PI y la curva. (E)
- **Cuerda:** Es la recta comprendida entre dos puntos de la curva. (C)

---

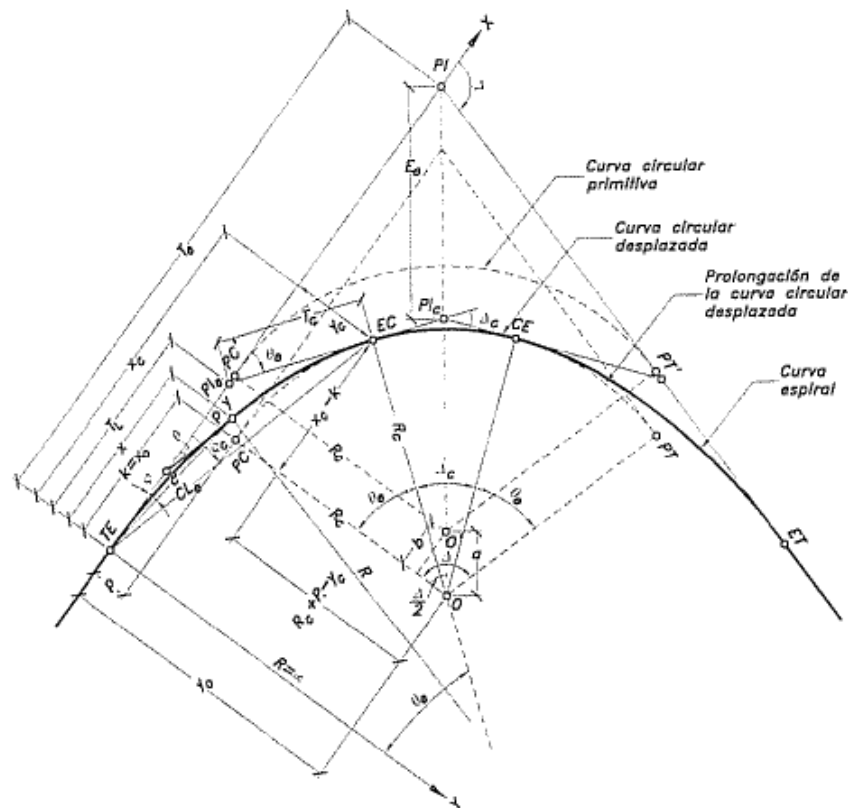
<sup>1</sup>(CARDENAS GRISALES), James, Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá D.C.: 2002. p 34, 35, 203, 204, 205.

<sup>2</sup>(RODRIGUEZ RUFINO), Carreteras. México, Mérida. 2005. Vol. 8, p. 172.



- $\Theta_e$ : Angulo de la espiral. Angulo entre la tangente a la espiral en el TE y la tangente en el EC.
- $\Delta_c$ : Deflexión circular: Angulo central de la curva circular con transiciones.
- $L_e$ : Longitud de la espiral. Distancia desde el TE al EC.

Figura 4. Esquema curva espiral circular espiral



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras (James Cárdenas).

### 2.1.2. Diseño Vertical<sup>4</sup>.

Las vías en diseño vertical están constituidas por los siguientes criterios a nivel vertical:

**Tangente vertical:** Las tangentes verticales sobre un plano se caracterizan por su longitud y su pendiente, y están limitadas por dos curvas sucesivas. Una tangente

<sup>4</sup>(CARDENAS GRISALES) James, Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá D.C: 2002. p 266-270.

vertical es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente.

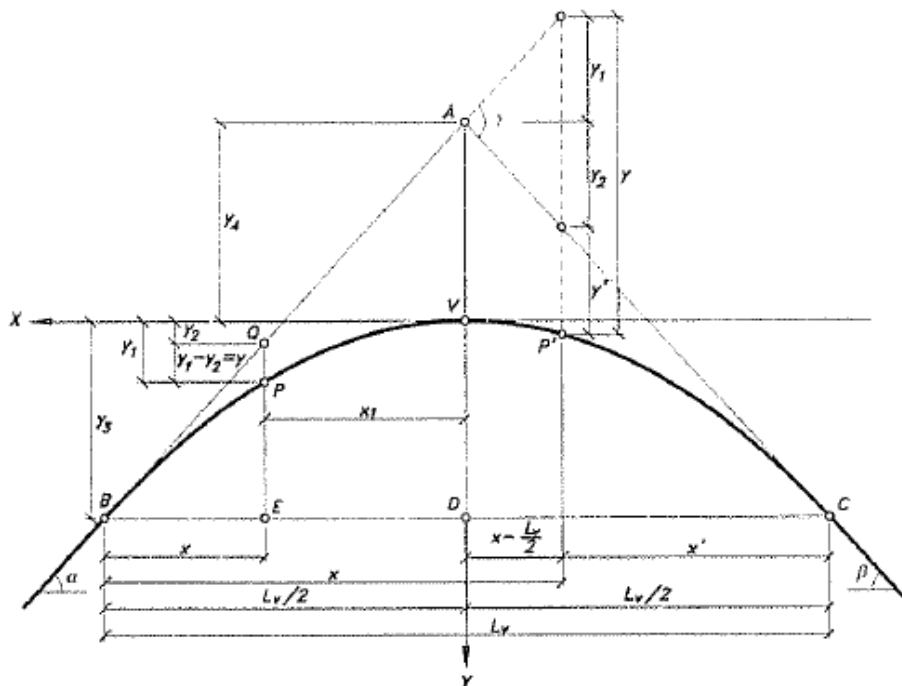
**Pendiente de la tangente vertical:** La pendiente de la tangente vertical es la relación entre el desnivel y la distancia horizontal entre dos puntos de la misma.

**Curva Vertical:** es aquel elemento de diseño en perfil que permite el enlace de dos tangentes verticales consecutivas, tal que a lo largo de su longitud se efectuó un cambio gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la pendiente de la tangente de salida de tal forma que facilite la operación vehicular de manera segura y confortable medida desde el PCV (punto de comienzo curva vertical) a PTV (punto de terminación curva vertical).

**Externa:** Es la distancia vertical del punto de intercepción vertical (PIV) a la curva. Siendo el PIV (punto donde se interceptan las dos tangentes verticales).

**Pendiente longitudinal:** Las pendientes de los tramos rectos se expresan en porcentajes y corresponden a la cantidad de metros (altura) de ascenso o descenso por cada metro que se recorre horizontalmente.

Figura 5. Curva vertical elementos característicos



Fuente Diseño Geométrico de Carreteras (James Cárdenas).

### 2.1.3. Diseño Transversal<sup>5</sup>.

Las vías están constituidas por los siguientes criterios a nivel transversal:

**Transición de Peralte:** Tramo de la vía en la que es necesario realizar un cambio de inclinación de la calzada, para pasar de una sección transversal con bombeo normal a otra con peralte, se define esta distancia como longitud total de transición ( $L_t$ ).

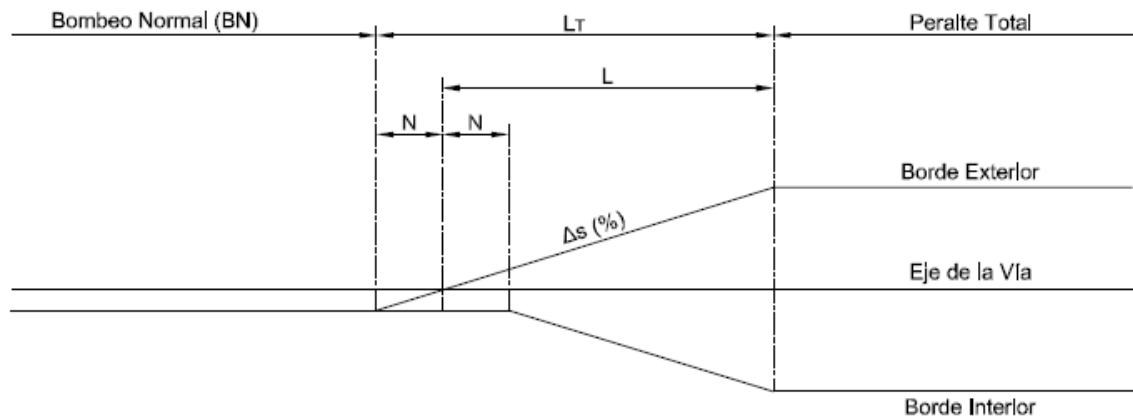
**Bombeo:** Pendiente transversal en las entre tangencias horizontales de la vía, que tiene por objeto facilitar el escurrimiento superficial del agua. Está pendiente, va generalmente del eje hacia los bordes (B).

**Longitud de Aplanamiento:** Longitud necesaria para que el carril exterior pierda su bombeo o se aplane con respecto al eje de rotación (N).

**Peralte Máximo:** Inclinación dada al perfil transversal de una carretera en los tramos en curva horizontal para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo en movimiento. También contribuye al escurrimiento del agua lluvia.

**Rampa de Peralte:** Se define la rampa de peralte como la diferencia relativa que existe entre la inclinación del eje longitudinal de la calzada y la inclinación del borde de la misma ( $\Delta s$ ).

Figura 6. Transición de peralte elemento característicos



Fuente Invias 2008.

<sup>5</sup>(CARDENAS GRISALES) James, Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá D.C: 2002. p 160-163.

### 3. METODOLOGIA Y CRONOGRAMA

#### 3.1. DESCRIPCIÓN METODOLOGIA DEL PROYECTO

La metodología propuesta para el desarrollo del proyecto de grado se aborda en tres fases, a continuación se hace la descripción:

FASE I: Esta fase está referida a la fundamentación teórica necesaria para realizar este proyecto con respecto a criterios a nivel horizontal, vertical y transversal en diseño geométrico de vías en proyectos de cuarta generación en Colombia, a continuación se establecen los aspectos más relevantes para abordar esta fase.

Se recopiló información de los principales manuales de diseño geométrico

- Invias 1998
- Invias 2008
- AASHTO 2004
- AASHTO 2011

Con respecto a estas manuales se tuvo en cuenta principalmente los siguientes conceptos:

- Unidades principales establecidas para cada manual respecto a longitud, área, volumen, velocidad y medidas angulares.
- Rangos de velocidad de diseño, radios mínimos según velocidad de diseño, longitudes de espirales de transición mínimas, valores de peralte según radios y velocidad de diseño, parámetros K para diseño en vertical según velocidad.
- Valores de entretangencia mínima y máxima, distancias de visibilidad a considerar, desarrollo de peralte.
- Tipos de sección transversal típicos a considerar, valores de sobre-ancho.

Una vez establecidos estos parámetros se revisan las principales características de los proyectos existentes en Colombia acerca de vías de cuarta generación y se unificaron los conceptos y se presentaron en el capítulo llamado "CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO VÍAS DE CUARTA GENERACIÓN EN COLOMBIA" la cual de manera generalizada presentara los criterios en diseño geométrico necesarios para desarrollar diseño geométrico en infraestructura vial en vías de cuarta generación en Colombia.

FASE II: esta fase es referida al desarrollo de los diversos aplicativos desarrollados para el desarrollo de diseño geométrico de vías de cuarta generación en Civil 3d, esta serie de aplicativos para validar su funcionamiento es necesario realizar pruebas de escenario donde se revisen posibles inconvenientes y funcionamiento de los mismos.

En esta fase se desarrollaron diferentes ayudas, a continuación se hace una descripción:

- Creación de archivo XML de normativa para vías de cuarta generación aplicable en civil 3d
- Desarrollo de criterios de revisión en civil 3d.
- Creación de estilos de anotación a nivel horizontal, vertical y transversal.
- Creación de ensamblajes típicos necesarios.
- Creación de plantillas para planos planta perfil y secciones transversales
- Creación de programación tipo Visual Basic en Microsoft para personalización de reportes a nivel horizontal y vertical de acuerdo a normativa invias en programación abierta.
- Creación de programación tipo Lisp en civil 3d para rotulado de planos de secciones transversales en código abierto para programación personalizada.
- Descripción de extracción de distancias de visibilidad en civil 3d para consideraciones de señalización a nivel horizontal, vertical y transversal.

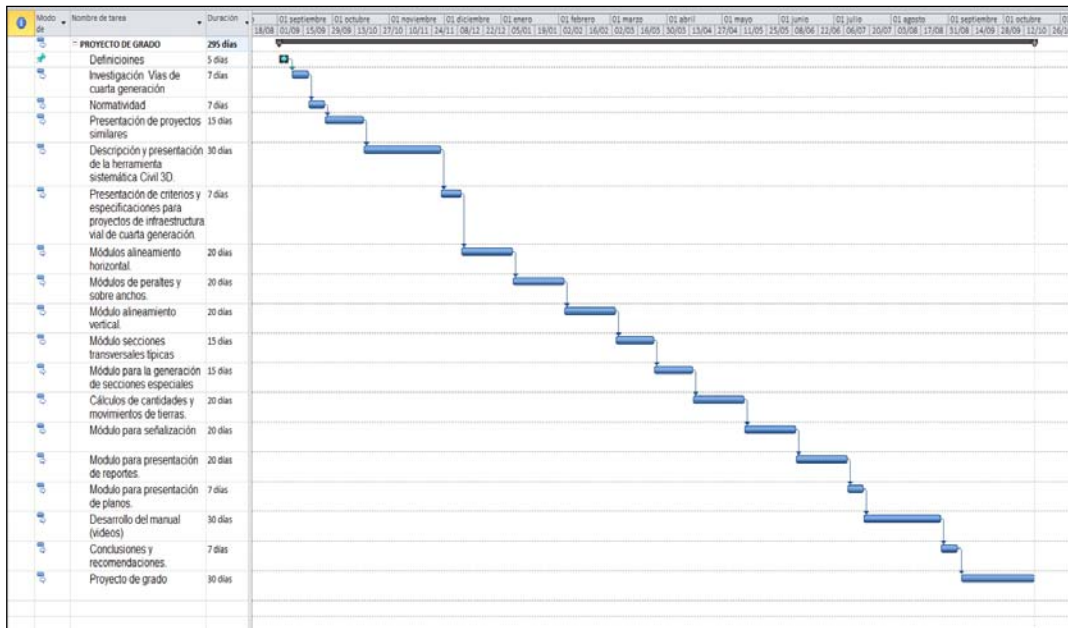
Cabe mencionar que la validez de estos aplicativos será desarrollado en el diseño de una vía de aproximadamente 4 kilómetros de longitud con pruebas de escenario donde se revisen posibles inconvenientes y funcionamiento de los mismos.

FASE III: Una vez concluida la fase II referente al desarrollo de aplicativos se procede a elaborar un manual por medio de ayudas Visuales en video, y una breve descripción en el capítulo denominado “DESARROLLO DE MÓDULOS PARA EXTRACCIÓN DE REPORTES SEGÚN CRITERIOS INVIAS A NIVEL HORIZONTAL, VERTICAL Y TRANSVERSAL“

### 3.2. CRONOGRAMA DEL PROYECTO

El siguiente cronograma fue el necesario para el desarrollo de toda la metodología aplicable a este proyecto de acuerdo a la metodología planteada, donde se destinó un aproximado de 295 días para su realización.

Figura 7. Cronograma del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

#### 4. CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO VÍAS DE CUARTA GENERACIÓN EN COLOMBIA

Actualmente en Colombia a cargo del ministerio de transporte a través de la ANI (Agencia Nacional de Infraestructura) todo enunciado dentro del documento CONPES 3761 llamado “Cuarta Generación De Concesiones Viales: Proyectos Pioneros” se establecen los primeros proyectos pioneros en vías de cuarta generación en Colombia<sup>6</sup>. A continuación se presentan los proyectos pioneros establecidos.

Tabla 1. Tramos pioneros vías cuarta generación Colombia

Proyecto	Departamentos	Longitud (Km) <sup>7</sup>
1. Girardot – Honda – Puerto Salgar	Caldas, Cundinamarca, Tolima	200
2. Maulló– Loboguerrero	Valle del Cauca	32
3. Perimetral Oriente de Cundinamarca	Cundinamarca	152
4. C/gena – B-quilla, Circunvalar	Atlántico, Bolívar	145

Fuente Agencia Nacional de Infraestructura

De acuerdo a estos documentos al ser la ANI la única entidad a cargo de vías de cuarta generación establece en primera instancia en los pliegos de condiciones criterios de diseño geométrico, para este proyecto se basara en el **Proyecto Mulaló – Loboguerrero** para establecer los criterios de diseño geométrico presentes, el cual en el contrato Proceso número **VJ-VE-IP-002-2013/VJ-VE-IP-LP-002-2013** el cual se puede consultar en la página de contratación pública. En ese apartado en el apéndice técnico 1 llamado “*ALCANCE DEL PROYECTO*” se encuentran los criterios de diseño geométrico establecidos para vías de cuarta generación en primera instancia<sup>8</sup>, cabe mencionar que este proyecto considera una vía de cuarta generación de una calzada, con dos carriles bidireccionales.

<sup>6</sup>(INFRAESTRUCTURA A. N.) Agencia Nacional, (Julio 2014). *Cuarta Generación de Concesiones*. Recuperado el 29 de Julio de 2014, del sitio web <http://www.ani.gov.co/proyecto/general/cuarta-generacion-de-concesiones-1068>

<sup>7</sup> El alcance físico en la longitud es aproximada (Km), está sujeto a los resultados de los estudios y diseños definitivos

<sup>8</sup>(INFRAESTRUCTURA A. N.) Agencia Nacional, (Agosto 2013). *Sistema Electrónico de Contratación Pública*. Recuperado el 20 de Julio de 2014, del sitio web <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=13-19-1442332>

## 4.1. DISEÑO HORIZONTAL

Respecto a los criterios de velocidad mínima de diseño para vías de cuarta generación el valor de 80 KPH. A continuación según manual Invias se presenta los parámetros a tener en cuenta para elaboración de diseño geométrico a nivel horizontal.

### 4.1.1. Criterios para utilización de curvas horizontales.

Para la utilización del tipo de curva a diseñar se tiene en cuenta la deflexión de la misma según la siguiente tabla.

Tabla 2. Criterio de utilización de tipo de curva según deflexión

$\Delta$	Tipo De Curva
$\Delta < 2^\circ$	No requiere curva. Se considera como un Punto de Quiebre(PQ)
$2^\circ \leq \Delta \leq 6^\circ$	Curva Circular simple.
$6^\circ < \Delta \leq 20^\circ$	Espiral - Espiral.
$\Delta > 20^\circ$	Espiral - Circular - Espiral. La longitud en metros de la parte circular debe ser como mínimo, la distancia recorrida a la velocidad de diseño durante 2 segundos.

Fuente INVIAS 2008.

### 4.1.2. Radios mínimos.

El cálculo del radio mínimo fue consecuente con la velocidad específica de cada curva según la tabla 3.2 y 3.10 del manual de diseño geométrico INVIAS 2008, según el tipo de curva a considerar.

A continuación se indican los radios mínimos para cada una de las velocidades que contempla el manual Invias en el intervalo desde 80 hasta 130 Kph, que se pueden llegar a presentar en vías de cuarta generación, extraído de la tabla 3.2 del Manual INVIAS – 2008.

Tabla 3. Radios mínimos según velocidad vías de cuarta generación

Velocidad (Kph)	Radio (m)
80	229
90	304
100	394
110	501
120	667
130	832

Fuente: Elaboración propia.

Para las curvas circulares que tengan una deflexión entre  $2^\circ \leq \Delta \leq 6^\circ$  se utilizaron los radios descritos a continuación.

Tabla 4. Radios mínimos para deflexión entre 2 a 6 grados vías de cuarta generación

<b>Angulo entre alineamientos (<math>\Delta</math>)</b>	6°	5°	4°	3°	2°
<b>Radio mínimo (m)</b>	2000	2500	3500	5500	9000

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.3. Utilización de puntos de quiebre horizontal.

Se utilizaron puntos de quiebre horizontales en los casos en los cuales se presenten P'IS con ángulos de deflexión menores a  $2^\circ$ .

#### 4.1.4. Definición de longitud de curvas espirales de transición.

La longitud de las curvas espirales de transición se definió teniendo en cuenta los criterios expuestos en el numeral 3.3 del manual de diseño geométrico del INVIAS según velocidades específicas que se pueden presentar en cada una de las curvas, teniendo en cuenta que la longitud de transición de peralte debe coincidir con la longitud de la espiral de transición, siempre respetando los límites de la pendiente relativa de la rampa de peraltes.

Con base en lo anterior a continuación se muestran los valores resultantes del cálculo de la espiral mínima para el peralte máximo.

Tabla 5. Longitud espiral mínima vías cuarta generación

<b>Velocidad (km/h)</b>	<b>Longitud Calculada (m)</b>	<b>Longitud Adoptada (m)</b>
80	58	58
90	62	62
100	66	66
110	71	71
120	77	77
130	77	77

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular la longitud máxima de la espiral se realizó según lo dispuesto en el manual INVIAS – 2008.

Tabla 6. Longitud espiral máxima vías cuarta generación

<b>Velocidad (Kph)</b>	<b>LONGITUD Calculada (m)</b>	<b>Longitud Adoptada (m)</b>
80	252	250
90	335	330
100	434	430
110	550	550
120	760	760
130	915	915

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.5. Entre tangencia mínima y máxima.

Esta fue calculada de acuerdo con la velocidad específica que puede llegar a tener cada elemento horizontal según lo consignado en el numeral 3.4 del manual INVIAS – 2008. A continuación se realiza una descripción de los distintos casos que se puedan presentar:

- Curvas circulares del mismo sentido la entre tangencia debe ser igual a la distancia recorrida a la velocidad de diseño en 15 segundos.
- Curvas espiralizadas del mismo sentido la entre tangencia debe ser igual a la distancia recorrida a la velocidad de diseño en 5 segundos
- Curvas Circulares de distinto sentido la entre tangencia debe ser igual a la distancia recorrida a la velocidad de diseño en 5 segundos
- Curvas espiralizadas de distinto sentido la entre tangencia puede ser cero
- En el caso de tener curvas circulares y espiralizadas se tomara el valor como la mitad de tiempo requerido.
- La entre tangencia máxima de recta no sea superior a quince (15) veces la Velocidad Específica de la entre tangencia horizontal expresada en kilómetros por hora (Kph).

A continuación se presentan los valores de entre-tangencia mínima y máxima.

Tabla 7. Entre tangencias vías cuarta generación

<b>Velocidad (km/h)</b>	<b>Mínima Para 5 segundos (m)</b>	<b>Mínima Para 15 segundos (m)</b>	<b>Máxima (m)</b>
80	112	334	1200
90	125	375	1350
100	139	417	1500
110	153	459	1650
120	167	500	1800
130	181	542	1950

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.6. Longitud mínima de curva circular.

La longitud mínima de la curva circular, lo mismo que la longitud mínima de pendiente máxima en curva espiral – espiral, se calculó de acuerdo a la tabla 3 del manual INVIAS 2008. Los valores resultantes son:

Tabla 8. Longitud mínima de curva circular vías cuarta generación

Velocidad (km/h)	Longitud Calculada (m)	Longitud Adoptada (m)
80	45	45
90	51	51
100	56	56
110	62	62
120	67	67
130	73	73

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2. DISEÑO VERTICAL

Respecto a los criterios de velocidad mínima de diseño para vías de cuarta generación el valor de 80 KPH.

A continuación según manual Invias se presenta los parámetros a tener en cuenta para elaboración de diseño geométrico a nivel vertical.

### 4.2.1. Utilización de puntos de quiebre vertical.

Se utilizarán puntos de quiebre verticales en los casos en los cuales se presenten PIV's con diferencia algebraica de pendientes menor a 1%.

### 4.2.2. Pendiente longitudinal.

Con base en el diseño del proyecto en planta se extraerá un perfil figurado con base en el modelo digital tridimensional obtenido por medio de la triangulación a partir del levantamiento topográfico. Con este modelo y aplicando los parámetros indicados se trazará la rasante del proyecto. Dentro del diseño de la rasante se seguirán las recomendaciones para pendiente máxima y mínima que se mencionan a continuación:

#### 4.2.2.1. Pendiente longitudinal máxima.

“La pendiente máxima de una tangente vertical está en relación directa con la velocidad a la que circulan los vehículos, teniendo en dicha velocidad una alta incidencia el tipo de vía que se desea diseñar”, con base en las recomendación de la tabla 4.2 del manual de diseño geométrico del INVIAS – 2008 se tienen los siguientes valores de pendiente longitudinal máxima.

Tabla 9. Pendiente longitudinal máxima vías cuarta generación

Velocidad (km/h)	Pendiente (%)
80	6
90	6
100	5
110	5
120	5
130	4

Fuente: Elaboración propia.

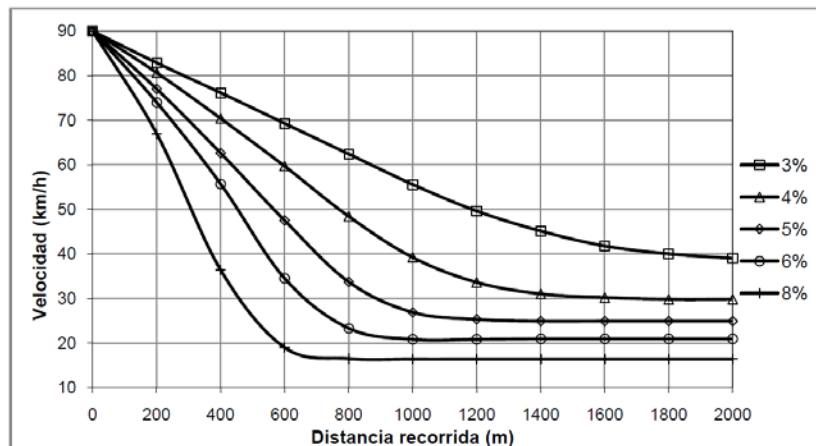
#### 4.2.2.2. Pendiente longitudinal mínima.

La pendiente mínima adoptada para este corredor es de 0.3% con el fin de garantizar el escurrimiento del agua a lo largo de la vía.

#### 4.2.2.3. Longitud crítica de pendiente.

Según la velocidad de diseño y lo consignado en el numeral 4.1.4 de manual INVIAS – 2008 se aplicara la longitud máxima de la tangente vertical teniendo en cuenta la figura 4.2. Para vehículos con relación peso/potencia de 150 Kg/HP que presentamos adjunta.

Figura 8. Longitud crítica de pendiente



Fuente: Invias 2008.

Teniendo en cuenta la figura anterior y las diferentes pendientes de la vía al momento del estudio se calculó la longitud crítica de pendiente.

#### 4.2.3. Longitud de curvas verticales.

La determinación de la longitud de curvas verticales se estableció de acuerdo con los criterios expuestos en el numeral 4.2.3 del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS. La cual se encuentra controlada por el K de diseño para la longitud mínima, que está relacionado en la tabla 4.4 del manual INVIAS. A continuación se presentan los valores de K mínimo para las curvas verticales.

Tabla 10. Valor K mínimo vías cuarta generación

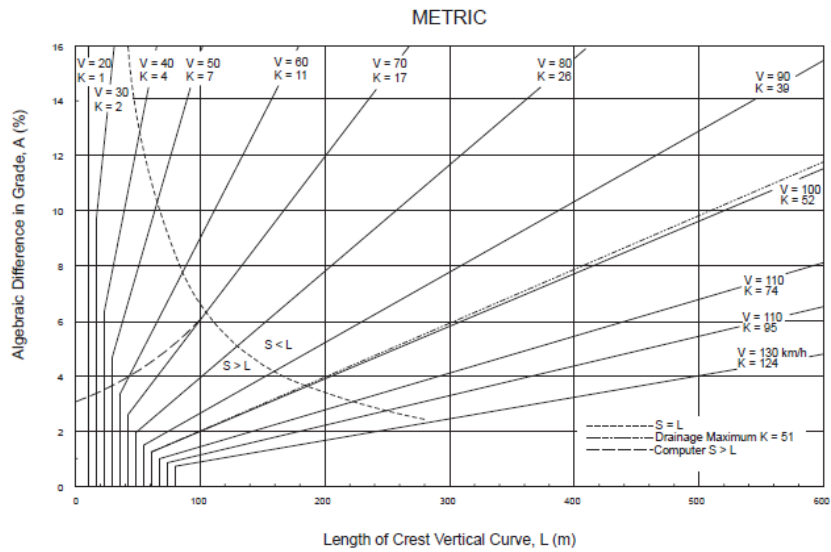
<b>Velocidad (Kph)</b>	<b>K min, curva convexa</b>	<b>K min, curva cóncava</b>
80	26	30
90	39	38
100	52	45
110	74	55
120	95	63
130	124	73

Fuente: Elaboración propia

Para la longitud máxima de la curva vertical cóncava se establece como limitante el K de drenaje teniendo el valor de  $K = 50$  de acuerdo con lo establecido en el manual del INVIAS, por lo tanto se debe diseñar la curva vertical cóncava con un valor de K menor o igual a cincuenta (50).

Sin embargo es conveniente mencionar que en el intervalo entre 110 y 130 Kph esta norma se contradice, ya que el valor de K mínimo es superior al K máximo establecido por Invias; esto se puede evidenciar en las carreteras que se encuentran en operación en Colombia en la cual la velocidad de diseño un supera los 80 Kph. Por este motivo se recomienda revisar la normativa AASHTO 2011 para este intervalo; cabe destacar que la Normativa AASHTO 2011, establece valores de K tanto para Curvas Convexas como curvas Cóncavas. A continuación se presenta los diferentes valores de K para curvas convexas expuestos en el Capítulo 3, figura 3-43.

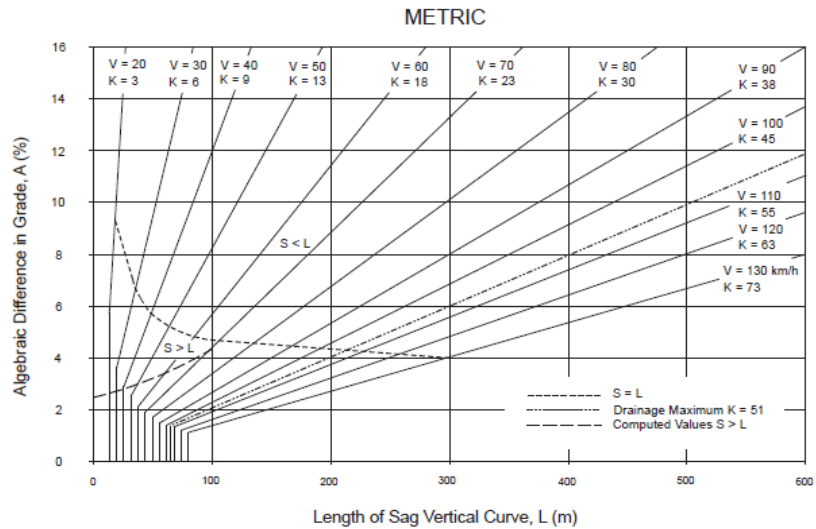
Figura 9. Valor K máximo curvas convexas



Fuente AASHTO 2011

En esta grafica que enfrenta en las ordenadas la diferencia algebraica de pendientes (A) expresada en porcentaje, contra la longitud de la curva vertical (L), se puede observar para cada velocidad cuando se supera el valor de K de 50 el cual sería en el intervalo de velocidades entre 20 a 90 Kph. De igual manera se presenta a continuación la figura 3-44 de la normativa AASHTO 2011 para curvas cóncavas.

Figura 10. Valor K máximo curvas cóncavas



Fuente AASHTO 2011

De lo anterior se puede deducir la siguiente tabla para valores de K máximo entre 110 a 130 Kph.

Tabla 11. Valor k máximo vías cuarta generación

<b>Velocidad (Kph)</b>	<b>K Max, curva convexa</b>	<b>K Max, curva cóncava</b>
80	50	50
90	50	50
100	50	50
110	74	55
120	95	63
130	124	73

Fuente: Elaboración propia

### 4.3. DISEÑO TRANSVERSAL

Respecto a los criterios de velocidad mínima de diseño para vías de cuarta generación el valor de 80 KPH. A continuación según manual Invias se presenta los parámetros a tener en cuenta para elaboración de diseño geométrico a nivel transversal.

#### 4.3.1. Calculo de peralte.

El peralte máximo que se utilizó para el diseño geométrico es del 8% para las curvas que tengan el radio mínimo y deberá ser ajustado según la velocidad específica de cada curva de acuerdo a la tabla 3.4 del manual INVIAS 2008.

#### 4.3.2. Pendiente relativa de rampas de peralte.

La pendiente relativa de rampa de peraltes máxima y mínima se determinó de acuerdo con las recomendaciones consignadas en la tabla 3.6 del manual INVIAS - 2008, teniendo en cuenta el ancho del carril ( $a=3.65$  metros) que corresponda con el tipo de vía y la velocidad de diseño escogida. Los valores de pendiente relativa para transición del peralte son los siguientes:

Tabla 12. Pendiente relativa rampa de peraltes vías cuarta generación

<b>Velocidad (km/h)</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
80	0.5	0.1*a
90	0.47	0.1*a
100	0.44	0.1*a
110	0.41	0.1*a
120	0.38	0.1*a
130	0.38	0.1*a

Fuente: Elaboración propia

#### **4.3.3. Bombeo normal.**

En cuanto al bombeo transversal, se utilizará un valor del 2% en ambos sentidos para garantizar una evacuación rápida y eficaz de la precipitación directa sobre la vía por escorrentía hacia las cunetas y siendo consecuentes con la tabla 5.3 del manual INVIAS - 2008.

#### **4.3.4. Sobre ancho en curvas horizontales.**

Para el cálculo del sobre ancho se ha considerado la siguiente formulación basada en los criterios del Manual en su literal 5.4.1.2, dependiendo del número de carriles. Respecto a la transición de este sobre ancho se hará en toda la longitud de la espiral.

$$S=n * (Rc-\sqrt{(Rc^2-L^2)} + (0.1*V_{CH}/\sqrt{Rc})$$

Con la anterior formulación podemos establecer un sobre ancho que dependerá del número de carriles (n) de la velocidad específica ( $V_{CH}$ ), la longitud entre el eje delantero y el frente del vehículo ( $L^2$ ) y el radio de la curva ( $Rc$ ).

Sin embargo es a considerar que debido a que el ancho de carril de 3.65 metros más bermas de 1.8 metros independientes a cada costado, evitan la necesidad de calcular sobre ancho por lo que su valor para vías de cuarta generación es cero.

#### **4.3.5. Distancia de visibilidad de parada.**

Se consideró como distancia de visibilidad de parada de un determinado punto de una carretera, la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo que circula aproximadamente a la velocidad de diseño, pueda detenerlo antes de llegar a un obstáculo que aparezca en su trayectoria.

La longitud requerida para detener el vehículo en las anteriores condiciones será la suma de dos distancias: la distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción y la distancia recorrida durante el frenado.

La distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción (adoptado en 2.5 segundos) se mide desde el momento en que se hace visible el obstáculo hasta el instante en que se aplican los frenos. En esta distancia se supone que el vehículo circula con movimiento uniforme a la velocidad de diseño.

La distancia recorrida durante el frenado se mide desde la aplicación de los frenos hasta el momento en que el vehículo se detiene totalmente, circulando con movimiento uniformemente desacelerado con velocidad inicial igual a la velocidad de diseño.

La distancia de visibilidad de parada se calculará mediante la siguiente expresión:

$$D_p = 0.278 \times V_e \times t + 0.039 \times \frac{V_e^2}{a}$$

Dónde:

$D_p$  = distancia de visibilidad de parada, (m)

$V_e$  = velocidad de diseño, (km/h)

$t$  = Tiempo de percepción - reacción

$a$  = Rata de desaceleración, igual 3.4 m/s<sup>2</sup>

De acuerdo con lo anterior se obtiene la distancia de visibilidad de parada de la tabla 2.6 y 2.7 del manual INVIAS 2008 tomando los siguientes valores.

Tabla 13. Distancia de visibilidad de parada vías cuarta generación

<b>Velocidad (km/h)</b>	<b>Distancia (m)</b>
80	130
90	160
100	185
110	220
120	250
130	285

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.3.6. Distancia de visibilidad de adelantamiento.**

Se dice que un tramo de carretera tiene distancia de visibilidad de adelantamiento, cuando la distancia de visibilidad en ese tramo es suficiente para que, en condiciones de seguridad, el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril a una velocidad menor, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra de adelantamiento.

Según el numeral 2.3.2 del manual INVIAS – 2008 se tienen los siguientes valores:

Tabla 14. Distancia visibilidad de adelantamiento vías cuarta generación

<b>Velocidad (km/h)</b>	<b>Distancia (m)</b>
80	540
90	615
100	670
110	730
120	775
130	815

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4. SECCIÓN TRANSVERSAL

Del proyecto Mulaló – Loboguerrero se pueden extraer los siguientes datos con respecto a las diferentes secciones transversales que se pueden llegar a presentar.

##### 4.4.1. Sección a camino abierto

Tabla 15. Características técnicas sección transversal camino abierto vías cuarta generación

<b>Requisitos Técnicos</b>	<b>Valor</b>
Numero de Calzadas Mínimo (un)	1
Número de Carriles por Calzada (un)	2
Sentido de Carriles	Bidireccional por Calzada
Ancho de Carril Mínimo (m)	3.65
Ancho de Berma Mínimo (m)	1.8
Tipo de Berma	Independiente a ambos costados
Ancho de Calzada mínimo (m)	10.9

Fuente Agencia Nacional de Infraestructura

##### 4.4.2. Sección Túnel

Tabla 16. Características técnicas sección transversal túnel vías cuarta generación

<b>Requisitos Técnicos</b>	<b>Valor</b>
Numero de Calzadas Mínimo (un)	1
Número de Carriles por Calzada (un)	2
Sentido de Carriles	Bidireccional por Calzada
Ancho de Carril Mínimo (m)	3.65
Ancho de Berma Mínimo (m)	0.5
Tipo de Berma	Independiente a ambos costados
Ancho de Calzada mínimo (m)	8.3
Ancho Andel Lateral Mínimo (m)	1.25 de ancho y 2.5 de Galibo
Revestimiento en hastiales y bóveda (% tipo)	100% de la longitud de los túneles con revestimiento

Fuente Agencia Nacional de Infraestructura

#### 4.5. RESUMEN TÉCNICO CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO VÍAS CUARTA GENERACIÓN

A continuación se presenta a modo resumen los criterios principales a tener en cuenta para vías de cuarta generación con la velocidad de diseño mínima:

Tabla 17. Requisitos técnicos vías cuarta generación mínimos

<b>REQUISITOS TÉCNICOS</b>	<b>MEDIDA</b>
Numero de Calzadas mínimo	1
Número de Carriles por Calzada Mínimo (un)	2
Sentido de Carriles (Uni o Bidireccional) (un)	Bidireccional por Calzada
Ancho de Carril Mínimo (m)	3.65
Ancho de Calzada Mínimo (m)	10.9
Tipo de Berma	Independiente a Ambos Costados
Funcionalidad	Primeria
Velocidad de Diseño Mínima (Km/h)	80
Radio Mínimo (m)	229
Longitud Curva Circular Mínima (m)	45
Longitud Espiral Mínima (m)	58
Entre tangencia Mínima (m)	112
Pendiente Longitudinal Máxima (%)	6
Pendiente Longitudinal Mínima (%)	0.3 %
Longitud Curva Vertical Mínima (m)	48
K min Curvas Cóncavas (un)	30
K min Curvas Convexas (un)	26
Pendiente Mínima Relativas	0.365
Bombeo Normal (%)	2
Distancia Visibilidad de Parada Mínima	130
Distancia Visibilidad de Adelantamiento Mínima	540

Fuente: Elaboración propia.

## **5. DESCRIPCIÓN Y PRESENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA CIVIL 3D**

Actualmente el software Civil 3d 2014 es una de las herramientas más empleadas en el campo de la consultoría en infraestructura vial, a continuación se describirá el uso de este software aplicado al diseño geométrico de vías de cuarta generación enfocado en los siguientes elementos característicos:

### **5.1. CONFIGURACIÓN GENERAL DE ARCHIVO DE TRABAJO**

- Permite georeferenciación con sistemas de coordenadas bastante completos para diferentes países.
- Permite modificación de abreviaturas de diferentes elementos de diseño geométrico para personalización según preferencias del usuario.
- Permite personalización de capas en cualquier parte del diseño, para acoplarse a requerimientos particulares al momento de entrega de productos de infraestructura vial.

### **5.2. MANEJO DE MODELOS DIGITALES DE TERRENO**

- Puede importar información en diferentes formatos para creación de modelos Digitales de Terreno a partir de archivos de puntos) (CSV, TXT, XYZ, NEZ, PNT, Nubes de Puntos a partir de topografía LIDAR).
- Permite Creación de Modelos Digitales de Terreno a partir de diferentes tipos de información de dibujo en AutoCAD (Curvas de Nivel, líneas, líneas 3d, bloques, Nubes de Puntos, 3d Faces, entre otros).
- Permite Creación de Líneas de quiebre y filtrado de información para creación de modelos digitales de terreno que representen en mejor manera la condición real de la topografía.
- Permite análisis de Modelos digitales de terreno (Sentido de aguas de escorrentía, puntos bajos, puntos altos, análisis por intervalos de taludes transversales y pendientes transversales, análisis de áreas de cuencas de inundación).
- Permite exportar modelos digitales de terreno a otros software para uso (Eagle Point, Civil Cad, Power Civil, entre otros) por medio de archivos XML en diferentes versiones incluyendo líneas de quiebre.

- Permite edición de DTM para presentación; es decir rotulado, presentación de cotas, puntos con elevación, cuadrículas de elevación, entre otros.

### **5.3. ALINEAMIENTO HORIZONTAL**

- Gracias al software Civil 3d se permite creación de archivos de Normas que puede incluir entre otros, unidades, velocidades de diseño, radios mínimos, peralte en función de velocidad y radios, longitud de espirales, Longitudes de transición según tipo de curva (circular o espiral), cálculo de sobre ancho según vehículo de diseño o longitud entre ejes, distancias de visibilidad .

- Permite creación de parámetros de revisión que pueden ser desde Longitud mínima de curva circular, Longitud mínima de espiral, entre tangencias mínimas, distancias de visibilidad mínimas, longitud de espiral máxima, entre otras.

- Permite creación de etiquetas de presentación (elementos de geometría de diseño, puntos de transición de peralte, velocidad de diseño, abscisado por kilometraje en diferentes intervalos según preferencias del usuario, etiquetas de geometría general).

- Permite creación de alineamientos de diferentes tipos (por medio de tangentes sin curvas, por medio de tangentes con curvas, por medio de objetos de dibujo (polilíneas), por medio de archivos de puntos con descripción.

- Creación de diferentes tipos de curvas (Circulares, Espiral – Circular Espiral, espiral – espiral, Circulares compuestas, tipo C, Tipo S, Espirales libres, Circulares con puntos obligados, espirales con puntos obligados, entre otras).

- Permite sectorización por velocidades específicas para facilitar la revisión de parámetros de diseño por intervalos.

- Permite generación de bordes de diseño incluyendo sobre anchos según tipo de curva, velocidad de diseño, vehículo de diseño y longitudes de desarrollo de sobre ancho.

- Permite revisar de manera gráfica y por tablas parámetros de diseño desde abscisado a elementos característicos

- Permite uso de ecuaciones de empalme.

- Permite cambio de sentido de alineamiento.

- Permite cambio de referenciación en kilometraje en caso de ser necesario.

- Permite generar transición de peralte a partir de diseño horizontal considerando tipo de vía, borde de giro, ancho de carril, ancho de berma, longitudes de transición según el tipo de curva, resolver traslado en transición de peralte de manera automática y grafica según preferencias del usuario.
- Permite generar zonas de cambio de pendiente transversal según preferencias de usuario para proyectos particulares.
- Permite exportar alineamiento por medio de archivos XML en diferentes versiones para su uso en otro software de diseño (Eagle point, Civil CAD, Power Civil entre otros).

#### **5.4. ALINEAMIENTO VERTICAL**

- Permite creación de archivos de Normas que incluye valores K mínimos según velocidad de diseño, distancia de parada, distancia de adelantamiento y distancia de faros.
- Permite creación de parámetros de revisión para valores K máximos, longitud mínima de curva vertical, longitud máxima de curva vertical, distancias mínimas de tangente vertical, distancias máximas de tangente vertical, cambios recomendados de pendiente, entre otros.
- Permite creación de etiquetas de presentación (elementos de geometría de diseño, pendiente de tangentes, inclusión de geometría horizontal en perfil, modificación de escalas a nivel horizontal y vertical.
- Puede crear conjuntos de bandas de información personalizables según el usuario (presentación de cota roja, cota negra, cota de trabajo, movimiento de tierras, localización de obras de drenaje, vistas de transición de peralte, entre otros)
- Permite deducción de perfiles anexos al modelo de terreno (perfiles de media banca, perfiles sobre el corredor existente en cualquier parte de la sección transversal de diseño, proyección de superficies anexas para revisión de empalmes, entre otros).
- Permite creación de perfiles de diseño de diferentes tipos (por medio de tangentes verticales sin curvas, por medio de tangentes verticales, mejor opción de alineamiento a partir de terreno natural, a partir de archivos de texto, entre otros.
- Por Medio de dibujos en tres dimensiones permite proyección de obras de drenaje en perfil con dimensionamiento.

- Creación de diferentes tipos de curvas verticales (por valor K, por longitud, por radio, simétricas, asimétricas, por puntos obligados, por mejor opción a partir de terreno natural, entre otros).
- Permite revisar de manera gráfica y por tablas parámetros de diseño desde abscisado a elementos característicos verticales.
- Permite exportar alineamiento y rasante de diseño por medio de archivos XML en diferentes versiones para su uso en otro software de diseño (Eagle point, Civil CAD, Power Civil entre otros).
- Permite exportar rasantes por medio de archivos de texto para su uso en otro software de diseño.

### **5.5. DISEÑO TRANSVERSAL (ENSAMBLAJES)**

- Permite creación de cualquier tipo de sección transversal, sea para vías de una calzada, doble calzada, Carriles de incorporación, túneles, puentes, muros de contención, secciones para diseño en vías ferroviarias, cunetas, canales, rehabilitación y refuerzos de pavimentos, entre otras.
- Por medio de las secciones con las que cuenta el programa en una misma sección transversal se puede incorporar información para carril, berma, cunetas, entre otros; con una gran cantidad de capas de material para cuantificar cantidad de material a lo largo del corredor.
- Permite crear cualquier tipo de talud personalizado, desde taludes normales, con terracedos, con condiciones de alturas máximas, distancias máximas en horizontal, puntos de proyección a topografía, empalmes con vías existentes, entre otros.
- Puede modelar información de número de capas sin límite.
- Permite considerar aceras, bordillos, separadores, entre otros.
- Cuenta con parámetros para incorporar datos de bombeo normal, peralte para carril, peralte para berma, inclinación de cunetas, anchos variables, consideración de descapote y cajeo.
- Permite creación de ensamblajes particulares directamente a partir de polilíneas con sistemas de códigos.
  - Permite creación de etiquetas para secciones transversales con diversa información (peralte, cotas de borde y distancia, cotas de chaflán y distancia, entre otros).

- Permite guardar librerías de ensamblajes personalizados para la base de datos propia del usuario.

## **5.6. OBRAS LINEALES (CORREDOR)**

El software civil 3d respecto a diseño de obras lineales que se refiere a construir un modelo de carretera tridimensional, el cual combina alineamiento horizontal, geometría vertical de un perfil y la geometría de una sección (ensamblaje) permite entre sus funciones lo siguiente.

- Permite creación de corredores en diferentes intervalos tanto para tangente horizontal, tangente vertical, segmento circular, segmento espiral, puntos de geometría entre otros.
- Permite establecer diferentes objetivos tanto en superficies, como bordes de sobre ancho, de peralte para empalmes, de elevaciones para empalmes.
- Permite establecer dentro de un mismo corredor diferentes ensamblajes, alineamientos, rasantes, objetivos, superficies.
- Permite modificación de estilos de corredor para considerar según preferencias del usuario capas, achurados según materiales del ensamblaje, entre otros.
- Puede crear superficies de comparación en la obra línea en cualquier capa, rasante, subrasante, capas intermedias o elementos puntuales como pueden ser, chaflanes, pavimento, bordillos, entre otros.
- Puede crear líneas de chaflanes de manera sencilla según descremación (corte, relleno y descapote) entre puntos del corredor definidos por el usuario.

## 6. REGIONALIZACIÓN DEL SOFTWARE CIVIL 3D POR MEDIO DE ARCHIVOS DE NORMAS Y CRITERIOS DE REVISIÓN

Como ya se mencionó en el enunciado anterior el software permite regionalización según requerimientos particulares, en este caso se presenta a continuación parámetros a tener en cuenta para vías de cuarta generación y la forma de incorporar estos:

### 6.1. CREACIÓN DE ARCHIVO DE NORMAS PARA CIVIL 3D 2014 VÍAS CUARTA GENERACIÓN

El programa requiere los siguientes datos de entrada para la configuración de archivos de normas, en el caso de vías de cuarta generación para cada parámetro requiere las siguientes unidades e ítems a tener en cuenta.

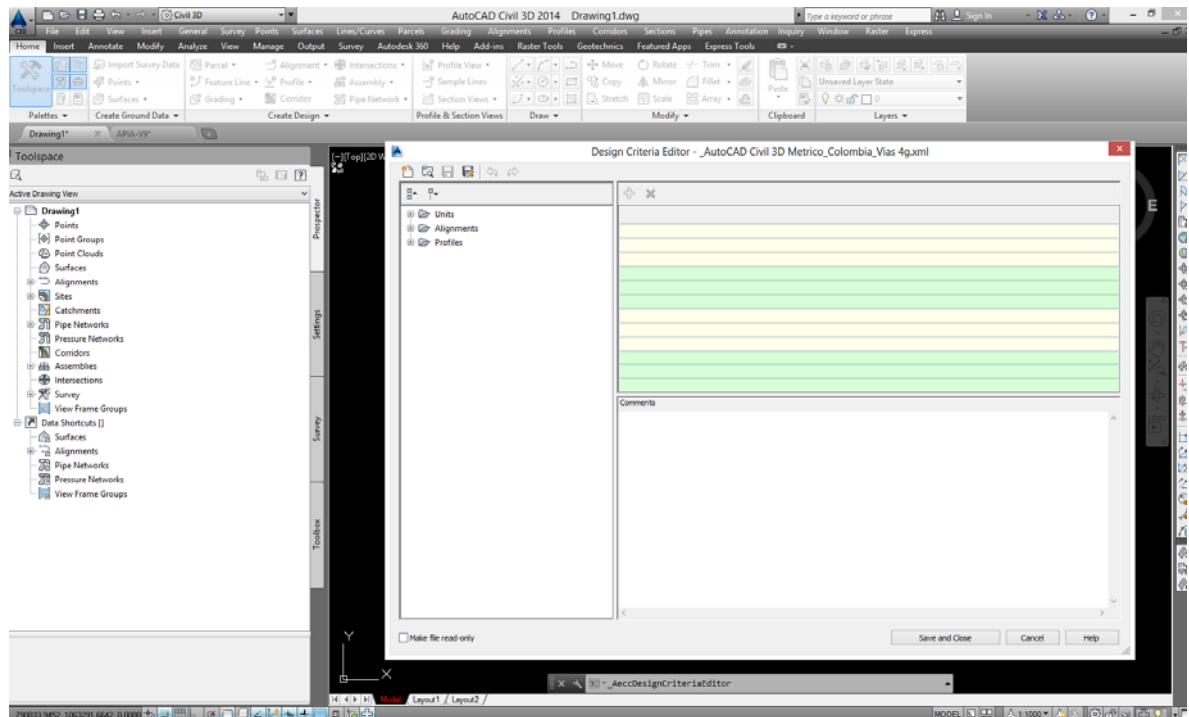
Tabla 18. Parámetros de entrada archivo de normas vías cuarta generación

<b>ELEMENTOS DE ENTRADA PARA CIVIL 3D ARCHIVO DE NORMAS</b>			
<b>CONCEPTO</b>	<b>PARÁMETRO</b>	<b>ÍTEM</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>UNIDADES</b>	Longitud	Longitud	metros
	Área	Área	metros cuadrados
	Volumen	Volumen	metros cúbicos
	Velocidad	Velocidad	KPH
	Medida angular	Medida angular	G°M°S°
	Presentación ángulos	Presentación ángulos	Grados en decimal
<b>ALINEAMIENTOS</b>	tabla de radios mínimos	Se establece valor del radio según categoría de la vía y velocidad de diseño	Metros
	métodos de transición de peralte	Se establece fórmulas de cálculo de longitud de transición según el tipo de curva (Circular o Espiral)	Formula
	métodos de transición según sentido curvas	se establece fórmulas para el cálculo de transición en zonas con curvas según el sentido	Formula
	valor peralte	se establece el valor del peralte según categoría de la vía, a continuación valor de peralte según radio y velocidad	Porcentaje
	definición sobre ancho	se establece el valor de sobre ancho según tipo de vía, velocidad y radio	Metros
<b>PERFILES</b>	valores k	Se ingresan el valor de los K, para curvas tipo convexa y cóncava, además el K para garantizar distancia de visibilidad	Adimensional

Fuente: Elaboración propia.

Al momento de crear el archivo de normas el programa en la pestaña Aligments extiende una ventana llamada “*Design Criteria Editor*” donde permite incluir los criterios mínimos de diseño la cual despliega los conceptos presentados en la tabla 18. (Figura 8.)

Figura 11. Ventana creación archivo de normas



Fuente: Elaboración propia

Esta ventana a medida que se va avanzando en elementos ya sea de unidades, alineamientos o perfiles va desplegando diferentes opciones.

Según el criterio del diseñador se debe ir incorporando los diferentes valores ya que de manera general se presentó la normativa aplicable mínima para vías de cuarta generación, pero como ejemplo para cada radio se requiere diferentes valores de peralte, de longitud de transición, entre otros. El diseñador debe incluir estos datos a su criterio. El archivo llamado AutoCAD Civil 3D Metrico\_Colombia\_Vias 4G.xml contiene esta información utilizable en Civil 3d.

## 6.2. CRITERIOS DE REVISIÓN VÍAS CUARTA GENERACIÓN

### 6.2.1. Criterios de revisión horizontal.

El programa acepta diferentes criterios de revisión a nivel horizontal y vertical, se presentan de resumen los criterios establecidos como parámetros de revisión a nivel horizontal:

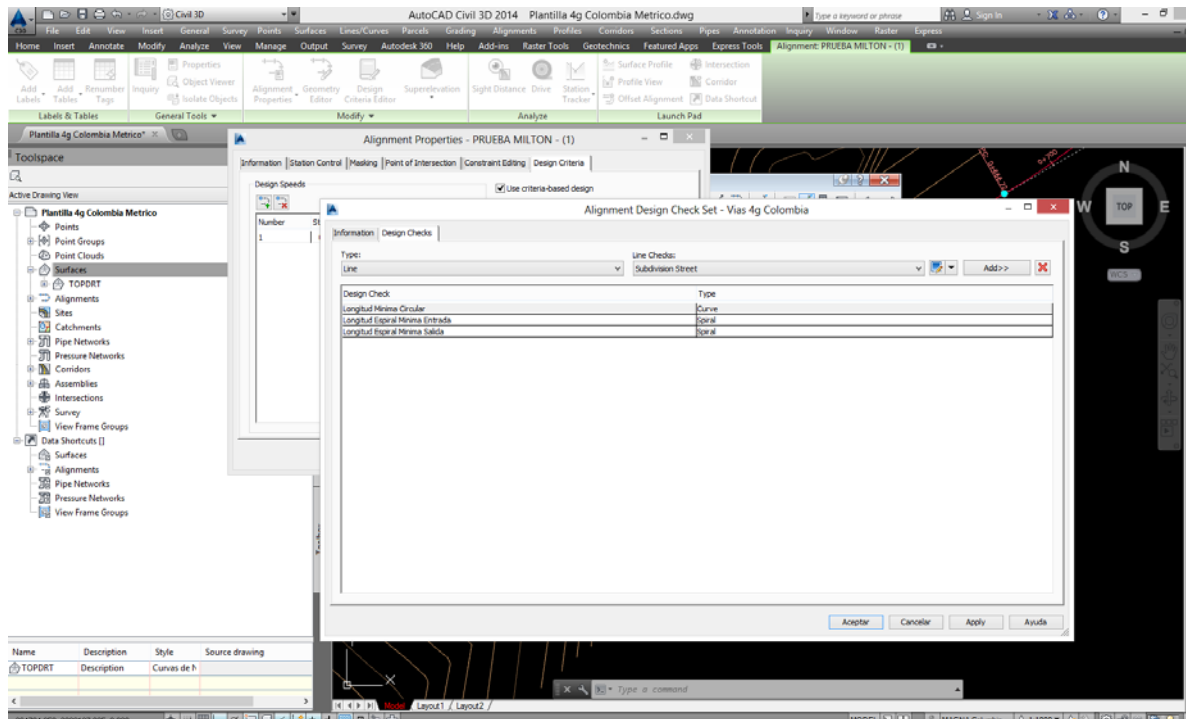
Tabla 19. Tabla lista de criterios horizontales de revisión vías cuarta generación

Criterio Considerado	Valor de Formula
Longitud Mínima de Curva Circular	$0.556 * V_{ch}$
Longitud Espiral de Entrada	$L_e > A^2 / \text{Radio Entrada Min } V_{ch}$
Longitud Espiral de Salida	$L_e > A^2 / \text{Radio de Salida Min } V_{ch}$

Fuente: Elaboración propia

La lista de criterios de revisión en Civil 3d 2014 queda de la siguiente manera dentro de las propiedades de alineamiento.

Figura 12. Ventana criterios de revisión horizontal vías cuarta generación



Fuente: Elaboración propia

### 6.2.2. Criterios de Revisión Vertical.

El programa acepta diferentes criterios de revisión a nivel horizontal y vertical, se presentan de resumen los criterios establecidos como parámetros de revisión a nivel vertical:

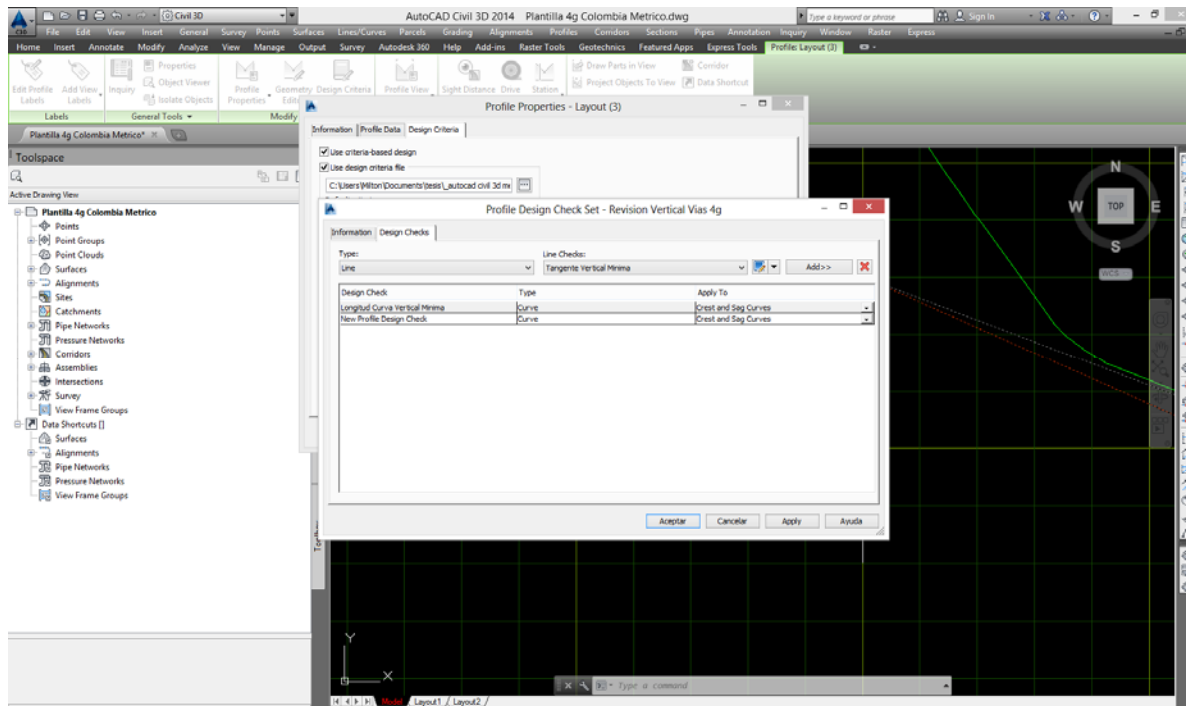
Tabla 20. Lista de criterios verticales de revisión vías cuarta generación

Criterio Considerado	Valor de Formula
Longitud Mínima Curva Vertical	$0.6 * Vd$
Longitud Mínima Tangente Vertical <sup>9</sup>	$Piv \text{ Abscisa } fin - Piv \text{ Abscisa } final \geq 2.7777 * Vd$

Fuente: Elaboración propia.

La lista de criterios de revisión en Civil 3d 2014 queda de la siguiente manera dentro de las propiedades de diseño vertical.

Figura 13. Criterios de revisión vertical vías cuarta generación



Fuente: Elaboración propia

<sup>9</sup> El valor en la fórmula 2.7777 es de la conversión de 10 segundos a la velocidad de diseño expresado en Kph ya que es la entre tangencia mínima para velocidad superior a 40 Kph según Invias en diseño vertical.

## 7. DESARROLLO DE MÓDULOS PARA EXTRACCIÓN DE REPORTE SEGÚN CRITERIOS INVIAS A NIVEL HORIZONTAL, VERTICAL Y TRANSVERSAL

Infortunadamente el software civil 3d en la presentación de reportes es un tema bastante genérico, ya que presenta datos generalizados que son exportados en formato Excel (XLS), a partir de esta fuente de información se modificara los reportes de Excel por medio de módulos para la presentación de reportes según criterios Invias.

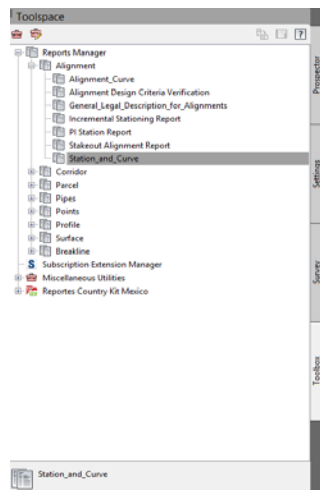
### 7.1. MODULO EXTRACCIÓN DE REPORTE HORIZONTAL

El programa por defecto en la pestaña Toolbox dentro del comando o barra toolspace dentro de la opción reports manager, en la ruta Aligments y luego la opción Station\_and\_curve presenta el reporte a nivel horizontal con todos los elementos de geometría horizontal.

La ruta para acceder al reporte se presenta en la siguiente información.

1. Acceder a pestaña Toolspace> Toolbox >Reports Manager>Aligments>Station\_and\_curve. (Figura11)

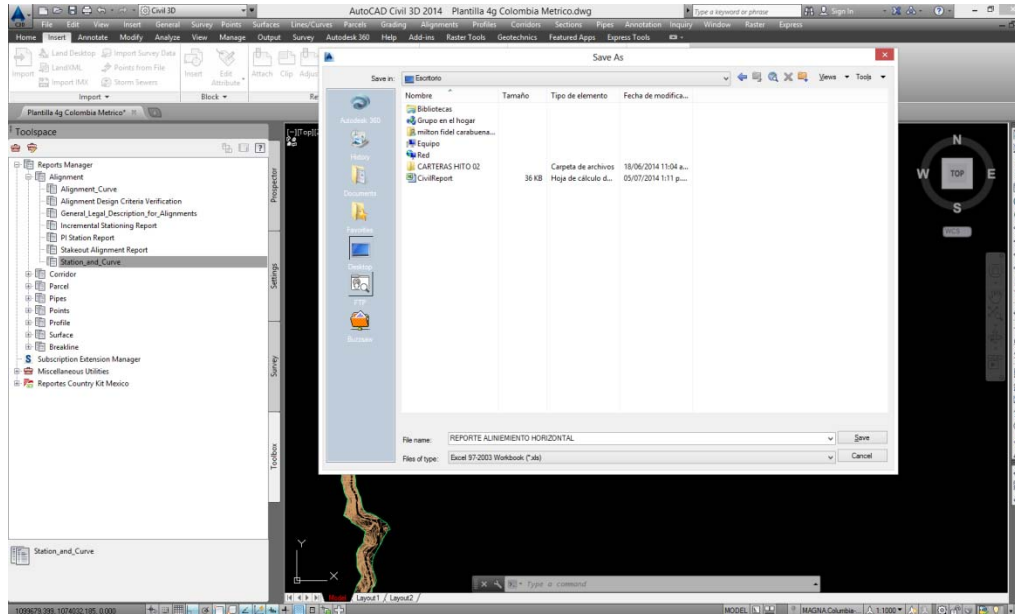
Figura 14. Acceso reporte alineamiento horizontal Civil 3d 2014



Fuente: Elaboración propia

2. Una vez se accede a esta función se ejecuta el reporte, el cual pide una ruta de guardado del archivo y el formato en el cual generar el reporte. Se aclara que la ruta la define el usuario y el formato en cual guardar el reporte debe ser Excel (XLS) (Figura 12), luego se procede a guardar y automáticamente se genera el reporte y abre su respectivo archivo (Figura 13).

Figura 15. Creación reporte alineamiento horizontal



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Reporte alineamiento horizontal

**REPORTE ALINEAMIENTO HORIZONTAL** [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

Your Company Name  
 123 Main Street  
 Suite #321  
 City, State 01234

Alignment Station and Curve Report Client: Client Company  
 Project Name: C:\Users\Milton\Documents\Plantilla 4g  
 Project Description:  
 Report Date: 23/07/2014 12:37:10 p.m.  
 Prepared by: Provisor

**Alignment: EJE - 9C**

**Descriptions:**

Tangent Data			
Description	PT Station	Northing	Easting
Start	651+05.000	1079753.472	1100616.104
End	651+05.234	1079753.169	1100616.104

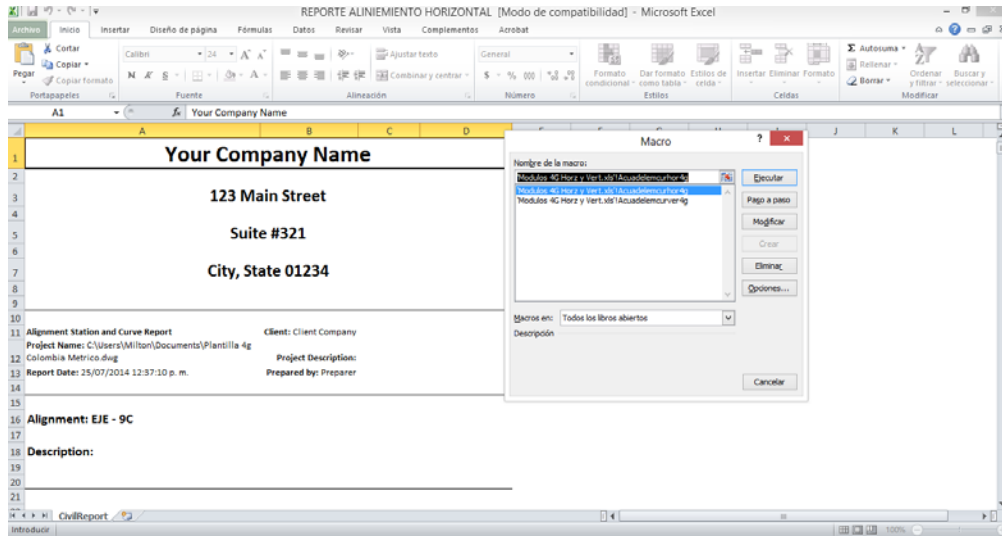
Tangent Data			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length	15.234	Course	3 89° 51' 32.5551" W

Spiral Point Data			
Description	Station	Northing	Easting
TS	651+05.234	1079753.169	1100616.104

Fuente: Elaboración propia

Una vez ejecutado el reporte con la programación para alineamiento horizontal, llamado "Acuadelemcurhor4g" (Anexo 1. Cuadro de geometría horizontal) (Figura 14).

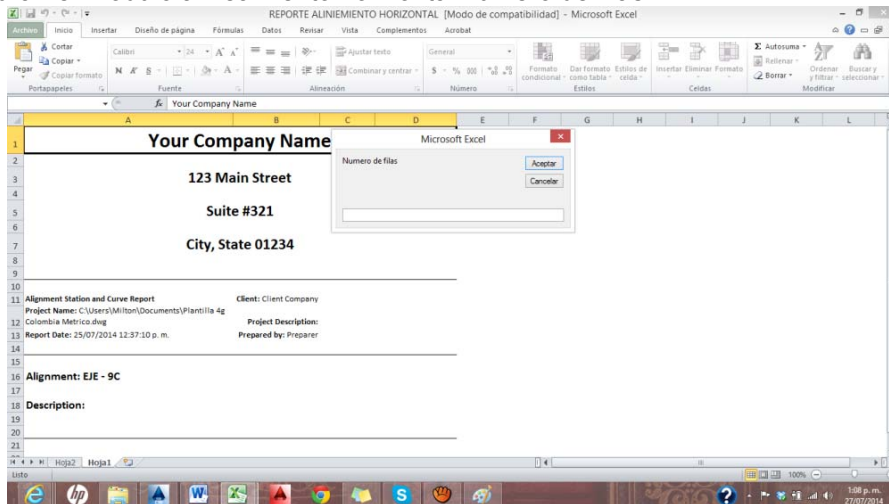
Figura 17. Modulo alineamiento horizontal



Fuente: Elaboración propia

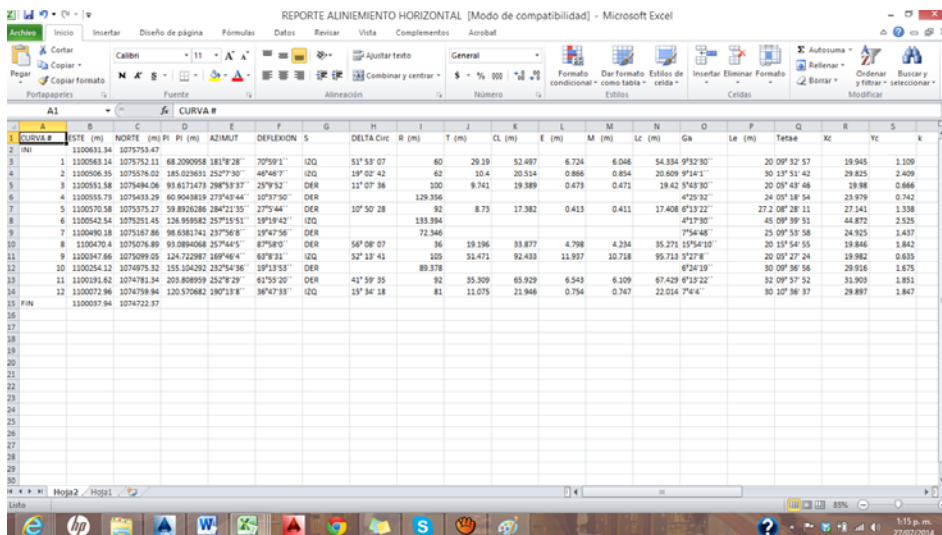
Al momento de ejecutar el aplicativo para alineamiento horizontal va a solicitar un numero de filas en los cuales va a ejecutarse, este valor es el valor de la última fila del reporte generado en Excel directamente, si no se conoce este valor solo se tiene que presentar la tecla cancelar en la ventana desplegable (Figura 15) finalmente, el módulo de alineamiento horizontal va a generar dos hojas de trabajo llamadas hoja 2 y hoja 1 dentro del mismo libro, en la hoja 2 se encuentra toda la información legible de manera ordenada (Figura 16). Finalmente se presenta una serie de tablas de ejemplo extraída con el ejemplo de alineamiento horizontal donde se describe que información contiene.

Figura 18. Modulo alineamiento horizontal número de filas



Fuente elaboración propia.

Figura 19. Modulo alineamiento horizontal



Fuente: Elaboración propia

### 7.1.1. Descripción modulo geometría horizontal.

El módulo de geometría horizontal por defecto genera una cantidad importante de información, a continuación se explica según categoría de los elementos que tipo de información contiene y cómo interpretarla.

#### 7.1.1.1. Datos generales de geometría horizontal.

Tabla 21. Datos generales de geometría horizontal modulo alineamiento horizontal.

CURVA #	ESTE (m)	NORTE (m)	PI PI (m)	AZIMUT	DEFLEXIÓN	S
INI	1100631.34	1075753.47				
1	1100563.14	1075752.11	68.21	181°8'28"	70°59'1"	IZQ
2	1100506.35	1075576.02	185.02	252°7'30"	46°46'7"	IZQ
3	1100551.58	1075494.06	93.62	298°53'37"	25°9'52"	DER
4	1100555.73	1075433.29	60.90	273°43'44"	10°37'50"	DER
5	1100570.58	1075375.27	59.89	284°21'35"	27°5'44"	DER
6	1100542.54	1075251.45	126.96	257°15'51"	19°19'42"	IZQ
7	1100490.18	1075167.86	98.64	237°56'8"	19°47'56"	DER
8	1100470.4	1075076.89	93.09	257°44'5"	87°58'0"	DER
9	1100347.66	1075099.05	124.72	169°46'4"	63°8'31"	IZQ
10	1100254.12	1074975.32	155.10	232°54'36"	19°13'53"	DER
11	1100191.62	1074781.34	203.81	252°8'29"	61°55'20"	DER
12	1100072.96	1074759.94	120.57	190°13'8"	36°47'33"	IZQ
FIN	1100037.94	1074722.37				

Fuente. Elaboración propia

- **Curva #:** Contiene información acerca del número de Pi horizontal, inicio y final del alineamiento
- **Este (m):** Contiene información acerca de la coordenada este de la localización de los PI Horizontal
- **Norte (m):** Contiene información acerca de la coordenada norte de la localización de los PI horizontal
- **PI PI (m):** Contiene información acerca de la distancia medida entre pi horizontales
- **Azimut:** Contiene el valor en grados, minutos y segundos del azimut del pi
- **Deflexión:** Contiene el valor de deflexión para cada Pi horizontal expresado en grados, minutos y segundos
- **Sentido:** Contiene el valor de sentido de cada Pi horizontal con respecto a la deflexión

### 7.1.1.2. Datos generales de segmento circular.

Tabla 22. Datos generales de segmento circular modulo alineamiento horizontal.

DELTA Circ	R (m)	T (m)	CL (m)	E (m)	M (m)	Lc (m)	Ga
51° 53' 07	60	29.19	52.497	6.724	6.046	54.334	9°32'30''
19° 02' 42	62	10.4	20.514	0.866	0.854	20.609	9°14'1''
11° 07' 36	100	9.741	19.389	0.473	0.471	19.42	5°43'30''
	129.356						4°25'32''
10° 50' 28	92	8.73	17.382	0.413	0.411	17.408	6°13'22''
	133.394						4°17'30''
	72.346						7°54'48''
56° 08' 07	36	19.196	33.877	4.798	4.234	35.271	15°54'10''
52° 13' 41	105	51.471	92.433	11.937	10.718	95.713	5°27'8''
	89.378						6°24'19''
41° 59' 35	92	35.309	65.929	6.543	6.109	67.429	6°13'22''
15° 34' 18	81	11.075	21.946	0.754	0.747	22.014	7°4'4''

Fuente: Elaboración Propia

- **DELTA Circ:** Contiene el valor de la deflexión de la curva circular, sea para curvas tipo circulares, espiral – circular – espiral, circulares compuestas
- **R (m):** Contiene el valor de Radio para cada curva diseñada a nivel horizontal
- **T (m):** Contiene el valor de la tangente para el segmento de curva circular
- **CL (m):** Contiene el valor de la cuerda larga para el segmento de curva circular
- **E (m):** Contiene el valor de la externa para el segmento de la curva circular
- **M (m):** Contiene el valor de la media para el segmento de la curva circular
- **Lc (m):** Contiene el valor de la longitud del segmento de la curva circular

- **Ga:** Contiene el valor del grado de curvatura con una cuerda de 10 metros expresado en grados, minutos y segundos

### 7.1.1.3. Datos generales de segmento espiral.

De manera general a continuación se presenta los valores que presenta el módulo de alineamiento horizontal tanto para la espiral de entrada como para la espiral de salida, es de mencionar que en este ejemplo solo se presenta el ejemplo con la espiral de entrada.

Tabla 23. Datos generales de segmento espiral modulo alineamiento horizontal.

Le (m)	Tetae	Xc	Yc	k	P	Te	Ee	Ti	Tc
20	09° 32' 57	19.945	1.109	9.991	0.278	52.97	14.03	13.353	6.684
30	13° 51' 42	29.825	2.409	14.971	0.604	42.04	6.21	20.062	10.056
20	05° 43' 46	19.98	0.666	9.997	0.167	32.35	2.63	13.34	6.673
24	05° 18' 54	23.979	0.742	11.997	0.185	24.05	0.74	16.007	8.007
27.2	08° 28' 11	27.141	1.338	13.59	0.335	35.84	2.98	18.154	9.086
45	09° 39' 51	44.872	2.525	22.479	0.632	45.30	2.56	30.045	15.041
25	09° 53' 58	24.925	1.437	12.488	0.36	25.18	1.46	16.693	8.357
20	15° 54' 55	19.846	1.842	9.974	0.462	45.16	14.67	13.388	6.716
20	05° 27' 24	19.982	0.635	9.997	0.159	74.62	18.43	13.34	6.672
30	09° 36' 56	29.916	1.675	14.986	0.419	30.20	1.70	20.03	10.027
32	09° 57' 52	31.903	1.851	15.984	0.463	71.46	15.83	21.367	10.697
30	10° 36' 37	29.897	1.847	14.983	0.462	42.08	4.85	20.036	10.033

Fuente: Elaboración propia

- **Le (m):** Contiene el valor de la longitud de la espiral.
- **Tetae:** Contiene el valor del ángulo de la espiral
- **Xc:** Contiene el valor de la coordenada cartesiana este del punto de geometría espiral circular para la espiral de entrada y de circular espiral para la espiral de salida.
- **Yc:** Contiene el valor de la coordenada cartesiana norte del punto de geometría espiral circular para la espiral de entrada y de circular espiral para la espiral de salida.
- **k:** Contiene el valor de la coordenada k cartesiana del pc desplazado
- **p:** Contiene el valor de la coordenada p cartesiana del pc desplazado
- **Te:** Contiene el valor de la longitud de la tangente espiral
- **Ee:** Contiene el valor de la externa de la espiral
- **Ti:** Contiene el valor de la tangente larga de la espiral
- **Tc:** Contiene el valor de la tangente corta de la espiral

#### 7.1.1.4. Datos generales de segmento abscisado:

Tabla24. Datos generales de abscisado modulo alineamiento horizontal

TE (m)	EC/PC (m)	EE/PQ (m)	CE/PT (m)	ET (m)
		65120		
65135.234	65155.234		65209.568	65229.568
65319.577	65349.577		65370.186	65400.186
65419.408	65439.408		65458.827	65487.827
65487.836		65511.836		65535.836
65535.842	65563.042		65580.45	65605.45
65652.364		65697.364		65742.364
65770.525		65795.525		65820.525
65843.274	65863.274		65898.545	65918.545
65923.486	65943.486		66039.199	66059.199
66109.487		66139.487		66169.487
66271.64	66303.64		66371.069	66403.069
66410.108	66440.108		66462.122	66492.122
		66501.406		

Fuente: Elaboración propia

- **TE (m):** Contiene la abscisa del punto tangente espiral (TE) para cada curva
- **EC/PC (m):** Contiene la abscisa del punto espiral curva (EC) en caso de curvas tipo espiral – circular – espiral, en caso de curvas tipo circular esta abscisa es el punto de comienzo curva circular (PC)
- **EE/PQ (m):** Contiene la abscisa de los puntos de quiebre cuando no se diseña curva horizontal, también puede contener la abscisa del punto espiral, si es la primera fila de un proyecto contiene la abscisa de inicio del alineamiento, en caso de ser la última fila es la abscisa final del alineamiento
- **CE/PT (m):** Contiene la abscisa del punto curva espiral (CE) en caso de curvas tipo espiral – circular – espiral, en caso de curvas tipo circular esta abscisa es el punto final de la curva circular (PT)
- **ET (m):** Contiene la abscisa del punto espiral tangente (TE) para cada curva

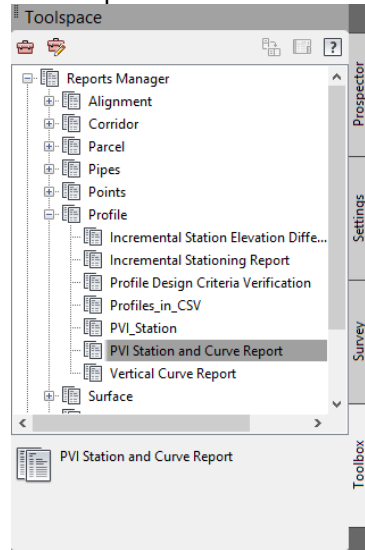
#### 7.2. MODULO EXTRACCIÓN DE REPORTES A NIVEL VERTICAL

El programa por defecto en la pestaña Toolbox dentro del comando o barra toolspace dentro de la opción reports manager, en la ruta profile y luego la opción PVI Station and Curve Report presenta el reporte a nivel vertical con todos los elementos de geometría vertical.

La ruta para acceder al reporte se presenta en la siguiente información.

1. Acceder a pestaña Toolspace > Toolbox > Reports Manager > profile > PVI Station and Curve Report. (Figura 17).

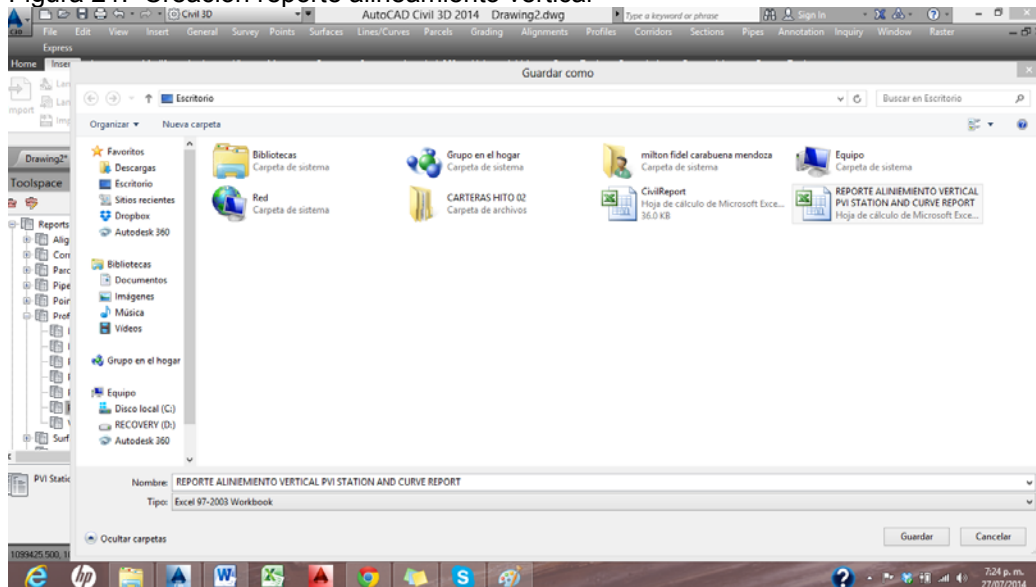
Figura 20. Acceso reporte alineamiento vertical Civil 3d 2014



Fuente: Elaboración propia

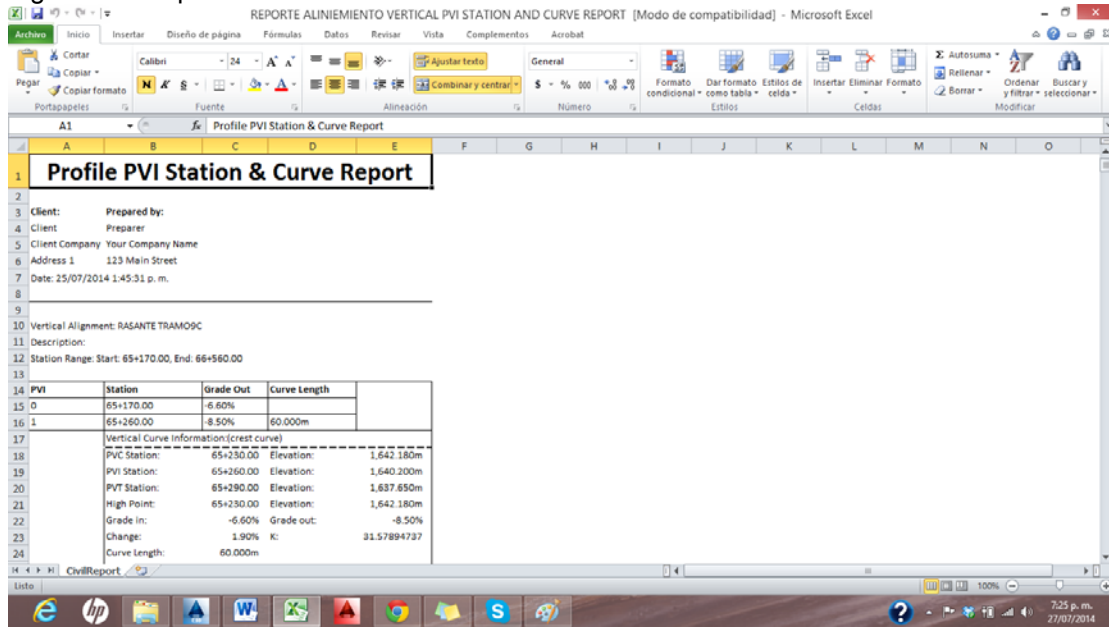
2. Una vez se accede a esta función se ejecuta el reporte, el cual pide una ruta de guardado del archivo y el formato en el cual generar el reporte. Se aclara que la ruta la define el usuario y el formato en cual guardar el reporte debe ser Excel (XLS) (Figura 18), luego se procede a guardar y automáticamente se genera el reporte y abre su respectivo archivo (Figura 19).

Figura 21. Creación reporte alineamiento vertical



Fuente: Elaboración propia

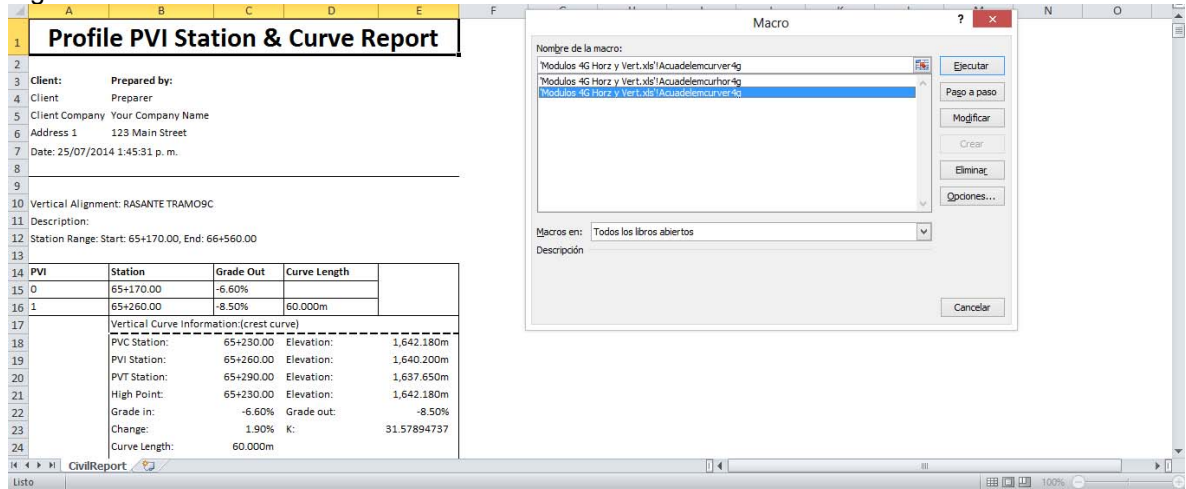
Figura 22. Reporte alineamiento vertical



Fuente: Elaboración propia

Una vez ejecutado el reporte con la programación para alineamiento horizontal, llamada "Acuadelemcurver4g" (Anexo 2. Cuadro de geometría vertical). (Figura 20).

Figura 23. Modulo alineamiento vertical



Fuente: Elaboración propia

Al momento de ejecutar el aplicativo para alineamiento vertical en la hoja 2 se presentan los datos a considerar en diseño vertical principales. (Figura 21).

Figura 24. Reporte alineamiento vertical

REPORTE ALINEAMIENTO VERTICAL PVI STATION AND CURVE REPORT [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

No.	Abscisa PIV	Cota Tangente	DIST	Pend %	Long Curva	K	Ext	PCV		PIV		PTV		Observaciones
								Abscisa	Cota	Abscisa	Cota	Abscisa	Cota	
INI	K65+170.00	1646.14	90.00	-6.60%										
1	K65+260.00	1640.20	80.00	-8.50%	60	32	-0.14	K65+230.00	1642.18	K65+260.00	1640.06	K65+290.00	1637.65	
2	K65+340.00	1633.40	120.00	-6.42%	60	29	0.16	K65+310.00	1635.95	K65+340.00	1633.56	K65+370.00	1631.48	
3	K65+460.00	1625.70	110.00	-1.55%	60	12	0.37	K65+430.00	1627.63	K65+460.00	1626.07	K65+490.00	1625.24	
4	K65+570.00	1624.00	60.00	7.33%	50	6	0.56	K65+545.00	1624.39	K65+570.00	1624.56	K65+595.00	1625.83	
5	K65+630.00	1628.40	130.00	-5.08%	60	5	-0.93	K65+600.00	1626.20	K65+630.00	1627.47	K65+660.00	1626.88	
6	K65+760.00	1621.80	60.00	1.33%	60	9	0.48	K65+730.00	1623.32	K65+760.00	1622.28	K65+790.00	1622.20	
7	K65+820.00	1622.60	180.00	-2.94%	50	12	-0.27	K65+795.00	1622.27	K65+820.00	1622.33	K65+845.00	1621.86	
8	K66+000.00	1617.30	60.00	-4.00%	50	47	-0.07	K65+975.00	1618.04	K66+000.00	1617.23	K66+025.00	1616.30	
9	K66+060.00	1614.90	120.00	-2.50%	50	33	0.09	K66+035.00	1615.90	K66+060.00	1614.99	K66+085.00	1614.28	
10	K66+180.00	1611.90	120.00	-5.06%	50	20	-0.16	K66+155.00	1612.53	K66+180.00	1611.74	K66+205.00	1610.64	
11	K66+300.00	1605.83	150.00	-8.62%	60	17	-0.27	K66+270.00	1607.35	K66+300.00	1605.56	K66+330.00	1603.24	
12	K66+450.00	1592.90	110.00	-1.94%	80	12	0.67	K66+410.00	1596.35	K66+450.00	1593.57	K66+490.00	1592.13	
FIN	K66+450.00	1590.77												

Fuente: Elaboración propia

### 7.2.1. Descripción Modulo geometría vertical.

El módulo de geometría vertical por defecto genera una cantidad importante de información, a continuación se explica según categoría de los elementos que tipo de información contiene y cómo interpretarla, además de los rótulos indispensables para su interpretación.

### 7.2.1.1. Datos generales de geometría vertical

Tabla 25. Datos generales de geometría vertical.

No.	Abscisa PIV	Cota Tangente	DIST	Pend %	Long Curva	K	Ext.	PCV		PIV		PTV	
								Abscisa	Cota	Abscisa	Cota	Abscisa	Cota
INI	K65+170.00	1646.14	90.00	-6.60%									
1	K65+260.00	1640.20	80.00	-8.50%	60	32	-0.14	K65+230.00	1642.18	K65+260.00	1640.06	K65+290.00	1637.65
2	K65+340.00	1633.40	120.00	-6.42%	60	29	0.16	K65+310.00	1635.95	K65+340.00	1633.56	K65+370.00	1631.48
3	K65+460.00	1625.70	110.00	-1.55%	60	12	0.37	K65+430.00	1627.63	K65+460.00	1626.07	K65+490.00	1625.24
4	K65+570.00	1624.00	60.00	7.33%	50	6	0.56	K65+545.00	1624.39	K65+570.00	1624.56	K65+595.00	1625.83
5	K65+630.00	1628.40	130.00	-5.08%	60	5	-0.93	K65+600.00	1626.20	K65+630.00	1627.47	K65+660.00	1626.88
6	K65+760.00	1621.80	60.00	1.33%	60	9	0.48	K65+730.00	1623.32	K65+760.00	1622.28	K65+790.00	1622.20
7	K65+820.00	1622.60	180.00	-2.94%	50	12	-0.27	K65+795.00	1622.27	K65+820.00	1622.33	K65+845.00	1621.86
8	K66+000.00	1617.30	60.00	-4.00%	50	47	-0.07	K65+975.00	1618.04	K66+000.00	1617.23	K66+025.00	1616.30
9	K66+060.00	1614.90	120.00	-2.50%	50	33	0.09	K66+035.00	1615.90	K66+060.00	1614.99	K66+085.00	1614.28
10	K66+180.00	1611.90	120.00	-5.06%	50	20	-0.16	K66+155.00	1612.53	K66+180.00	1611.74	K66+205.00	1610.64
11	K66+300.00	1605.83	150.00	-8.62%	60	17	-0.27	K66+270.00	1607.35	K66+300.00	1605.56	K66+330.00	1603.24
12	K66+450.00	1592.90	110.00	-1.94%	80	12	0.67	K66+410.00	1596.35	K66+450.00	1593.57	K66+490.00	1592.13
FIN	K66+450.00	1590.77											

Fuente: Elaboración propia

**No:** Describe la el número de PI vertical (PIV) así como inicio y final del eje de diseño.

**Abscisa PIV:** Presenta el valor de la abscisa del punto PIV.

**Cota Tangente:** Presenta la cota de la PIV.

**Pend %:** Se refiere al valor de la pendiente de la tangente vertical expresada en porcentaje.

**Long Curva:** Presenta el valor de longitud de curva vertical.

**K:** Presenta el valor K de la curva vertical respecto a su cambio algebraico de pendiente y su longitud.

**Ext:** Presenta el valor de la externa vertical con respecto al punto medio de vertical.

**PCV, PIV, PTV:** Presenta valores tanto en abscisa como en cota para los puntos principales de curvas verticales.

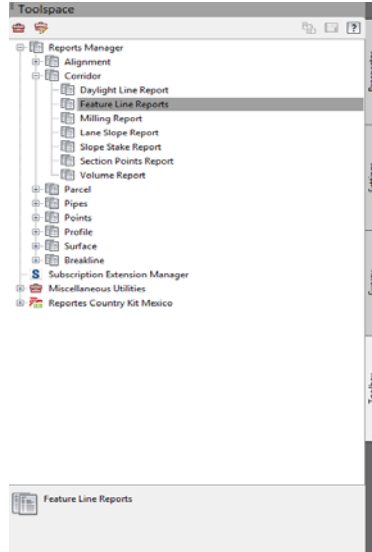
### 7.3. MODULO EXTRACCIÓN DE REPORTES TRANSVERSAL

El programa por defecto en la pestaña Toolbox dentro del comando o barra toolspace dentro de la opción reports manager, en la ruta corredor y luego la opción Feature line Reports presenta el reporte a nivel vtransversal con todos los elementos de geometría transversal.

La ruta para acceder al reporte se presenta en la siguiente información.

1. Acceder a pestaña Toolspace > Toolbox > Reports Manager > corredor > Feature line reports. (Figura 25).

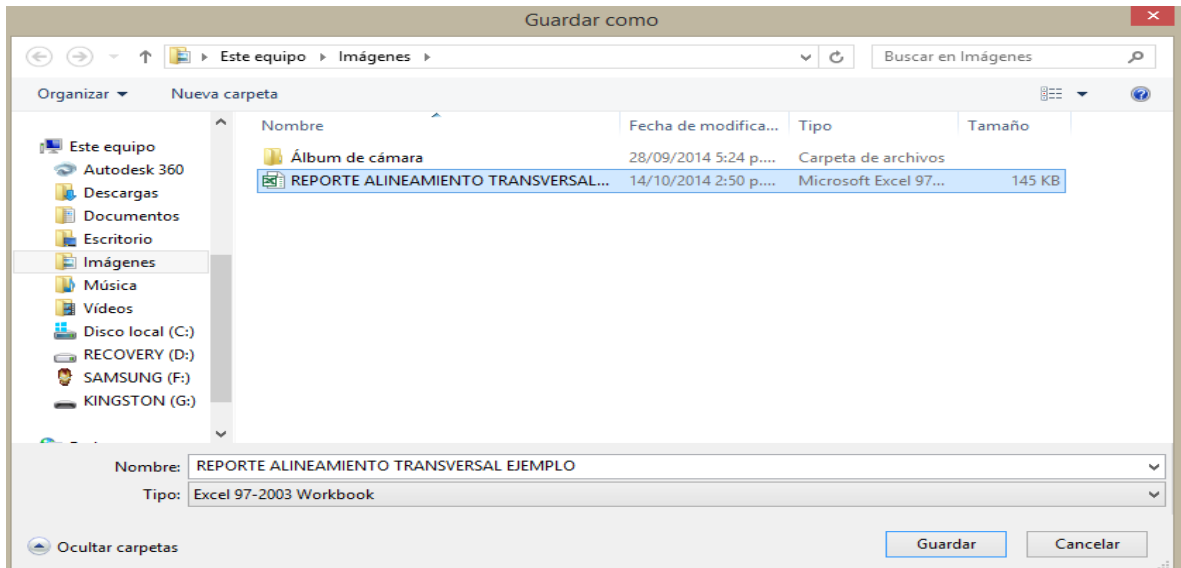
Figura 25. Acceso reporte alineamiento transversal Civil 3d 2014



Fuente: Elaboración propia

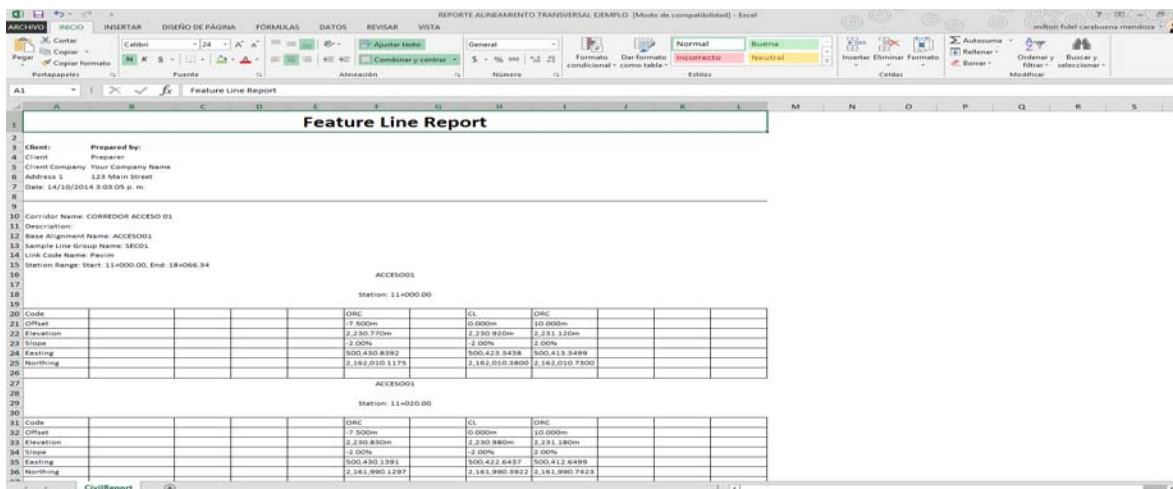
2. Una vez se accede a esta función se ejecuta el reporte, el cual pide una ruta de guardado del archivo y el formato en el cual generar el reporte. Se aclara que la ruta la define el usuario y el formato en cual guardar el reporte debe ser Excel (XLS) (Figura 26), luego se procede a guardar y automáticamente se genera el reporte y abre su respectivo archivo (Figura 27).

Figura 26. Creación reporte alineamiento transversal



Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Reporte Alineamiento transversal



Fuente: Elaboración propia

### 7.3.1. Descripción modulo geometría transversal

El módulo de geometría transversal por defecto genera una cantidad importante de información, a continuación se explica según categoría de los elementos que tipo de información contiene y cómo interpretarla, además de los rótulos indispensables para su interpretación.

Tabla 26. Datos generales de geometría transversal en cada abscisa

Parametro	ORC	CL	ORC
Dist desde eje	-7.500m	0.000m	10.000m
Elevación	2,230.770m	2,230.920m	2,231.120m
Peralte	-2.00%	-2.00%	2.00%
Este	500,430.8392	500,423.3438	500,413.3499
Norte	2,162,010.1175	2,162,010.3800	2,162,010.7300

**Parámetro:** Describe el punto sobre el cual se está obteniendo información con respecto a la sección transversal

**ORC:** Se refiere al código utilizado por civil 3d para nombrar el ancho de carril

**CL:** Se refiere al código utilizado por civil 3d para nombrar el eje de diseño

**Elevación:** Muestra la cota de diferentes puntos a nivel de rasante

**Peralte:** Presenta el valor de peralte en los bordes de carril para cada abscisa

**Este:** Presenta la coordenada este de diferentes puntos dentro del reporte

**Norte:** Presenta la coordenada norte de diferentes puntos dentro del reporte

## 8. DESARROLLO DE AYUDAS EN CIVIL 3D PARA VÍAS DE CUARTA GENERACIÓN

El programa por defecto presenta una serie de parámetros a tener en cuenta para elaborar un diseño geométrico, además de su presentación y condiciones, de manera general.

A continuación se abordara una serie de ayudas desarrolladas dentro de civil 3d 2014 las cuales facilitaran el trabajo del diseñador, en este caso enfocado a vías de cuarta generación, la lista de ayudas y su descripción son las siguientes:

### 8.1. PLANTILLA PARA GENERACIÓN DE PLANOS PLANTA PERFIL

Esta plantilla en formato dwt, dimensiona según configuración de un formato de planos los espacios útiles de dibujo necesarios para presentar planos planta y perfil en escala 1:1000 a nivel horizontal y 1:100 a nivel vertical, la cual solo puede ser ejecutada en civil 3d.

Figura 28. Plantilla para planos planta perfil.



Fuente: Elaboración propia.

Esta plantilla contiene dimensionado en la parte superior un espacio disponible para planta con una longitud aproximada de dibujo de 930 metros, en la parte inferior para perfil. El tamaño de formato para presentar es pliego (1000 \* 700 milímetros).

Adicionalmente se creó un estilo de rotulado que contenga información general acerca del proyecto, escalas, logotipos de uso educacional y escalas de dibujo.

Con respecto a los cuadros presentes dentro de los espacios de dibujo consta de las siguientes descripciones:

1. Cuadro en la parte superior izquierda el cual contiene datos de criterios de diseño, son datos de velocidad de diseño, radio mínimo según velocidad de diseño, valores K mínimos para curvas verticales convexas y cóncavas según velocidad de diseño y tipo terreno.
















Figura 29. Cuadro parámetros de diseño en plantilla planta perfil

PARÁMETROS DE DISEÑO (K0+000.00 - K3+000)	
PARÁMETRO	VALOR
Velocidad de diseño	80 km/h
Radio Mínimo	229 m
Kmín	Convexa 26 - Cóncava 30
Tipo de Terreno	ONDULADO

Fuente: Elaboración propia

2. Bloque en la parte superior derecha, contiene convenciones características en planta, este bloque fue creado basándose en posibles obras encontradas en un diseño geométrico a camino abierto; además contiene layers para elementos de topografía y diseño. Cabe mencionar que este cuadro puede tener más información de la necesaria, esto puede variar según cada proyecto.

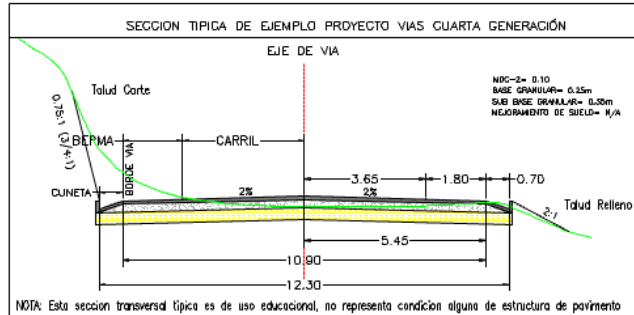
Figura 30. Bloque de convenciones en planta, plantilla planta perfil.

CONVENCIONES			
	EJE DE VIA PROYECTADA		MURO PROYECTADO
	BORDE CARRIL PROJ.		CUNETA PROYECTADA
	BORDE BERMA PROJ.		ALCANTARILLA EXIST.
	LINEA DE CHAFLAN CORTE		ALCANTARILLA PROJ.
	LINEA DE CHAFLAN RELLENO		PERFORACIONES
	PUENTE PROYECTADO		TOPOGRAFIA
	TUNEL PROYECTADO		CURVA DE NIVEL INDICE
			ZONA DE RESERVA VIAL

Fuente: Elaboración propia

3. Bloque en la parte superior derecha con sección transversal típica de diseño, esta sección contiene información que no representa un proyecto real, se utilizó para el formato y para dimensionamiento de ejemplo de una sección transversal típica de diseño dentro de un plano planta perfil.

Figura 31. Bloque sección transversal típica en plantilla planta perfil



Fuente: Elaboración propia

4. Bloque en la parte inferior izquierda, contiene convenciones características en perfil, este bloque fue creado basándose en posibles obras encontradas en un diseño geométrico a camino abierto; además contiene layers para elementos de topografía y diseño. Cabe mencionar que este cuadro puede tener más información de la necesaria, esto puede variar según cada proyecto.

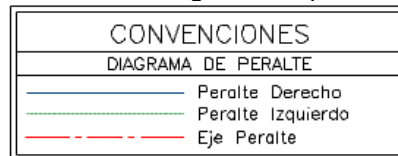
Figura 32. Bloque de convenciones en perfil, plantilla planta perfil



Fuente: Elaboración propia

5. Bloque en la parte inferior derecha, contiene convenciones características en perfil, para diagrama de peralte.

Figura 33. Bloque de convenciones diagrama de peraltes en plantilla planta perfil.



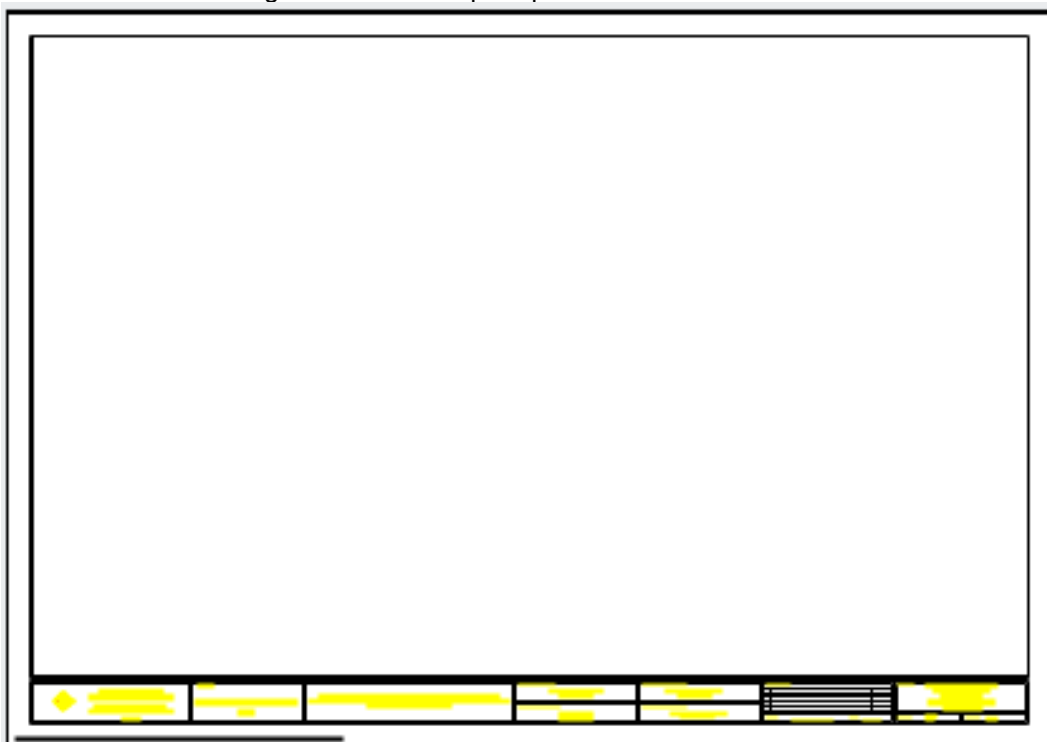
Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente este plantilla contiene un bloque de escala gráfica y un bloque de norte.

## 8.2. PLANTILLA PARA GENERACIÓN DE PLANOS DE SECCIONES TRANSVERSALES

Esta plantilla en formato dwt, dimensiona según configuración de un formato de planos el espacio útil de dibujo necesario para presentar planos de secciones transversales en escala 1:100 a nivel horizontal y vertical, la cual solo puede ser ejecutada en civil 3d.

Figura 34. Plantilla para planos de secciones transversales



Fuente: Elaboración propia

Esta plantilla contiene dimensionado en la parte superior un espacio disponible para secciones transversales, el tamaño de formato para presentar es pliego (1000 \* 700 milímetros). Adicionalmente se creó un estilo de rotulado que contenga información general acerca del proyecto, escalas, logotipos de uso educacional y escalas de dibujo.

### 8.3. PROGRAMACIÓN LISP PARA ROTULADO DE SECCIONES TRANSVERSALES

Infortunadamente el software civil 3d 2014 presenta problemas con el rotulado de planos para secciones transversales, esta programación pretende generar a partir de las vistas de secciones transversales el contenido de los planos, su consecutivo y además el rotulado con respecto a abscisa inicial y final que contiene cada plano de secciones transversales. Este problema solo es presente con respecto a los planos de secciones, en planta el software funciona de manera adecuada.

En el anexo 3, “lisp programación secciones transversales” se especifica la programación de ejemplo utilizada. El uso de esta lisp se especifica en video “rotulado de secciones transversales”.

### 8.4. LISTA DE ESTILOS EN CIVIL 3D PARA PLANTA PERFIL

Se procede a desarrollar una serie de estilos en civil 3d, para presentación de planos planta perfil, se puede destacar entre estos estilos lo siguiente:

Tabla 27. Lista de estilos personalizados vías cuarta generación

Tipo de Estilo	Funcionalidad
Estilo de presentación para alineamiento horizontal	Layers personalizados para segmentos en curva, espiral, tangente y proyección de tangentes.
Estilo de labels de presentación para alineamiento horizontal	Etiquetas personalizadas que contienen datos de abscisado para elementos geométricos, velocidad de diseño por tramos, abscisados mayores en intervalos, abscisados menores en intervalos
Estilo de presentación para alineamiento vertical	Layers personalizados para segmentos en curva vertical, tangente vertical y proyección de tangentes.
Estilo de labels de presentación para alineamiento vertical	Etiquetas personalizadas que contienen datos de abscisado para elementos geométricos, velocidad de diseño por tramos, abscisados mayores en intervalos, abscisados menores en intervalos
Estilos de cuadrícula para presentación de perfil	Etiquetas personalizadas que contiene datos de cota negra, cota roja, abscisado, vista de transición, cuadrículas con labels personalizados
Estilos para presentación de sección transversales	Layers personalizados para datos de sección transversal como lo son, chaflanes de borde, chaflanes al terreno natural, datos de peralte, achurados y presentación.
Estilos de presentación de cuadrículas de secciones transversales	Layers personalizados con cuadrículas, cota roja, cota negra, área de corte y área de relleno para conjunto de secciones transversales dentro de vista de plano de sección transversal

Fuente: Elaboración propia

El uso de estos respectivos layers se presenta en los videos:

- Creación de alineamiento horizontal.
- Creación de alineamiento vertical.
- Creación de transición de peralte.
- Creación de obra lineal.
- Creación de líneas de muestreo
- Creación de planos de secciones transversales
- Creación de planos de planta y perfil.

### 8.5. CREACIÓN DE ENSAMBLAJES PARA VÍAS DE CUARTA GENERACIÓN EN CIVIL 3D

Con respecto a las secciones transversales de diseño se presentara tres tipos de ensamblaje para vías de cuarta generación.

- Un ensamblaje para camino abierto que contiene datos tanto de carril, berma, cuneta, taludes de corte y relleno de manera general. Contiene datos mínimos además de un paquete estructural de pavimento. Talud para corte 0.75 a 1, relleno 2 a 1, analiza en condición vertical de manera automática por altura de chaflán para considerar localización de muros.

Figura 35. Sección a camino abierto una calzada



Fuente: Elaboración propia

- Un ensamblaje para túnel que contiene datos tanto de carril, berma, andén, bóveda interna y externa de manera general.

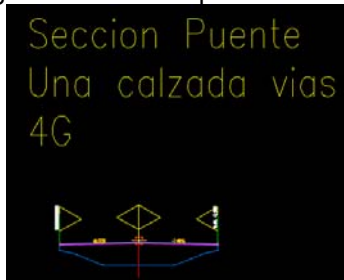
Figura 36: Sección túnel una calzada



Fuente: Elaboración propia

- Un ensamblaje para puente que contiene datos tanto de carril, losa del puente y barandas.

Figura 37: Sección puente una calzada.



Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que cada uno de estos ensamblajes son personalizables según el número de calzadas, separador, condiciones de chaflán, estructura de pavimento según requerimientos por parte del diseñador.

## 8.6. CREACIÓN DE AYUDAS A PARTIR DE DISTANCIAS DE VISIBILIDAD PARA CRITERIOS DE SEÑALIZACIÓN EN CIVIL 3D.

Gracias al software civil 3d se puede revisar distancias de visibilidad de adelantamiento por tramos, con el cual se puede analizar de manera más adecuada estas distancias para saber si cumplen con la distancia mínima; función de vital importancia para demarcación horizontal y señalización vertical.

### 8.6.1. Insumos necesarios para extracción de distancias de visibilidad en civil 3d.

Para extraer distancias de visibilidad es necesaria una serie de recursos tanto a nivel de conceptos como productos dentro de civil 3d.

Tabla 28. Lista de insumos necesarios para análisis de distancia de adelantamiento en civil 3d

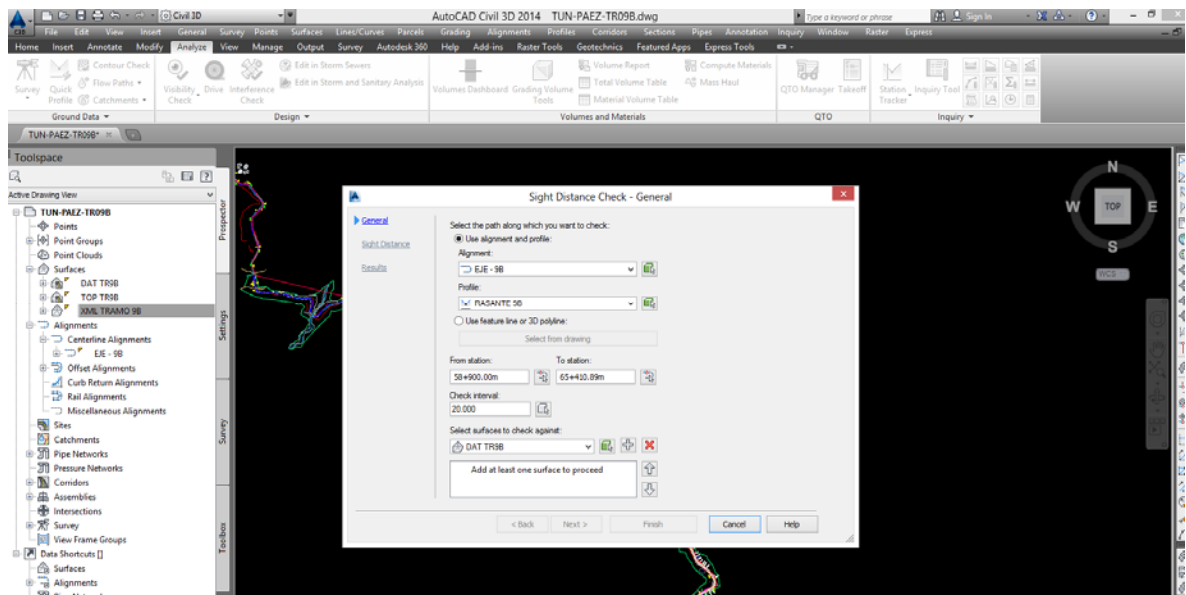
Tipo de insumo	Funcionalidad
Distancia mínima de adelantamiento según velocidad, altura del ojo de conductor, distancia del ojo del conductor con respecto al eje de diseño, altura a la cual se observan obstáculos y distancia con respecto al eje de diseño a la cual se observa el obstáculo	A partir de esta serie de parámetros el software interpreta zonas en los cuales el conductor en condición de manejo tiene suficiente visibilidad con respecto a topografía, obstáculos, recorrido de la vía donde puede tomar la decisión de adelantar.
Superficie a nivel de rasante con respecto a la obra lineal, eje de diseño, perfil de diseño.	Es necesaria esta serie de productos dentro de civil 3d para hacer la modelación de recorrido con respecto al eje y perfil de diseño; con respecto a la superficie a nivel de rasante es necesaria para simular las condiciones de la vía a nivel de operación.

Fuente: Elaboración propia

### 8.6.2. Procedimiento para extracción de distancias de visibilidad en civil 3d

A partir de un diseño ya elaborado que debe contener, eje de diseño, perfil de diseño, obra lineal, superficie a nivel de rasante y topografía base se procede a ingresar a la pestaña Analyze > Visibility Check > Check Sight Distance.

Figura 38. Distancia de visibilidad de adelantamiento ventana 1



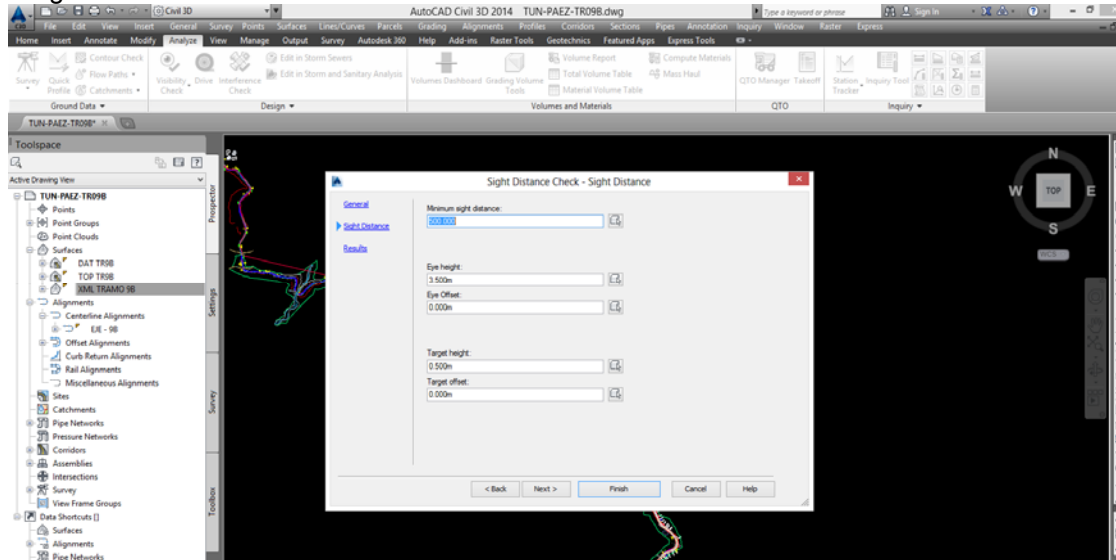
Fuente: Elaboración propia

En esta ventana el programa solicita un alineamiento, el cual debe ser el eje de diseño, un perfil, el cual debe ser el perfil de diseño, además se puede ingresar un intervalo en el cual se hace este análisis. Adicionalmente solicita un intervalo de revisión, este intervalo se refiere al intervalo en el cual el conductor observa para determinar si puede interpretar si hay la suficiente distancia para adelantar,

posteriormente solicita una superficie para el análisis la cual debe ser como ya se mencionó la superficie de diseño a nivel de rasante de la obra lineal.

1. Una vez se agrega la superficie con el botón en forma de un signo de adición, se despliega una nueva ventana.

Figura 39. Distancia de Visibilidad de adelantamiento ventana 2

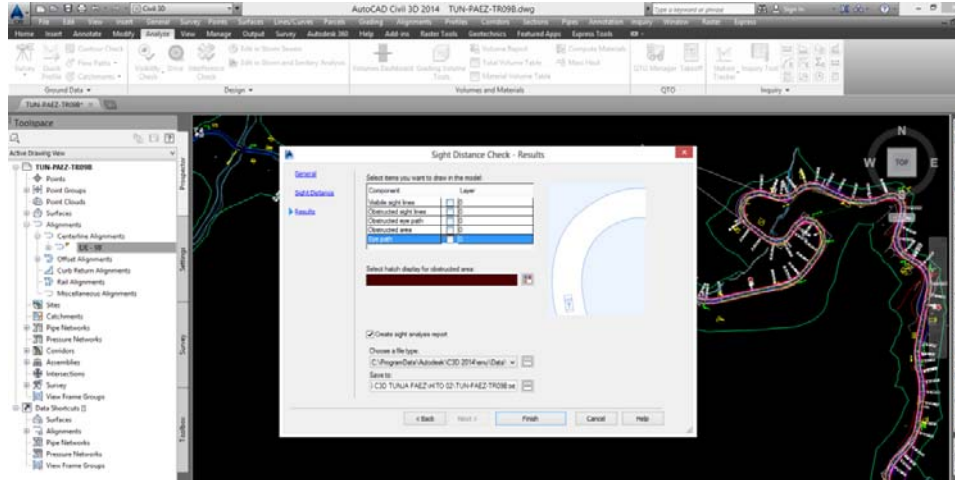


Fuente: Elaboración propia

En esta ventana el programa mínima distancia de adelantamiento que está en función de la velocidad de diseño, estos valores según la velocidad de diseño se encuentran en el manual de diseño geométrico de Inviás versión 2008. Capítulo 2 pagina 64. Para este ejemplo se utilizara una distancia de 540 metros la cual corresponde para una velocidad de 80 Kph, adicionalmente solicita la altura del ojo con respecto al nivel de rasante, se utiliza un valor de ejemplo de 1.08 metros valor recomendado por Inviás en diseño en perfil. La siguiente opción es la distancia del ojo con respecto al eje de diseño medida horizontalmente, esta distancia se puede interpretar como la posición del vehículo con respecto al eje de la vía, este valor para este ejemplo se asume de 2 metros. La distancia de objetivo en es este caso de obstáculo se asume de 0.6 metros valor recomendado por Inviás, la distancia del obstáculo se refiere al vehículo que viene en contra sentido en vías de una calzada, por lo que este valor se asume -2 metros.

2. Luego de introducir esta información se presenta la siguiente información en el cual se genera las distancias de visibilidad de adelantamiento.

Figura 40. Distancia de visibilidad de adelantamiento ventana 3



Fuente: Elaboración propia

En esta ventana de manera gráfica se pueden ver las distancias de adelantamiento, sin embargo en la parte inferior se pueden generar informes en formato TXT, CSV para observar esta distancia.

Este reporte solicita una ruta de guardado, este ejemplo se ejecuta con un reporte en formato TXT, se abre con Excel y con separación por comas, finalmente este archivo presenta la siguiente información dentro de Excel.

Figura 41. Reporte distancias de adelantamiento

Station	ActualSightDistance	MinimumSightDistance	DisturbancePoint	Violated?
6	540.000m	540.000m		No
7	58+400.00m	540.000m		No
8	58+460.00m	540.000m		No
9	58+460.00m	540.000m		No
10	58+460.00m	540.000m		No
11	59+000.00m	540.000m		No
12	59+000.00m	540.000m		No
13	59+040.00m	540.000m	(1078802.2790m, 1078765.4966m, 1768.4282m)	Yes
14	59+060.00m	540.000m	(1078802.1997m, 1078765.4966m, 1768.4339m)	Yes
15	59+080.00m	540.000m	(1078801.9276m, 1078766.4606m, 1768.4667m)	Yes
16	59+100.00m	540.000m	(1078817.4650m, 1078778.4146m, 1778.4091m)	Yes
17	59+120.00m	540.000m	(1078810.4470m, 1078777.4118m, 1778.4997m)	Yes
18	59+140.00m	540.000m	(1078810.3316m, 1078777.3810m, 1778.5109m)	Yes
19	59+160.00m	540.000m	(1078817.4900m, 1078778.4617m, 1778.4620m)	Yes
20	59+180.00m	540.000m	(1078810.3124m, 1078778.8909m, 1778.1886m)	Yes
21	59+200.00m	540.000m	(1078815.5511m, 1078781.5877m, 1778.0000m)	Yes
22	59+220.00m	540.000m	(1078815.9347m, 1078780.8004m, 1778.0537m)	Yes
23	59+240.00m	540.000m	(1078816.5887m, 1078781.9410m, 1778.0188m)	Yes
24	59+260.00m	540.000m	(1078817.3363m, 1078781.4066m, 1777.9130m)	Yes
25	59+280.00m	540.000m	(1078882.4407m, 1078784.5200m, 1777.4931m)	Yes
26	59+300.00m	540.000m	(1078816.2364m, 1078781.2644m, 1768.8437m)	Yes
27	59+320.00m	540.000m	(1078819.5355m, 1078779.4667m, 1768.9020m)	Yes
28	59+340.00m	540.000m	(1078816.1174m, 1078776.7188m, 1768.9773m)	Yes
29	59+360.00m	540.000m	(1078816.9450m, 1078778.0613m, 1778.2716m)	Yes
30	59+380.00m	540.000m	(1078817.2974m, 1078780.4757m, 1778.4654m)	Yes
31	59+400.00m	540.000m	(1078816.4817m, 1078781.4213m, 1778.5988m)	Yes
32	59+420.00m	540.000m	(1078819.8484m, 1078781.0613m, 1778.4250m)	Yes
33	59+440.00m	540.000m	(1078816.3888m, 1078781.4884m, 1778.6028m)	Yes
34	59+460.00m	540.000m	(1078816.9120m, 1078781.2911m, 1778.5796m)	Yes
35	59+480.00m	540.000m	(1078816.6844m, 1078780.9450m, 1778.5271m)	Yes
36	59+500.00m	540.000m	(1078816.0511m, 1078778.4310m, 1778.2754m)	Yes
37	59+520.00m	540.000m	(1078801.2671m, 1078767.9454m, 1768.5418m)	Yes
38	59+540.00m	540.000m	(1078804.7951m, 1078784.3810m, 1768.2665m)	Yes
39	59+560.00m	540.000m	(1078900.4057m, 1078787.6846m, 1768.1114m)	Yes

Fuente: Elaboración propia

Este reporte considera según el intervalo de revisión en la primera columna en la siguiente columna muestra la distancia de adelantamiento disponible, en la tercera columna muestra la distancia mínima de adelantamiento necesaria, la cuarta columna muestra información en coordenadas de los puntos de restricción, y finalmente la última columna muestra la palabra no para cuando es posible adelantar y la palabra yes para cuando no es posible adelantar, esto debido a la traducción del programa para saber si se vulnera la distancia mínima de adelantamiento. (Tabla 29).

Tabla 29. Ejemplo distancia de adelantamiento

Station (Abscisa)	Actual Sight Distance (Distancia de adelantamiento Actual)	MinimumSight Distance (Mínima distancia de adelantamiento)	Obstruction Point (punto de obstrucción)	Violated (Condición Vulnerada)
58+900.00m	540.000m	540.000m		No
58+920.00m	540.000m	540.000m		No
58+940.00m	540.000m	540.000m		No
58+960.00m	540.000m	540.000m		No
58+980.00m	540.000m	540.000m		No
59+000.00m	540.000m	540.000m		No
59+020.00m	540.000m	540.000m		No
59+040.00m	523.054m	540.000m	(1098802.2590m,1078765.6966m)	Yes
59+060.00m	502.912m	540.000m	(1098802.1997m,1078765.8390m)	Yes
59+080.00m	482.279m	540.000m	(1098801.9275m,1078766.4656m)	Yes
59+100.00m	315.306m	540.000m	(1098671.6030m,1078728.4168m)	Yes
59+120.00m	294.000m	540.000m	(1098670.4672m,1078727.8138m)	Yes
59+140.00m	273.841m	540.000m	(1098670.3291m,1078727.7415m)	Yes
59+160.00m	255.406m	540.000m	(1098671.6902m,1078728.4637m)	Yes
59+180.00m	238.421m	540.000m	(1098674.3124m,1078729.8996m)	Yes
59+200.00m	219.840m	540.000m	(1098675.5511m,1078730.5873m)	Yes

Fuente: Elaboración propia.

## 8.7. ELABORACIÓN DE AYUDAS VISUALES PARA CREACIÓN DE DISEÑO EN CIVIL 3D.

Con el fin de brindar una ayuda práctica para desarrollo de vías, se elaboró la siguiente lista de videos con su respectiva descripción en base a un diseño geométrico de una longitud aproximada de 3 kilómetros. La lista de insumos necesarios para realizar esta serie de videos se enuncian a continuación así como el nombre de los videos y una breve descripción de su contenido.

### **8.7.1. Recursos Informáticos especificaciones técnicas computador**

- Computador portátil con procesador Intel Core I7.
- Tarjeta de video de 4 Gb.
- 32 Gb en Memoria RAM.
- Disco de estado sólido de 256 Gb.
- Licencia Comercial Civil 3d 2014.
- Licencia Comercial Microsoft Office 2010.
- Software Atube Cácher para grabación de videos.

### **8.7.2. Manuales de referencia en diseño geométrico utilizables**

- Manual de diseño geométrico de carreteras, instituto nacional de vías (INVIAS), Ministerio de transporte, 2008
- Manual AASHTO 2004
- Manual AASHTO 2011

### **8.7.3. Insumos de referencia para diseño geométrico**

- Modelo digital de terreno, este modelo está en formato XML para elaboración de superficie dentro de civil 3d.
- Al ser un ejemplo educacional este diseño se hará con una velocidad de diseño a 80 Kph, no contiene ningún estudio de tránsito.
- Presentará unos espesores para el paquete estructural en el pavimento que no obedecen a ningún estudio de pavimento.
- Se presenta un diseño que cumpla con características técnicas en la sección transversal mínimas en este documento enunciadas en la tabla 17, numeral 2.5 del presente documento.
- Se utilizara un talud de corte 1 a 1 y un talud de relleno 2 a 1

### **8.7.4. Lista de videos a entregar**

- **Creación de alineamiento horizontal:** este video está enfocado a la forma de crear alineamientos, tipos de curvas, normativa para alineamiento, estilos de anotación y creación de bordes de diseño, se procede en este video se importa un modelo digital, configuración de unidades y sistemas de coordenadas. El video se llama "Video Creación Diseño Horizontal y Configuración de Dibujo".
- **Creación de alineamiento vertical:** este video está enfocado a la forma de crear un perfil de diseño, creación de perfil deducido de terreno, cuadrículas de presentación, bandas de etiquetas, etiquetas de elementos geométricos, tipos de curvas verticales, normativa de diseño, extracción de bordes de media banca. El video se llama "Video creación Diseño vertical y bordes me media banca".

- **Creación de transición de peralte:** este video está enfocado a la forma de crear la transición de peralte a partir de un archivo de normas aplicable para este proyecto, consideración de anchos de carril, ancho de berma, punto de pivote para el peralte con respecto a la sección transversal, bombeo normal y presentación para planos en vista de perfil longitudinal. El video se llama “Video Creación Transición de Peralte según Normas”.
- **Creación de obra lineal:** Este video está enfocado a creación de obra lineal a partir de alineamiento, perfil de diseño, sección transversal de diseño, intervalo de secciones para obra lineal, superficies a nivel de rasante y subrasante. El video se llama “Video creación de obra lineal”.
- **Creación de líneas de muestreo:** Este video está enfocado a la creación e líneas de muestreo, cálculo de movimiento de tierras a partir de comparación de superficies (Modelo digital de terreno y superficie a nivel de subrasante), cálculo de volúmenes de pavimento y extracción de reportes. El video se llama “Video Creación de secciones de muestreo”.
- **Creación de planos de secciones transversales:** Este video está enfocado a la extracción de planos de secciones transversales a partir de programación lisp, estos planos se presentan como ejemplo para mostrar la presentación esperada a partir de este módulo.
- **Creación de planos de planta y perfil:** este video está enfocado a la creación de view frames para planos planta perfil, presentación de planos, creación de cuadrículas para planta con civil 3d, creación de líneas de chaflanes, creación de vistas de perfil y exportar para plateo.

## 9. CONCLUSIONES

- Este trabajo está enfocado a ingenieros de diseño geométrico de vías o afines que manejan los programas aquí mencionados.
- Los aplicativos y programas presentados en este documento en ningún caso suplen el conocimiento y criterio de los ingenieros de diseño geométrico de vías.
- El programa Civil 3D permite personalizar los procesos de diseño geométrico y regionalizar cada uno de los parámetros de diseño geométrico de vías.
- La utilización y enlace de varios programas como el Civil 3D, AutoCAD, Lisp, macros en Excel, Word, etc., permiten la optimización en la generación de los documentos propios de un diseño geométrico de vías.
- La utilización de los aplicativos expuestos en este documento reducen los tiempos de generación de diseños en más de un 25% del tiempo con respecto a generar diseños con los programas mencionados sin los aplicativos aquí presentados, lo que permite que podamos dedicar mayores tiempos en los diseños y propuestas propiamente dichos.
- La utilización de los aplicativos también reducen el margen de error en la elaboración de los diseños geométricos de vías.
- Los aplicativos generados para la realización de este documento minimiza los tiempos en la revisión y/o supervisión de proyectos de diseño geométrico de vías.
- La regionalización del programa Civil 3D para la realización de diseños geométricos de vías de cuarta generación de acuerdo a la normatividad vigente es un punto fundamental para la elaboración de diseño de diseño asistido por computadora de manera eficiente.
- Por medio de la regionalización de tablas en formato XML según la normativa recopilada y unificada dentro de civil 3d es de vital importancia para la creación de diseños que sean seguros, confortables, estéticos y viables económicamente en este caso en vías de cuarta generación.
- Desarrollar los módulos para civil 3D que permitan extraer reportes de diseño geométrico basado en la normatividad vigente para vías de cuarta generación facilita la comprensión de información para profesionales en Colombia, se hace necesario crear este tipo de ayudas enfocadas a la ingeniería colombiana
- Generar un manual de utilización del Civil 3D, para la utilización en diseños viales de cuarta generación por medio de ayudas visuales es necesario para la comprensión de manera práctica para profesionales en el uso de civil 3d y su respectivo uso.

## 10. RESULTADOS

Con respecto a una estimación de reducción de tiempos a la hora de elaborar diseño geométrico en infraestructura vial con la ayuda de esta serie de aplicativos, se puede concluir lo siguiente:

- La elaboración de archivos de normas en formato XML para consideración de radios mínimos, longitudes de espiral, valores K para curvas convexas y cóncavas acordes a proyectos de cuarta generación en Colombia reduce tiempos estimados en 20 % con respecto a la revisión de parámetros básicos en Civil 3d, ya que facilita la labor de consideraciones mínimas básicas con respecto la geometría del proyecto.
- Con respecto a la revisión de criterios de revisión a nivel horizontal y vertical, reduce tiempos al considerar parámetros como longitudes mínimas de curva circular, espirales de entrada y salida, longitud mínima de curva vertical, tangentes verticales mínimas; esto sumado a la elaboración de archivos de normas todo enfocado a vías de cuarta generación reduce tiempos de revisión de parámetros en diferentes proyectos hasta en un 30 % dependiendo del grado de conocimiento acerca del software civil 3d.
- Al ser la programación de criterios de revisión y creación de archivos de normas programación tipo código abierto por medio de Civil 3d, se puede adaptar esta serie de recursos a proyectos particulares futuros o una nueva posible normativa por parte de Invias, por lo que realizar esta serie de cambios no requiere una gran cantidad de tiempo.
- La creación de estilos de alineamiento, estilos de perfil, etiquetas de anotación, entre otros reduce tiempos en la elaboración de entregables como lo son planos planta perfil hasta en 30 %, ya que esta serie de estilos fueron elaborados basados en normativa Invias; adicionalmente esta serie de estilos y etiquetas son en código abierto por lo que se pueden adaptar a diferentes proyectos según sea la necesidad de diferentes entidades.
- Es importante crear una base de datos de ensamblajes dentro de civil 3d, para diferentes tipos, en este trabajo se presentaron los diferentes tipos de ensamblajes que pueden ser utilizados en vías de cuarta generación; cabe mencionar que son personalizables.
- La creación de aplicativos en Microsoft Excel por medio de Visual Basic reduce los tiempos estimados en la generación de reportes hasta en un 50 % ya que se hacen de fácil entendimiento para el ingeniero que se basa en normativa Invias, además de facilitar su uso como productor de entrega. Este tipo de programación es de tipo abierto para futuros usos o requerimientos específicos.

- Con la creación de plantillas para producción de planos planta perfil se reduce el tiempo en la elaboración de los mismos con respecto a productos de diseño geométrico hasta en un 15 %, este tiempo podría reducirse significativamente en el caso de utilizar de manera conjunta en diferentes especialidades el software civil 3d con respecto a la elaboración de un proyecto integral en infraestructura vial hasta en un 40 %. Estas plantillas son en programación abierta para futuros proyectos particulares.
- Con respecto a la creación de programación tipo Lisp para la producción de planos de secciones transversales se reduce tiempos en su elaboración hasta en un 60 %, debido al rotulado automático y creación de vistas dentro de AutoCAD, una gran ayuda al momento de generar planos. Esta programación es de tipo abierto dentro de AutoCAD según proyectos particulares aclarando que se necesita un grado avanzado de programación y conocimiento de del software para poder realizarlo.

En conclusión esta serie de ayudas facilitan la labor del ingeniero al momento de crear diseño geométrico basado en normativa para vías de cuarta generación en Colombia, así mismo los diferentes productos de entrega. Se estima por experiencia propia una reducción en total hasta de un 40 % en los tiempos de elaboración total de un proyecto.

Este tipo de ayudas al ser de código abierto pueden llegar a ser un futuro proyecto de investigación en diferentes campos de la ingeniería, es de vital importancia continuar con estas pautas al momento de utilizar el software civil 3d para los profesionales enfocados en el campo de la consultoría, así hacer este trabajo en forma eficiente y practica sin reemplazar el concepto del ingeniero, función necesaria para tener competitividad a nivel internacional en el diseño geométrico en infraestructura vial.

## BIBLIOGRAFÍA

- CARDENAS GRISALES, J. (s.f.). *Diseño Geometrico de Carreteras*. Bogotá: ECOE.
- HERRERA Adrian, Q. S. (s.f.). *ELEMENTOS QUE PARTICIPAN EN LA CONSTRUCCION DE UNA CARRETERA*. Recuperado el 28 de Julio de 2014
- INFRAESTRUCTURA, A. N. (s.f.). *Agencia Nacional de Infraestructura*. Recuperado el 28 de Julio de 2014, de <http://www.ani.gov.co/proyecto/general/cuarta-generacion-de-concesiones-1068>
- Infraestructura, A. N. (s.f.). <http://www.ani.gov.co/proyecto/general/cuarta-generacion-de-concesiones-1068>. Recuperado el Julio de 2014
- INFRAESTRUCTURA, A. N. (s.f.). *Sistema Electrónico de Contratación Publica*. Recuperado el Marzo de 2014, de <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=13-19-1442332>
- RODRIGUEZ RUFINO, G. J. (s.f.). *Carreteras* (Vol. 8). Mexico: Universidad Autonoma de Yucatán.
- UGARTE, Olger, *Diseño Geométrico de Carreteras con AutoCAD civil 3d*.
- *Mastering AutoCAD civil 3d 2013*, By Louisa Holland, Kati Mercier.
- *Harnessing Autodesk Civil 3d 2010*, By Phillip j. Zimmerman.

## ANEXO 1. Acuadelemcurhor4g Macro Para La Generación De Cuadro De Geometría Horizontal

```
Sub Acuadelemcurhor4g()  
'Henry Cruz 2014  
nombre = Sheets(1).Name  
Sheets (nombre).Name = "curhor1"  
Sheets. Add  
Sheets("Hoja1").Select  
Range("A1").Select  
Range("A1:A25").Select  
Selection.EntireRow.Delete  
Range("A1:D8000").Select  
Range("A1").Select  
Sheets("Hoja2").Select  
ActiveCell.Offset(0, 0) = "CURVA #"  
ActiveCell.Offset(0, 1) = "ESTE (m)"  
ActiveCell.Offset(0, 2) = "NORTE (m)"  
ActiveCell.Offset(0, 3) = "PI PI (m)"  
ActiveCell.Offset(0, 4) = "AZIMUT"  
ActiveCell.Offset(0, 5) = "DEFLEXION"  
ActiveCell.Offset(0, 6) = "S"  
ActiveCell.Offset(0, 7) = "DELTA Circ"  
ActiveCell.Offset(0, 8) = "R (m)"  
ActiveCell.Offset(0, 9) = "T (m)"  
ActiveCell.Offset(0, 10) = "CL (m)"
```

ActiveCell.Offset(0, 11) = "E (m)"  
ActiveCell.Offset(0, 12) = "M (m)"  
ActiveCell.Offset(0, 13) = "La (m)"  
ActiveCell.Offset(0, 14) = "Ga"  
ActiveCell.Offset(0, 15) = "Le (m)"  
ActiveCell.Offset(0, 16) = "Tetae"  
ActiveCell.Offset(0, 17) = "Xc"  
ActiveCell.Offset(0, 18) = "Yc"  
ActiveCell.Offset(0, 19) = "k"  
ActiveCell.Offset(0, 20) = "p"  
ActiveCell.Offset(0, 21) = "Te"  
ActiveCell.Offset(0, 22) = "Ee"  
ActiveCell.Offset(0, 23) = "Ti"  
ActiveCell.Offset(0, 24) = "Tc"  
ActiveCell.Offset(0, 25) = "Le (m)"  
ActiveCell.Offset(0, 26) = "Tetae"  
ActiveCell.Offset(0, 27) = "Xc"  
ActiveCell.Offset(0, 28) = "Yc"  
ActiveCell.Offset(0, 29) = "k"  
ActiveCell.Offset(0, 30) = "p"  
ActiveCell.Offset(0, 31) = "Te"  
ActiveCell.Offset(0, 32) = "Ee"  
ActiveCell.Offset(0, 33) = "Ti"  
ActiveCell.Offset(0, 34) = "Tc"  
ActiveCell.Offset(0, 35) = "TE (m)"  
ActiveCell.Offset(0, 36) = "EC/PC (m)"

ActiveCell.Offset(0, 37) = "EE/PQ (m)"

ActiveCell.Offset(0, 38) = "CE/PT (m)"

ActiveCell.Offset(0, 39) = "ET (m)"

ActiveCell.Offset(1, 0).Select

Sheets("Hoja1").Select

ABS0 = ActiveCell.Offset(0, 1) / 1000

NORTE0 = ActiveCell.Offset(0, 3)

ESTE0 = ActiveCell.Offset(0, 2)

Sheets("Hoja2").Select

ActiveCell.Offset(0, 0) = "INI"

ActiveCell.Offset(0, 37) = ABS0

ActiveCell.Offset(0, 1) = NORTE0

ActiveCell.Offset(0, 2) = ESTE0

ActiveCell.Offset(1, 0).Select

Sheets("Hoja1").Select

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

ESPIRAL - ESPIRAL

If ActiveCell.Offset(39, 0) = "Beginning:" Then

absin = ActiveCell.Offset(0, 1).Value / 1000

nortein = ActiveCell.Offset(0, 2).Value

estein = ActiveCell.Offset(0, 45).Value

NORTESIG = ActiveCell.Offset(1, 2).Value

ESTESIG = ActiveCell.Offset(5, 3).Value

DISTINTE = ActiveCell.Offset(4, 8).Value

RUMBO = ActiveCell.Offset(4, 3).Value

lrb = Len(RUMBO)

```

rb = Mid(RUMBO, 1, 1)
rb1 = Mid(RUMBO, lrb, 1)
cuad = rb & rb1
' Calculo del azimut
gr = Mid(RUMBO, 3, 2)
Min = Mid(RUMBO, 7, 2)
seg = Mid(RUMBO, 11, 2)
simg = Mid(RUMBO, 10, 1)
simm = Mid(RUMBO, 14, 1)
sims = Mid(RUMBO, 18, 1)
If cuad = "NE" Then AZIT = gr + Min / 60 + seg / 3600
If cuad = "SE" Then AZIT = 180 - (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad = "SW" Then AZIT = 180 + (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad = "NW" Then AZIT = 360 - (gr + Min / 60 + seg / 3600)
AZIT = 360 - (AZIT - 90)
If AZIT > 360 Then AZIT = AZIT - 360
'PIN = NORTE SIG + Cos (3.141592 * AZIT / 180) * DISTINTE
'PIE = ESTE SIG + Sin(3.141592 * AZIT / 180) * DISTINTE
TE = ActiveCell.Offset(9, 0)
ABSTE = ActiveCell.Offset(9, 1) / 1000
NORTE TE = ActiveCell.Offset(9, 2)
ESTE TE = ActiveCell.Offset(9, 3)
'NORTE PI = ActiveCell.Offset(10, 2)
'ESTE PI = ActiveCell.Offset(10, 3)
SS = ActiveCell.Offset(11, 0)
ABSSS = ActiveCell.Offset(11, 1) / 1000

```

NORTESS = ActiveCell.Offset(11, 2)  
 ESTESS = ActiveCell.Offset(11, 3)  
 Le = ActiveCell.Offset(14, 1)  
 TLe = ActiveCell.Offset(14, 3)  
 RC = ActiveCell.Offset(17, 1)  
 TCe = ActiveCell.Offset(15, 3)  
 DE = ActiveCell.Offset(16, 1)  
 DE = Mid(DE, 1, 10)  
 p = ActiveCell.Offset(16, 3)  
 Xe = ActiveCell.Offset(17, 1)  
 k = ActiveCell.Offset(17, 3)  
 Ye = ActiveCell.Offset(18, 1)  
 ET = ActiveCell.Offset(26, 0)  
 ABSET = ActiveCell.Offset(233, 1) / 1000  
 NORTEET = ActiveCell.Offset(26, 2)  
 ESTEET = ActiveCell.Offset(26, 3)  
 RUMBOA = ActiveCell.Offset(43, 3).Value  
 lrbA = Len(RUMBOA)  
 rbA = Mid(RUMBOA, 1, 1)  
 rb1A = Mid(RUMBOA, lrbA, 1)  
 cuad1 = rbA & rb1A  
 ' Calculo del azimut  
 gr = Mid(RUMBOA, 3, 2)  
 Min = Mid(RUMBOA, 7, 2)  
 seg = Mid(RUMBOA, 11, 2)  
 simg = Mid(RUMBOA, 10, 1)

```

simm = Mid(RUMBOA, 14, 1)
sims = Mid(RUMBOA, 18, 1)
If cuad1 = "NE" Then AZIT1 = gr + Min / 60 + seg / 3600
If cuad1 = "SE" Then AZIT1 = 180 - (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad1 = "SW" Then AZIT1 = 180 + (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad1 = "NW" Then AZIT1 = 360 - (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad1 = "NE" And cuad = "SW" Then AZIT1 = AZIT1 + 360
AZIT1 = 360 - (AZIT1 - 90)
If AZIT1 > 360 Then AZIT1 = AZIT1 - 360
ActiveCell.Offset(0, 6) = AZIT
ActiveCell.Offset(0, 7) = AZIT1
ActiveCell.Offset(0, 8) = RUMBO
ActiveCell.Offset(0, 9) = RUMBOA
If AZIT1 > AZIT Then
SENT = "DER"
deflex = AZIT1 - AZIT
End If
If AZIT1 < AZIT Then
SENT = "IZQ"
deflex = AZIT - AZIT1
End If
If deflex > 180 And SENT = "IZQ" Then
deflex = 360 - deflex
SENT = "DER"
End If

```

$TSe = k + (RC + p) * \tan(3.141592 * deflex * 0.5 / 180)$   
 $ESe = (RC + p) * 1 / \cos(3.141592 * deflex * 0.5 / 180) - RC$   
 $NORTEPI = NORTETE + \cos(3.141592 * azit / 180) * TSe$   
 $ESTEPI = ESTETE + \sin(3.141592 * azit / 180) * TSe$   
 $PIN = ESTETE + \cos(3.141592 * AZIT / 180) * TSe$   
 $PIE = NORTETE + \sin(3.141592 * AZIT / 180) * TSe$   
 $DISPIPI = \text{Sqr}((PIN - NORTE0) ^ 2 + (PIE - ESTE0) ^ 2)$

Z = Z + 1

ActiveCell.Offset(39, 0).Select

Sheets("Hoja2").Select

DFGR = Int(deflex)

DFCG = deflex - DFGR

DFMIN = Int(DFCG \* 60)

DFSEG = Int(deflex \* 3600 - DFGR \* 3600 - DFMIN \* 60)

deflex = DFGR & "°" & DFMIN & "'" & DFSEG & "''"

DAZGR = Int(AZIT)

DACG = AZIT - DAZGR

DAMIN = Int(DACG \* 60)

DASEG = Int(AZIT \* 3600 - DAZGR \* 3600 - DAMIN \* 60)

AZIT = DAZGR & "°" & DAMIN & "'" & DASEG & "''"

GRADO = 1145 / 2 / RC

GGR = Int(GRADO)

DECG = GRADO - GGR

GMIN = Int(DECG \* 60)

GSEG = Int(GRADO \* 3600 - GGR \* 3600 - GMIN \* 60)

GRADO = GGR & "°" & GMIN & "'" & GSEG & ""

If Z = 0 Then Z = "INI"

ActiveCell.Offset(0, 0) = Z

If Z = "INI" Then Z = 0

'ActiveCell.Offset(0, 23) = TSe

ActiveCell.Offset(0, 6) = SENT

ActiveCell.Offset(0, 35) = ABSTE

'ActiveCell.Offset(0, 37) = ABSSS

'ActiveCell.Offset(2, 3) = ABSPI

ActiveCell.Offset(0, 37) = ABSSS

ActiveCell.Offset(0, 39) = ABSET

'ActiveCell.Offset(0, 4) = NORTETE

'ActiveCell.Offset(1, 4) = NORTESS

ActiveCell.Offset(0, 1) = PIN

'ActiveCell.Offset(3, 4) = NORTESS

'ActiveCell.Offset(4, 4) = NORTEET

'ActiveCell.Offset(0, 5) = ESTETE

'ActiveCell.Offset(1, 5) = ESTESS

ActiveCell.Offset(0, 2) = PIE

'ActiveCell.Offset(3, 5) = ESTESS

'ActiveCell.Offset(4, 5) = ESTEET

ActiveCell.Offset(0, 5) = deflex

ActiveCell.Offset(0, 4) = AZIT

ActiveCell.Offset(0, 3) = DISPIPI

'ActiveCell.Offset(0, 14) = GRADO

'ActiveCell.Offset(3, 6) = DEFLEX  
'ActiveCell.Offset(3, 7) = AZIT  
'ActiveCell.Offset(3, 8) = DISTINTE  
'ActiveCell.Offset(3, 10) = GRADO  
ActiveCell.Offset(0, 14) = GRADO  
'ActiveCell.Offset(0, 8) = Rc  
ActiveCell.Offset(0, 8) = RC  
ActiveCell.Offset(0, 15) = Le  
ActiveCell.Offset(0, 25) = Le  
ActiveCell.Offset(0, 17) = Xe  
ActiveCell.Offset(0, 27) = Xe  
ActiveCell.Offset(0, 18) = Ye  
ActiveCell.Offset(0, 28) = Ye  
ActiveCell.Offset(0, 20) = p  
ActiveCell.Offset(0, 30) = p  
ActiveCell.Offset(0, 19) = k  
ActiveCell.Offset(0, 29) = k  
ActiveCell.Offset(0, 23) = TLe  
ActiveCell.Offset(0, 33) = TLe  
ActiveCell.Offset(0, 24) = TCe  
ActiveCell.Offset(0, 34) = TCe  
ActiveCell.Offset(0, 16) = DE  
ActiveCell.Offset(0, 26) = DE  
'ActiveCell.Offset(0, 7) = "deltac"  
'ActiveCell.Offset(0, 9) = "Tang Circular"  
'ActiveCell.Offset(0, 10) = "Long Circular"

'ActiveCell.Offset(0, 11) = "Externa Circular"

'ActiveCell.Offset(0, 12) = "Med Circular"

'ActiveCell.Offset(0, 13) = "Long Circular"

'ActiveCell.Offset(0, 14) = "Grado Circular"

ActiveCell.Offset(0, 21) = TSe

ActiveCell.Offset(0, 31) = TSe

ActiveCell.Offset(0, 22) = ESe

ActiveCell.Offset(0, 32) = ESe

NORTE0 = PIN

ESTE0 = PIE

ActiveCell.Offset(1, 0).Select

Sheets("Hoja1").Select

GoTo linea1

End If

\*\*\*\*\*ESPIRAL - CIRCULAR - ESPIRAL  
\*\*\*\*\*

If ActiveCell.Offset(53, 0) = "Start:" Then

absin = ActiveCell.Offset(0, 1).Value / 1000

nortein = ActiveCell.Offset(0, 2).Value

estein = ActiveCell.Offset(0, 3).Value

NORTESIG = ActiveCell.Offset(1, 2).Value

ESTESIG = ActiveCell.Offset(1, 3).Value

DISTINTE = ActiveCell.Offset(4, 1).Value

RUMBO = ActiveCell.Offset(4, 3).Value

```

lrb = Len(RUMBO)
rb = Mid(RUMBO, 1, 1)
rb1 = Mid(RUMBO, lrb, 1)
cuad = rb & rb1
' Calculo del azimut
gr = Mid(RUMBO, 3, 2)
Min = Mid(RUMBO, 7, 2)
seg = Mid(RUMBO, 11, 2)
simg = Mid(RUMBO, 10, 1)
simm = Mid(RUMBO, 14, 1)
sims = Mid(RUMBO, 18, 1)
If cuad = "NE" Then AZIT = gr + Min / 60 + seg / 3600
If cuad = "SE" Then AZIT = 180 - (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad = "SW" Then AZIT = 180 + (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad = "NW" Then AZIT = 360 - (gr + Min / 60 + seg / 3600)
AZIT = 360 - (AZIT - 90)
If AZIT > 360 Then AZIT = AZIT - 360
PIN = NORTE SIG + Cos(3.141592 * AZIT / 180) * DISTINTE
PIE = ESTE SIG + Sin(3.141592 * AZIT / 180) * DISTINTE
TE = ActiveCell.Offset(9, 0)
ABSTE = ActiveCell.Offset(9, 1) / 1000
NORTE TE = ActiveCell.Offset(9, 2)
ESTE TE = ActiveCell.Offset(9, 3)
SC = ActiveCell.Offset(11, 0)
ABSEC = ActiveCell.Offset(11, 1) / 1000
NORTE EC = ActiveCell.Offset(11, 2)

```

ESTEEC = ActiveCell.Offset(11, 3)  
Le = ActiveCell.Offset(14, 1)  
TLe = ActiveCell.Offset(14, 3)  
RC = ActiveCell.Offset(15, 1)  
TCe = ActiveCell.Offset(15, 3)  
TLc = ActiveCell.Offset(15, 3)  
DE = ActiveCell.Offset(16, 1)  
DE = Mid(DE, 1, 10)  
p = ActiveCell.Offset(16, 3)  
Xe = ActiveCell.Offset(17, 1)  
k = ActiveCell.Offset(17, 3)  
Ye = ActiveCell.Offset(18, 1)  
DELTAcir = ActiveCell.Offset(29, 1)  
midor = ActiveCell.Offset(32, 1)  
cl = ActiveCell.Offset(33, 1)  
Longc = ActiveCell.Offset(31, 1)  
ABSCE = ActiveCell.Offset(38, 1) / 1000  
NORTECE = ActiveCell.Offset(38, 2)  
ESTECE = ActiveCell.Offset(38, 3)  
ABSET = ActiveCell.Offset(40, 1) / 1000  
NORTEET = ActiveCell.Offset(40, 2)  
ESTEET = ActiveCell.Offset(40, 3)  
Tc = ActiveCell.Offset(31, 3)  
Lc = ActiveCell.Offset(31, 1)  
EC = ActiveCell.Offset(32, 3)  
RUMBOA = ActiveCell.Offset(57, 3).Value

```

lrbA = Len(RUMBOA)
rbA = Mid(RUMBOA, 1, 1)
rb1A = Mid(RUMBOA, lrb, 1)
cuad1 = rbA & rb1A
' Calculo del azimut
gr = Mid(RUMBOA, 3, 2)
Min = Mid(RUMBOA, 7, 2)
seg = Mid(RUMBOA, 11, 2)
simg = Mid(RUMBOA, 10, 1)
simm = Mid(RUMBOA, 14, 1)
sims = Mid(RUMBOA, 18, 1)
If cuad1 = "NE" Then AZIT1 = gr + Min / 60 + seg / 3600
If cuad1 = "SE" Then AZIT1 = 180 - (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad1 = "SW" Then AZIT1 = 180 + (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad1 = "NW" Then AZIT1 = 360 - (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad1 = "NE" And cuad = "SW" Then AZIT1 = AZIT1 + 360
AZIT1 = 360 - (AZIT1 - 90)
If AZIT1 > 360 Then AZIT1 = AZIT1 - 360
If AZIT1 > AZIT Then
SENT = "IZQ"
deflex = AZIT1 - AZIT
End If
If AZIT1 < AZIT Then
SENT = "DER"
deflex = AZIT - AZIT1
End If

```

If deflex > 180 And SENT = "DER" Then

deflex = 360 - deflex

SENT = "IZQ"

End If

If deflex > 180 And SENT = "IZQ" Then

deflex = 360 - deflex

SENT = "DER"

End If

TE = k + (RC + p) \* Tan(3.141592 \* deflex \* 0.5 / 180)

ESe = (RC + p) \* 1 / Cos(3.141592 \* deflex \* 0.5 / 180) - RC

PIN = ESTETE + Cos(3.141592 \* AZIT / 180) \* TE

PIE = NORTETE + Sin(3.141592 \* AZIT / 180) \* TE

'ActiveCell.Offset(0, 6) = AZIT

'ActiveCell.Offset(0, 7) = AZIT1

'ActiveCell.Offset(0, 8) = RUMBO

'ActiveCell.Offset(0, 9) = RUMBOA

'ActiveCell.Offset(0, 10) = TE

DISPIPI = Sqr((PIN - NORTE0) ^ 2 + (PIE - ESTE0) ^ 2)

Z = Z + 1

ActiveCell.Offset(53, 0).Select

Sheets("Hoja2").Select

DFGR = Int(deflex)

DFCG = deflex - DFGR

DFMIN = Int(DFCG \* 60)

DFSEG = Int(deflex \* 3600 - DFGR \* 3600 - DFMIN \* 60)

```

deflex = DFGR & "°" & DFMIN & "" & DFSEG & "''"
DAZGR = Int(AZIT)
DACG = AZIT - DAZGR
DAMIN = Int(DACG * 60)
DASEG = Int(AZIT * 3600 - DAZGR * 3600 - DAMIN * 60)
AZIT = DAZGR & "°" & DAMIN & "" & DASEG & "''"
GRADO = 1145 / 2 / RC
GGR = Int(GRADO)
DECG = GRADO - GGR
GMIN = Int(DECG * 60)
GSEG = Int(GRADO * 3600 - GGR * 3600 - GMIN * 60)
GRADO = GGR & "°" & GMIN & "" & GSEG & "''"
If Z = 0 Then Z = "INI"
ActiveCell.Offset(0, 0) = Z
If Z = "INI" Then Z = 0
'ActiveCell.Offset(0, 23) = TSe
ActiveCell.Offset(0, 6) = SENT
ActiveCell.Offset(0, 35) = ABSTE
ActiveCell.Offset(0, 36) = ABSEC
ActiveCell.Offset(0, 38) = ABSCE
'ActiveCell.Offset(3, 3) = ABSSS
ActiveCell.Offset(0, 39) = ABSET
'ActiveCell.Offset(0, 4) = NORTETE
'ActiveCell.Offset(1, 4) = NORTESS
ActiveCell.Offset(0, 1) = PIN
'ActiveCell.Offset(3, 4) = NORTESS

```

'ActiveCell.Offset(4, 4) = NORTEET  
'ActiveCell.Offset(0, 5) = ESTETE  
'ActiveCell.Offset(1, 5) = ESTESS  
ActiveCell.Offset(0, 2) = PIE  
'ActiveCell.Offset(3, 5) = ESTESS  
'ActiveCell.Offset(4, 5) = ESTEET  
ActiveCell.Offset(0, 5) = deflex  
ActiveCell.Offset(0, 4) = AZIT  
ActiveCell.Offset(0, 3) = DISPIPI  
ActiveCell.Offset(0, 14) = GRADO  
'ActiveCell.Offset(3, 6) = DEFLEX  
'ActiveCell.Offset(3, 7) = AZIT  
'ActiveCell.Offset(3, 8) = DISTINTE  
'ActiveCell.Offset(3, 10) = GRADO  
'ActiveCell.Offset(2, 10) = GRADO  
ActiveCell.Offset(0, 8) = RC  
'ActiveCell.Offset(4, 12) = RC  
ActiveCell.Offset(0, 15) = Le  
ActiveCell.Offset(0, 25) = Le  
ActiveCell.Offset(0, 17) = Xe  
ActiveCell.Offset(0, 27) = Xe  
ActiveCell.Offset(0, 18) = Ye  
ActiveCell.Offset(0, 28) = Ye  
ActiveCell.Offset(0, 20) = p  
ActiveCell.Offset(0, 30) = p  
ActiveCell.Offset(0, 19) = k

```
ActiveCell.Offset(0, 29) = k
ActiveCell.Offset(0, 23) = TLe
ActiveCell.Offset(0, 33) = TLe
ActiveCell.Offset(0, 24) = TCe
ActiveCell.Offset(0, 34) = TCe
ActiveCell.Offset(0, 16) = DE
ActiveCell.Offset(0, 26) = DE
ActiveCell.Offset(0, 9) = Tc
ActiveCell.Offset(0, 10) = cl
ActiveCell.Offset(0, 11) = EC
ActiveCell.Offset(0, 21) = TE
ActiveCell.Offset(0, 31) = TE
ActiveCell.Offset(0, 22) = ESe
ActiveCell.Offset(0, 32) = ESe
DELTAcir = Mid(DELTAcir, 1, 10)
ActiveCell.Offset(0, 7) = DELTAcir
ActiveCell.Offset(0, 14) = GRADO
ActiveCell.Offset(0, 12) = midor
ActiveCell.Offset(0, 13) = Longc
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Sheets("Hoja1").Select
NORTE0 = PIN
ESTE0 = PIE
GoTo linea1
End If
```

```
***** CIRCULAR*****
```

```

If ActiveCell.Offset(23, 0) = "Start:" Then
DISTINPC = ActiveCell.Offset(4, 1).Value
RUMBO = ActiveCell.Offset(4, 3).Value
lrb = Len(RUMBO)
rb = Mid(RUMBO, 1, 1)
rb1 = Mid(RUMBO, lrb, 1)
cuad = rb & rb1
' Calculo del azimut
gr = Mid(RUMBO, 3, 2)
Min = Mid(RUMBO, 7, 2)
seg = Mid(RUMBO, 11, 2)
simg = Mid(RUMBO, 10, 1)
simm = Mid(RUMBO, 14, 1)
sims = Mid(RUMBO, 18, 1)
If cuad = "NE" Then AZIT = gr + Min / 60 + seg / 3600
If cuad = "SE" Then AZIT = 180 - (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad = "SW" Then AZIT = 180 + (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad = "NW" Then AZIT = 360 - (gr + Min / 60 + seg / 3600)
AZIT = 360 - (AZIT - 90)
If AZIT > 360 Then AZIT = AZIT - 360
PIN = NORTE SIG + Cos(3.141592 * AZIT / 180) * DISTINTE
PIE = ESTE SIG + Sin(3.141592 * AZIT / 180) * DISTINTE
SENT = ActiveCell.Offset(14, 3)
If SENT = "LEFT" Then SENT = "IZQ"
If SENT = "RIGHT" Then SENT = "DER"
DELTAcir = ActiveCell.Offset(14, 1)

```

ABSPC = ActiveCell.Offset(9, 1) / 1000  
 NORTEPC = ActiveCell.Offset(9, 2)  
 ESTEPC = ActiveCell.Offset(9, 3)  
 ABSPT = ActiveCell.Offset(11, 1) / 1000  
 NORTEPT = ActiveCell.Offset(11, 2)  
 ESTEPT = ActiveCell.Offset(11, 3)  
 Tc = ActiveCell.Offset(16, 3)  
 PIN = NORTEPC + Cos(3.141592 \* AZIT / 180) \* Tc  
 PIE = ESTEPC + Sin(3.141592 \* AZIT / 180) \* Tc  
 RC = ActiveCell.Offset(15, 1)  
 GRADO = 1145 / 2 / RC  
 GGR = Int(GRADO)  
 DECG = GRADO - GGR  
 GMIN = Int(DECG \* 60)  
 GSEG = Int(GRADO \* 3600 - GGR \* 3600 - GMIN \* 60)  
 GRADO = GGR & "°" & GMIN & "'" & GSEG & ""  
 Lc = ActiveCell.Offset(16, 1)  
 cl = ActiveCell.Offset(18, 1)  
 midor = ActiveCell.Offset(17, 1)  
 EC = ActiveCell.Offset(17, 3)  
 RUMBOA = ActiveCell.Offset(27, 3).Value  
 lrbA = Len(RUMBOA)  
 rbA = Mid(RUMBOA, 1, 1)  
 rb1A = Mid(RUMBOA, lrbA, 1)  
 cuad1 = rbA & rb1A  
 ' Calculo del azimut

```

gr = Mid(RUMBOA, 3, 2)
Min = Mid(RUMBOA, 7, 2)
seg = Mid(RUMBOA, 11, 2)
simg = Mid(RUMBOA, 10, 1)
simm = Mid(RUMBOA, 14, 1)
sims = Mid(RUMBOA, 18, 1)

If cuad1 = "NE" Then AZIT1 = gr + Min / 60 + seg / 3600
If cuad1 = "SE" Then AZIT1 = 180 - (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad1 = "SW" Then AZIT1 = 180 + (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad1 = "NW" Then AZIT1 = 360 - (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad1 = "NE" And cuad = "SW" Then AZIT1 = AZIT1 + 360

If AZIT1 > AZIT Then deflex = AZIT1 - AZIT
If AZIT1 < AZIT Then deflex = AZIT - AZIT1

AZIT1 = 360 - (AZIT1 - 90)

If AZIT1 > 360 Then AZIT1 = AZIT1 - 360
If deflex > 180 Then deflex = 360 - deflex

PIN = ESTEPC + Cos(3.141592 * AZIT / 180) * Tc
PIE = NORTEPC + Sin(3.141592 * AZIT / 180) * Tc
ActiveCell.Offset(0, 9) = PIN
ActiveCell.Offset(0, 10) = PIE
ActiveCell.Offset(1, 9) = NORTEPC
ActiveCell.Offset(1, 10) = ESTEPC

DISPIPI = Sqr((PIN - NORTE0) ^ 2 + (PIE - ESTE0) ^ 2)
Z = Z + 1

```

ActiveCell.Offset(23, 0).Select

Sheets("Hoja2").Select

DFGR = Int(deflex)

DFCG = deflex - DFGR

DFMIN = Int(DFCG \* 60)

DFSEG = Int(deflex \* 3600 - DFGR \* 3600 - DFMIN \* 60)

deflex = DFGR & "°" & DFMIN & "'" & DFSEG & ""

DAZGR = Int(AZIT)

DACG = AZIT - DAZGR

DAMIN = Int(DACG \* 60)

DASEG = Int(AZIT \* 3600 - DAZGR \* 3600 - DAMIN \* 60)

AZIT = DAZGR & "°" & DAMIN & "'" & DASEG & ""

If Z = 0 Then Z = "INI"

ActiveCell.Offset(1, 0) = Z

If Z = "INI" Then Z = 0

ActiveCell.Offset(0, 6) = SENT

ActiveCell.Offset(0, 36) = ABSPC

ActiveCell.Offset(0, 38) = ABSPT

ActiveCell.Offset(0, 1) = PIN

ActiveCell.Offset(0, 2) = PIE

ActiveCell.Offset(0, 5) = deflex

ActiveCell.Offset(0, 4) = AZIT

ActiveCell.Offset(0, 3) = DISPIPI

DELTAcir = Mid(DELTAcir, 1, 10)

ActiveCell.Offset(0, 7) = DELTAcir

```

ActiveCell.Offset(0, 14) = GRADO
ActiveCell.Offset(0, 10) = "Cuerda"
ActiveCell.Offset(0, 12) = "Midor"
ActiveCell.Offset(0, 9) = Tc
ActiveCell.Offset(0, 8) = RC
ActiveCell.Offset(0, 13) = Lc
ActiveCell.Offset(0, 11) = EC
ActiveCell.Offset(0, 10) = cl
ActiveCell.Offset(0, 12) = midor
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
NORTE0 = PIN
ESTE0 = PIE
Sheets("Hoja1").Select
GoTo linea1
End If
***** PI *****

If ActiveCell.Offset(9, 0) = "Start:" Then
DISTINPI = ActiveCell.Offset(4, 1).Value
RUMBO = ActiveCell.Offset(4, 3).Value
lrb = Len(RUMBO)
rb = Mid(RUMBO, 1, 1)
rb1 = Mid(RUMBO, lrb, 1)
cuad = rb & rb1
' Calculo del azimut
gr = Mid(RUMBO, 3, 2)
Min = Mid(RUMBO, 7, 2)

```

```

seg = Mid(RUMBO, 11, 2)
simg = Mid(RUMBO, 10, 1)
simm = Mid(RUMBO, 14, 1)
sims = Mid(RUMBO, 18, 1)
If cuad = "NE" Then AZIT = gr + Min / 60 + seg / 3600
If cuad = "SE" Then AZIT = 180 - (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad = "SW" Then AZIT = 180 + (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad = "NW" Then AZIT = 360 - (gr + Min / 60 + seg / 3600)
deflex = ActiveCell.Offset(14, 1)
ABSPI = ActiveCell.Offset(1, 1) / 1000
PIN = ActiveCell.Offset(1, 3)
PIE = ActiveCell.Offset(1, 2)
DISPIPI = Sqr((PIN - NORTE0) ^ 2 + (PIE - ESTE0) ^ 2)
DELTAcir = 0
RUMBOA = ActiveCell.Offset(13, 3).Value
lrbA = Len(RUMBOA)
rbA = Mid(RUMBOA, 1, 1)
rb1A = Mid(RUMBOA, lrb, 1)
cuad1 = rbA & rb1A
' Calculo del azimut
gr = Mid(RUMBOA, 3, 2)
Min = Mid(RUMBOA, 7, 2)
seg = Mid(RUMBOA, 11, 2)
simg = Mid(RUMBOA, 10, 1)
simm = Mid(RUMBOA, 14, 1)
sims = Mid(RUMBOA, 18, 1)

```

```

If cuad1 = "NE" Then AZIT1 = gr + Min / 60 + seg / 3600
If cuad1 = "SE" Then AZIT1 = 180 - (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad1 = "SW" Then AZIT1 = 180 + (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad1 = "NW" Then AZIT1 = 360 - (gr + Min / 60 + seg / 3600)
If cuad1 = "NE" And cuad = "SW" Then AZIT1 = AZIT1 + 360
If AZIT1 > AZIT Then
SENT = "DER"
deflex = AZIT1 - AZIT
If AZIT1 < AZIT Then
SENT = "IZQ"
deflex = AZIT - AZIT1
Z = Z + 1
ActiveCell.Offset(9, 0).Select
Sheets("Hoja2").Select
DFGR = Int(deflex)
DFCG = deflex - DFGR
DFMIN = Int(DFCG * 60)
DFSEG = Int(deflex * 3600 - DFGR * 3600 - DFMIN * 60)
deflex = DFGR & "°" & DFMIN & "'" & DFSEG & ""'"
DAZGR = Int(AZIT)
DACG = AZIT - DAZGR
DAMIN = Int(DACG * 60)
DASEG = Int(AZIT * 3600 - DAZGR * 3600 - DAMIN * 60)
AZIT = DAZGR & "°" & DAMIN & "'" & DASEG & ""'"
If Z = 0 Then Z = "INI"
ActiveCell.Offset(0, 0) = Z

```

```
If Z = "INI" Then Z = 0
ActiveCell.Offset(0, 6) = SENT
ActiveCell.Offset(0, 37) = ABSPI
ActiveCell.Offset(0, 1) = PIN
ActiveCell.Offset(0, 2) = PIE
ActiveCell.Offset(0, 5) = deflex
ActiveCell.Offset(0, 4) = AZIT
ActiveCell.Offset(0, 3) = DISPIPI
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Sheets("Hoja1").Select
NORTE0 = PIN
ESTE0 = PIE
GoTo linea1
ABSFIN = ActiveCell.Offset(1, 1) / 1000
NORTEF = ActiveCell.Offset(1, 2)
ESTEF = ActiveCell.Offset(1, 3)
Sheets("Hoja2").Select
ActiveCell.Offset(0, 0) = "FIN"
ActiveCell.Offset(0, 37) = ABSFIN
ActiveCell.Offset(0, 2) = NORTEF
ActiveCell.Offset(0, 1) = ESTEF
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Sheets("Hoja1").Select
End Sub
```

## ANEXO 2. Acuadelemcurver4g Macro Para La Generación De Cuadro De Geometría Vertical

```
Sub Acuadelemcurver4g()  
'Henry Cruz 2014  
Range("A1").Select  
Range("F1").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
:=False, Transpose:=False  
nombre = Sheets(1).Name  
Sheets(nombre).Name = "Hoja1"  
Sheets.Add  
Sheets("Hoja1").Select  
Range("F1").Select  
Range("F1:F14").Select  
Selection.EntireRow.Delete  
Range("F1").Select  
Selection.EntireColumn.Delete  
Range("F1:I3000").Select  
Range("F2").Select  
absin = ActiveCell.Offset(-1, 0).Value  
abspiv = ActiveCell.Offset(0, 0).Value  
PENDAT = ActiveCell.Offset(-1, 1).Value  
COTAPIV = ActiveCell.Offset(3, 3).Value  
ActiveCell.Offset(0, 10) = COTAPIV  
Longc = Len(COTAPIV)
```

```

ActiveCell.Offset(0, 14) = Longc
'Stop
COTAPIV = Left(COTAPIV, Longc - 1) * 1
'ActiveCell.Offset(0, 11) = COTAPIV
DIST = abspiv - absin
cotaOR = COTAPIV - (PENDAT * DIST)
Sheets("Hoja2").Select
Range("A8").Select
    ActiveCell.Offset(0, 0).Value = "INI"
    ActiveCell.Offset(0, 1).Value = absin
    ActiveCell.Offset(0, 2).Value = cotaOR
    ActiveCell.Offset(0, 3).Value = DIST
    ActiveCell.Offset(0, 4).Value = PENDAT
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
For X = 1 To 1000
Sheets("Hoja1").Select
If IsEmpty(ActiveCell.Offset(1, 0)) Then
Sheets("Hoja2").Select
ActiveCell.Offset(0, 0) = "FIN"
ActiveCell.Offset(0, 1).Value = abspiv
ActiveCell.Offset(0, 2).Value = cotfin
End If
If Mid(ActiveCell.Offset(1, 0), 1, 8) = "Vertical" Then
abspiv = ActiveCell.Offset(0, 0).Value
absPIVS = ActiveCell.Offset(10, 0).Value
'If IsEmpty(ActiveCell.Offset(1, 0)) Then GoTo LINEA1

```

PENDAT = ActiveCell.Offset(6, 1).Value  
pendad = ActiveCell.Offset(6, 3).Value  
longcurva = ActiveCell.Offset(0, 2).Value  
piv = ActiveCell.Offset(3, 1).Value  
COTPIV = ActiveCell.Offset(3, 3).Value  
LongPI = Len(COTPIV)  
PCV = ActiveCell.Offset(2, 1).Value  
COTPCV = ActiveCell.Offset(2, 3).Value  
LongPc = Len(COTPCV)  
PTV = ActiveCell.Offset(4, 1).Value  
COTPTV = ActiveCell.Offset(4, 3).Value  
LongPt = Len(COTPTV)  
k = ActiveCell.Offset(7, 3).Value  
DIST = absPIVS - abspiv  
cotRAS = COTPIV + ext  
ActiveCell.Offset(10, 0).Select  
Sheets("Hoja2").Select  
ActiveCell.Offset(0, 0) = X  
ActiveCell.Offset(0, 1).Value = abspiv  
ActiveCell.Offset(0, 2).Value = COTPIV  
ActiveCell.Offset(0, 3).Value = DIST  
ActiveCell.Offset(0, 4).Value = pendad  
ActiveCell.Offset(0, 5).Value = longcurva  
ActiveCell.Offset(0, 6).Value = k  
ActiveCell.Offset(0, 7).Value = ext  
ActiveCell.Offset(0, 8).Value = PCV

```

ActiveCell.Offset(0, 9).Value = COTPCV
ActiveCell.Offset(0, 10).Value = piv
ActiveCell.Offset(0, 11).Value = cotRAS
ActiveCell.Offset(0, 12).Value = PTV
ActiveCell.Offset(0, 13).Value = COTPTV
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
GoTo linea2
End If
If IsEmpty(ActiveCell.Offset(0, 2)) Then
abspiv = ActiveCell.Offset(0, 0)
DIST = ActiveCell.Offset(1, 0) - abspiv
pendad = ActiveCell.Offset(0, 1)
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Sheets("Hoja2").Select
ActiveCell.Offset(0, 0) = X
ActiveCell.Offset(0, 1).Value = abspiv
ActiveCell.Offset(0, 2).Value = COTPIV
ActiveCell.Offset(0, 3).Value = DIST
ActiveCell.Offset(0, 4).Value = pendad
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
GoTo linea2
End If
linea2:
ABSFIN = abspiv
Next X
End Sub

```

### ANEXO 3 Lisp Programación Planos de Secciones Transversales

```
(defun C:sec ()  
  
  (alert "Henry Cruz Ago 22-014\n coloque el plano1 en MSPACE\n No numere 01  
sino 1\n situese en Paper")  
  
  (command "Saveas" "lt2013" narch)  
  
  ;(setq nc (Getint "Numero de corrida, primera [1] segunda [2] Tercera [3]: "))  
  
  (setq nc 1)  
  
  (setq spl 1)  
  
  (command "pspace")  
  
  (command "zoom" "e")  
  
  (setq x 1)  
  
  (setq INPL (getint "\nENTRE PLANO INIC.: "))  
  
  (setq a (getvar "CTAB") aa (strlen a) aa (substr a 1 (- aa spl)) b 0)  
  
  (COMMAND "LAYOUT" "set" "Model")  
  
  (command "zoom" "e")  
  
  ;cuando no arranca con el primer plano  
  
  ;(setq p0 (list 1095798 1086995))  
  
  (SETQ xin (nth 0 p0) yin (nth 1 p0))  
  
  (if (= nc 1) (setq inpl2 1))  
  
  (setq xin (+ xin (* (- inpl2 1) dist)))  
  
  (setq p0 (list xin yin))  
  
  (princ xin) (princ "YIN") (princ yin)  
  
  (setq pp (/ distotplx dist) pp (fix pp))  
  
  (COMMAND "APERTURE" 1)  
  
  (setq eje 1 n eje 1)
```

```

(setq totpl (+ pp inpl 1))
;(PRINT TOTPL)(PRINC " ")(PRINC CCPP)
;(SETQ YA (GETSTRING "No. Planos"))
(setq x 1 lx 0 cadx (nth 0 p0) cady (nth 1 p0) cadx1 dist cad1y (+ cady distplx))
(setq p1 (list cadx cady) p2 (list (+ cadx dist) cad1y))
(if (= nc 2) (setq pp (* pp 2)))
;(while (< x (/ (+ totpl 1) ccpp))
;(while (< x (/ (+ totpl 1) ccpp))
(while (< x 121)
(setq inpl (+ inpl 1))
(command "layout" "set" a)
(setq b inpl b1 (fix b))
(setq c (strcat aa (rtos B1 2 0)))
(command "layout" "copy" a c)
(command "layout" "set" c)
(command "mspace")
(setq pan1 (list (* x dist) distply) pan2 (list (- (* dist x) dist) distply) pan3 (list (+ (* dist
x) dist) 0.5))
(command "pan" pan1 pan2)
(setq p1 (list (+ cadx (* x dist) 0.2) (+ (nth 1 p0) 0.2)) p2 (list (+ cadx (* dist x) dist -
0.2) (- (nth 1 pmax) 0.2)))
(setq ss1 (ssget "w" p1 p2 '((8 . "ABSCISADO"))))
(setq ns (sslenght ss1) xx 0)
(setq lista (list 0))
(SETQ ABSCMIN 200000 ABSCMAX 0)
(repeat ns
(setq tsec (ssname ss1 xx) bdsec (entget tsec) absc (cdr (assoc 1 bdsec)))

```

```

;(if (= (cdr (assoc 0 bdsec)) "MTEXT")
;(progn
; (command "explode" tsec "")
; (command)
;(setq ss1 (ssget "L"))
;(setq tsec (ssname ss1 0) bdsec (entget tsec) absc (cdr (assoc 1 bdsec)))
;)
;)
;(setq ya (getstring "Hizo el explode"))
;SI EL ABSCISADO TIENE EL TEXTO ESTACION DEBE DEJARSE LAS DOS
LINEAS SIGUIENTES
;(setq ya (getstring "Revisión abscisado"))
(setq absc (strcat (substr absc 2 k) (substr absc nl 6)))
;(setq tabsc (substr absc (- (strlen absc) 10) 7))
;(alert absc)
;(print absc)
;(setq ya (getstring "Abscisado inicial"))
(SETQ ABSC (ATOF ABSC))
(if (> absc abscmax)(setq abscmax absc))
(if (< absc abscmin)(setq abscmin absc))
(setq lista1 (LIST absc))
(setq lista (append lista lista1))
(SETQ XX (+ XX 1))
)
(SETQ K1 (FIX (/ ABSCMIN 1000)) DEC1 (- ABSCMIN (* K1 1000)) K2 (FIX (/
ABSCMAX 1000)) DEC2 (- ABSCMAX (* K2 1000)))
;(princ k1)

```

```

;(setq ya (getstring "definición de K y dec"))

(SETQ K1 (RTOS K1 2 0) DEC1 (RTOS DEC1 2 2) k2 (RTOS K2 2 0) DEC2 (RTOS
DEC2 2 2))

(setq a c)

(setq x (+ x 1))

(command "pspace")

(setq arch (list 894.671 35.535) arch1 (list 934.430 39.828) titulo (list 894.671
35.535) plano1 (list 938.379 27.560) plano2 (list 938.379 27.550))

(setq ddt dec1)

  (setq ddt (atof ddt))

  (setq ddt2 dec2)

  (setq ddt2 (atof ddt2))

  (if (< ddt 100.0)(setq dec1 (strcat "0" dec1)))

  (if (< ddt2 100.0)(setq dec2 (strcat "0" dec2)))

  (if (< ddt 10.0)(setq dec1 (strcat "00" dec1)))

  (if (< ddt2 10.0)(setq dec2 (strcat "00" dec2)))

(setq ttp (- totpl 1))

;(setq nombre (strcat a " DE " (rtos ttp 2 0)))

(setq nombre (strcat a " DE " "4160"))

(command "change" "c" plano2 plano1 "" "" "" "" "" "" nombre)

(print plano2)

(VMON)

(command ".Qsave")

;(setq ya (getstring "ojala"))

)

); fin defun

```