

PROYECTO DE GRADO

**SIMULADOR DE RALLY ARGENTINO - MODELADO DE TRAMOS REALES
GENERADOS POR MODELOS DIGITALES DE ELEVACION (MDE)**

**Nicolás Sastre
Ingeniería de Sistemas
IUA, Villa Dolores**

**Luis Nieto
Ingeniería de Sistemas
IUA, Villa Dolores**

Villa Dolores, Córdoba 10 de Abril de 2012

Agradecimientos

Principalmente a nuestras familias quienes hicieron posible que pudiéramos dedicarnos a lo que nos gusta, que nos apoyan día a día para que sigamos creciendo como personas.

A la Delegación Universitaria de Villa Dolores, que hizo posible que esta carrera se pudiera cursar en nuestra ciudad.

Y a nuestro Tutor Ing. García Mattio quien nos guió en todo el desarrollo de este proyecto.

A todos ellos nuestro más sincero AGRADECIMIENTO

Este proyecto de grado es propiedad de Sastre, Nicolás y Nieto, Luis. El mismo no puede ser duplicado en todo ni en parte, ni resumirse sin el consentimiento de los autores o de esta Institución.

Dedicatoria



ABSTRACTO

Inmersos en la geografía cordobesa, rodeados de caminos enclavados en todo tipo de montañas y paisajes naturales, aquellos que una vez al año parecieran perder todo tipo de tranquilidad solo por la potencia de motores de 300 caballos de fuerza resultaría suficiente para inquietar la habitual calma de los mencionados caminos.

Como habitantes del Valle de Traslasierra, nos aprestamos a diseñar los caminos por los que transita el rally Mundial en la zona de traslasierra en 3D a modo de acercarlos al mundo en post de que se valore semejante obra. Y que mejor forma de acercarlos que hacerlo mediante la implementación de los caminos virtuales en un simulador de Rally.

Mediante la realización de este proyecto se pretende dar solución, aunque sea en parte, a la problemática que sufren los equipos de rally profesionales, tanto a nivel nacional, como sobre todo a nivel internacional de tener que trasladar toda una estructura (con todo el gasto que ello conlleva) para realizar diferentes tests sobre caminos desconocidos.

El objeto de estudio es el modelado en 3D de los diferentes caminos y geografía por los que transita habitualmente la competencia en traslasierra, siempre partiendo de datos reales obtenidos por dispositivos GPS y los Modelos Digitales de Elevación (MDE) logrando de esta manera que la representación sea lo más fidedigna posible, lo que permitiría después transitar virtualmente sobre los caminos con los mismos autos que en la realidad.

Básicamente se pretende contribuir en la disminución de costos que se presentan al efectuar las pruebas por caminos alejados respecto a donde se presentan los cuarteles del equipo.

En cuanto a la investigación el método que se utilizara es una combinación de dos tipos, la exploratoria-descriptiva. Con esto se busca caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta (como lo son el diseño en 3D de caminos geográficos basándose en datos obtenidos de dispositivos GPS y de MDE), señalar sus características y propiedades a los fines de servir de base para la aplicación concreta (simulador de rally) y servir de base para investigaciones que requieran un mayor nivel de profundidad.

Teniendo en cuenta las exigencias necesarias para cumplir con los requerimientos de los equipos de rally se ha llegado a la conclusión de que mediante los Modelos de Elevación Digital y con la debida ambientación mediante herramientas de diseño 3D se pueden conseguir escenarios de gran calidad, con una gran concordancia con la realidad, hecho que se pudo comprobar con la prueba realizada en el simulador por un piloto profesional y su acompañante quien dictaba la hoja de ruta real que se utiliza para la competencia.

Índice

ÍNDICE DE FIGURAS	7
INTRODUCCION	9
SITUACION PROBLEMATICA	10
PROBLEMA	10
OBJETO DE ESTUDIO.....	10
CAMPO DE ACCION	11
OBJETIVOS.....	11
Objetivo General:	11
Objetivos Específicos:	11
IDEA A DEFENDER.....	12
DELIMITACIÓN DEL PROYECTO	12
APORTE PRÁCTICO	13
APORTE TEORICO	13
MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	14
ENFOQUE METODOLOGICO	14
PRIMERA PARTE: MARCO CONTEXTUAL	15
1. CAPITULO 1 – Marco Contextual	16
1.1. ENTORNO DEL OBJETO DE ESTUDIO	16
1.1.1. Historia del Rally Mundial en la Republica Argentina.....	16
1.1.2. Características de los terrenos por donde transita la competencia.....	17
1.2. RELACIÓN TESISTA Y OBJETO DE ESTUDIO.....	20
1.3. ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS OBSERVADOS.....	21
1.4. ANTECEDENTES DE PROYECTOS SIMILARES.....	22
SEGUNDA PARTE: MARCO TEORICO	23
2. CAPITULO 2 - El Modelado 3d	24
2.1. EL MODELADO 3D	25
2.2. MODELADO POR NURBS	25
2.2.1. Grado	26
2.2.2. Puntos de control	26
2.2.3. Nodos	27
2.2.4. Nodos y puntos de control	28
2.2.5. Regla de cálculo	28
2.3. MODELADO POR SUBDIVISIÓN	29
3. CAPITULO 3 – Modelos Digitales de Elevación	33
3.1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	33
3.2. MODELOS DIGITALES DE TERRENOS	34

3.2.1.	Modelos digitales y modelos analógicos:	36
3.3.	MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN (MDE).....	37
3.3.1.	Estructuras de almacenamiento	39
3.3.1.1.	Modelo vectorial: contornos.	40
3.3.1.2.	Modelo vectorial: redes de triángulos irregulares (TIN).	40
3.3.1.3.	Modelo raster: matrices regulares.	41
3.3.1.4.	Modelo raster: matrices de resolución variable.	41
3.3.2.	Captura de los datos.	41
3.3.2.1.	Métodos directos: alímetros, GPS y estaciones topográficas.	42
3.3.2.2.	Métodos indirectos: restitución fotogramétrica.	43
3.3.2.3.	Métodos indirectos: digitalización de mapas topográficos.	44
3.3.3.	La función interpoladora.....	47
3.3.3.1.	TIN Lineal.....	47
3.3.3.2.	TIN Cúbico	48
3.3.3.3.	Krigeado.....	49
TERCERA PARTE: MODELO TEORICO.....		51
CAPITULO 4 – Modelo para la Solución del Problema.....		52
4.1.	CAPTURA DE DATOS “NUESTRA MATERIA PRIMA”.....	52
4.2.	CREACIÓN DE LA “CORTINA CENTRAL”	60
4.3.	CREACIÓN DE LA “CINTA BASE”	65
4.4.	CREACIÓN DEL TERRENO A PARTIR DE LA CINTA BASE.....	74
CUARTA PARTE: CONCRECIÓN DEL MODELO		83
CAPITULO 5 – Implementación, Prueba y Puesta en Marcha.....		84
5.1.	IMPLEMENTACIÓN	84
5.2.	PRUEBAS.....	86
5.3.	PRUEBAS BETA	87
5.4.	PUESTA EN MARCHA	88
5.5.	PRE FACTIBILIDAD	90
5.5.1.	Factibilidad Técnica:.....	90
5.5.2.	Factibilidad Operativa:	90
5.5.3.	Factibilidad Económica:	91
5.5.4.	Presupuesto de Inversión para Desarrollo:	91
5.6.	CONCLUSIONES	92
REFERENCIAS.....		94
BIBLIOGRAFIA.....		96
GLOSARIO.....		97
ANEXOS.....		100
Anexo Nº1 Planificación		101
Anexo Nº 2 Captura de datos del MDE del tramo Las Rosas- El Pueblito (100 nodos).....		103
Anexo 3: Reclaman preservar el viejo camino de las Altas Cumbres.....		106
Anexo 4: Blog de la empresa 2Pez - Simulador de Turismo Carretera.		108

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1- Niveles de Subdivisión	29
Fig. 2.2- Niveles de Subdivisión partiendo desde un modelo poligonal	30
Fig. 2.3 – Tres Objetos iguales modelados con los tres sistemas: Nurbs, Poligonal, Subdivisión	31
Fig. 2.4- Modelado 3d por subdivisión de auto de rally	32
Fig. 3.1 - Representación tipo malla.....	38
Fig. 3.2 -Representación en dos dimensiones.....	38
Fig. 4.1 - Ruta kmz del tramo Las Rosas – El Pueblito.....	53
Fig. 4.2 – Delimitación del terreno del cual se creara el mallado	53
Fig. 4.3- Importación de los nodos del trazado.	54
Fig. 4.4 – Asignación de alturas a los Nodos	55
Fig. 4.5 - Asignación de alturas a la superficie del terreno	55
Fig. 4.6 - Mallado sobre el tramo Las Rosas – El Pueblito	56
Fig. 4.7 - Mallado sobre el tramo Las Rosas – El Pueblito desde otra perspectiva	57
Fig. 4.8 – Camino con los perfiles de la ruta y los taludes.....	57
Fig. 4.9 – Perfil de la ruta con la delimitación de las diferentes partes del terreno.....	58
Fig. 4.10 – Perfiles importados. Tramos rectos y arcos de circunferencia.....	59
Fig. 4.11 – Cortina central	60
Fig. 4.12 - Cortina central extruida verticalmente.....	61
Fig. 4.13 - Cortina extruida 250 metros.....	61
Fig. 4.14 - Vista en altura de la ruta	62
Fig. 4.15 – Segmento curvo visto de modo superior. Usando un Linear Falloff	63
Fig. 4.16 – Segmento curvo visto de modo superior. Usando el script Super Taut	64
Fig. 4.17 – Ensamblado de todas las piezas para crear la cortina.....	65
Fig. 4.18 – Cinta superior partiendo de una estructura construida por polígonos de una sola cara.....	66
Fig. 4.19 – Cortina superior con visualización de las normales.....	66
Fig. 4.20 – Cortina superior con superficie doble cara.....	67
Fig. 4.21 – Vista Top de la Cortina superior.	68
Fig. 4.22 – Vista de los perfiles que definen los limites de los taludes.....	68
Fig. 4.23 – Plano horizontal de la Cortina superior.....	69
Fig. 4.24 – Mapa UV de la ruta.	70
Fig. 4.25 – Mapeado UV con nuevos edges.....	71
Fig. 4.26 – Perfiles de los taludes.....	71
Fig. 4.27 – Vista Top de la cinta con visibilidad de los vértices	72
Fig. 4.28 – Vista Top de la ruta	73
Fig. 4.29 - Vista de la calzada de la ruta y de las dos cintas que siguen externamente a los taludes.....	73
Fig. 4.30 – Vista de la ruta.....	74
Fig. 4.31 – Malla cuadrangular que representa el terreno.	75
Fig. 4.32 – Malla plana del terreno.....	76
Fig. 4.33 – Unión de la malla plana con la malla triangular del terreno.	77
Fig. 4.34 – Malla triangular del terreno.....	78
Fig. 4.35 – Malla triangular del terreno con subdivisión.....	79

Fig. 4.36 – Vista del terreno con la ruta.	79
Fig. 4.37 – Camino terminado con texturas.....	80
Fig. 4.38 – Vista del camino en el formato para comenzar la ambientación.....	81
Fig. 4.39 – Vista del camino en el formato para comenzar la ambientación.....	82
Fig. 4.40 – Vista del camino en el formato para comenzar la ambientación.....	82
Fig. 5.1 - Ambientación del Tramo Las Rosas el Pueblito.....	84
Fig. 5.2 - Tramo Las Rosas - El Pueblito corriendo sobre el motor gráfico.....	85
Fig. 5.3 – Hoja de ruta	86
Fig. 5.4 - Pruebas del Simulador	87
Fig. 5.5 - Pruebas del Simulador	88
Fig. 5.6 - Cockpit de la empresa Sim Rally Team.....	89

INTRODUCCION

Inmersos en la geografía cordobesa, rodeados de caminos enclavados en todo tipo de montañas y paisajes naturales, aquellos que una vez al año parecieran perder todo tipo de tranquilidad, solo la potencia de motores de 300 caballos de fuerza resultaría suficiente para inquietar la habitual calma de los mencionados caminos.

Hablar de Rally en Córdoba es hablar de parte de la cultura propia de la Provincia, disfrutar de esta actividad al aire libre, con familia o amigos en la montaña es un ritual que año a año reúne a millones de personas, de todo el país inclusive de América Latina y el mundo.

Nació el siglo XX, y con él, muchas inquietudes. El país surgía como racimo, bañado por la tenacidad e intención de aquellos pobladores que, entremezclados con los inmigrantes, comenzaban a estructurar y consolidar como nación una tierra que había ganado como fama por su gratitud y bondad.

Elegir como y donde vivirla formaba parte del desafío, así como opción fueron muy pocos los aventureros que tomaron, en aquella época, la audaz decisión de sembrar su futuro en Traslasierra, teniendo como manto de protección la magnificencia de las **Altas Cumbres**. Su imponente marco establecía límites, y a la vez, esperanza por conquistar y trasponer, más allá de las dificultades, la rudeza de su naturaleza.

Construir el camino que ahuecara los cerros y uniera las pampas consustanciaba a todos con la imperiosa necesidad de generar vínculos con la hermana mayor. Córdoba como objetivo, las sierras como enlace y el acercamiento como fin, quitaba el sueño de los lugareños.

Palas, picos, hachas, dinamita y vocación fueron las herramientas que consolidaron el sacrificio con años de trabajo y dedicación. El frío impiadoso, el calor agobiante, mas las adversidades geográficas no fueron impedimentos. Solo los cóndores, con su vuelo, ratificaron la labor de muchos, encabezados por el Cura Brochero, que entendieron a la quijotesca tarea como la receta para originar la necesaria vía de comunicación.

Entonces, como habitantes del Valle de Traslasierra, en forma de agradecimiento a toda la gente que apporto su trabajo en la construcción de estos caminos, nos aprestamos a diseñarlos en 3D a modo de acercarlos al mundo en post de que se valore semejante obra. Y que mejor forma de acercarlos que hacerlo mediante la implementación de los caminos virtuales en un simulador de Rally, que es sinónimo de Traslasierra.

SITUACION PROBLEMÁTICA

Mediante la realización de este proyecto se pretende dar solución, aunque sea en parte, a la problemática que sufren los equipos de rally profesionales, tanto a nivel nacional, como sobre todo a nivel internacional de tener que trasladar toda una estructura (con todo el gasto que ello conlleva) para realizar diferentes tests sobre caminos desconocidos. Hoy en día está comprobado que la tecnología nos permite acercar lo virtual a lo real a límites antes inimaginables. Sin ir más lejos, Agustín Canapino (ver Referencia 1) el campeón vigente de Turismo Carretera (categoría más popular de Sudamérica) es un confeso amante de los simuladores y siempre destaca lo vital que resultó para su aprendizaje, no solo en cuanto a los circuitos sino también en lo que hace al comportamiento del auto y los diferentes reglajes de configuración.

Ante esto surge la idea de implementar algo similar pero en la categoría Rally, siendo la disciplina que más pasión despierta en Córdoba, además teniendo en cuenta que no existe en el mundo software en el que represente caminos reales sobre los que transita la categoría a lo largo y ancho del mundo.

Todo esto se potencia considerando el privilegio que tenemos los cordobeses de contar con los mejores caminos del mundo para la competencia (esto dicho por los propios pilotos), por lo que, representarlos en un entorno en 3D bajo DirectX haciendo uso de sus numerosas librerías (Ver Referencia 2) y poder “correrlos” sería una experiencia única.

PROBLEMA

Los altos costos y la poca disponibilidad de fechas de equipos profesionales de Rally para pruebas en caminos desconocidos implican casi siempre alteraciones en las planificaciones efectuadas al comienzo de la temporada. El proyecto y su desarrollo tienen como fin colaborar en post de que el mencionado riesgo no se presente con frecuencia.

OBJETO DE ESTUDIO

Tiene que ver con el modelado en 3D de los diferentes caminos y geografía por los que transita habitualmente la competencia, siempre partiendo de datos reales obtenidos por dispositivos GPS y los modelos digitales de elevación (MDE) logrando de esta manera que la representación sea lo más fidedigna posible lo que permitiría después transitar virtualmente sobre los caminos con los mismos autos (representados perfectamente en cuanto a la física de sus comportamientos) que en la realidad. Siendo todo esto un

complemento importante para cualquier piloto (en cuanto a la práctica) que desconoce o no la geografía de los caminos por los que va a transitar la carrera.

CAMPO DE ACCION

El estudio de la geografía y caminos de los tramos más representativos y emblemáticos del Rally de la República Argentina, recorriendo y relevando los mismos kilómetro a kilómetro para luego mediante el uso de diferentes herramientas (ver Referencia 3) plasmar todos los datos en un entorno en tres dimensiones representando desde aspectos más sobresalientes del tramo hasta los detalles ínfimos.

OBJETIVOS

Básicamente se pretende contribuir en la disminución de costos que se presentan al efectuar las pruebas por caminos alejados respecto a donde se presentan los cuarteles del equipo.

Objetivo General:

- Proporcionar una ayuda competitiva a pilotos del ámbito nacional e inclusive internacional en virtud de poder conocer los caminos de la competencia desde la comodidad de sus hogares, manejando los mismos autos con los que compiten en la realidad, colaborando de esta manera con aquellos jóvenes que quieren incursionar en esta rama del automovilismo brindando, con esta herramienta, la posibilidad de disminuir sus tiempos (y costos) de aprendizaje de caminos hasta ahora desconocidos.

Objetivos Específicos:

- Realizar la captura de datos reales desde dispositivos GPS e imágenes satelitales para lograr que el diseño de los caminos sea lo más realista posible.

- Difundir, entre los usuarios, los caminos tradicionales por los que transita el rally mundial en nuestro país.
- Contribuir a la organización de forma que permita la planificación para establecer los mejores sectores para la ubicación de los espectadores.
- Lograr que se pueda utilizar, además de cómo una herramienta de entrenamiento, como herramienta de esparcimiento.
- Apoyar la idea de que los caminos sean declarados Patrimonio Histórico de la Provincia. (Ver *Referencia 4.*)
- Colaborar en la protección del Medio Ambiente, de los Recursos Naturales de la región, a través de la representación en 3d de los carteles ubicados en los caminos por la Agencia Córdoba Ambiente.

IDEA A DEFENDER

Se pretende mediante este proyecto establecer el marco teórico que permita determinar los métodos de modelado de imágenes en 3d más aptos para representar tramos reales de Rally, que respete distancias y condiciones geográficas características de cada lugar por los que transite la competencia.

Con esto se busca probar que mediante la simulación de los escenarios reales implementados mediante el modelado en 3d y combinados con el uso de un motor gráfico y físico adecuados permitirían solucionar la problemática que se les presenta a los diferentes equipos de Rally de entrenarse para carreras automovilísticas sin tener que trasladarse al lugar físico de pruebas, con el alto costo que esto implica.

DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

Los límites del proyecto están vinculados directamente con la cantidad de tramos a diseñar, teniendo en cuenta las horas de diseño por kilómetro de etapa conviene directamente realizar un cálculo y en base a ese resultado definir el N° de tramos. Básicamente la idea original es diseñar los tramos más característicos y representativos de la provincia, 8 tramos específicamente.

APORTE PRÁCTICO

Relevancia Social: Básicamente tiene que ver con brindar la posibilidad a los asiduos jugadores de correr en tramos reales con todo lo que ello significa para los amantes de la categoría, algo que nunca han podido disfrutar, ni en juegos antaños ni actuales con inversiones de muchos miles de dolares. Indirectamente, a través del proyecto, la provincia de Córdoba se beneficiaría ya que se darían a conocer parte de sus paisajes y bellezas naturales.

Beneficiarios:

- Pilotos Profesionales de Nivel Nacional y Mundial.
- Provincia de Córdoba.
- Comunidad regional en general.

Se pretende dar solución a la problemática que sufren los equipos de rally profesionales de tener que trasladar toda una estructura (con todo el gasto que ello conlleva) para realizar diferentes tests sobre caminos desconocidos. Hoy en día está comprobado que la tecnología nos permite acercar lo virtual a lo real a límites antes inimaginables.

APORTE TEORICO

El proyecto resulta novedoso en virtud que desde el punto de vista de conocimientos y know-how permite representar prácticamente cualquier terreno del mundo bajo el área de investigación por parte de Google Earth, es decir con soporte para trabajar bajo GPS, no existiendo límite alguno para la extensión de las etapas. De esta manera el motor gráfico (Ver Referencia 5) utilizado puede representar etapas reales, de diferentes extensiones y superficies perfectamente y, lo mejor de todo, sin grandes requerimientos de Hardware (los mismos que cualquier juego actual), lo que implica que no hay que hacer grandes desembolsos de dinero para ejecutar el software.

Los resultados de este proyecto podrían ser generalizados ya que, si se cuenta con el know-how suficiente para hacer una etapa, agregando recursos humanos y materiales se podría representar por ejemplo todas las etapas del Rally de Argentina o inclusive (con buen relevamiento) de cualquier país por los que transite la categoría.

Sin lugar a dudas, el proyecto establece las bases para nuevos proyectos ya que, como bien se comentó con anterioridad, no existe juego en el mundo de la disciplina Rally que represente algún tramo real, siendo, en el mejor de los casos representaciones parciales (10%) de escenarios reales.

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

En realidad la investigación no se puede clasificar exclusivamente en alguno de los tipos de investigaciones característicos, sino que el método que se utilizara para el presente proyecto es una combinación de dos tipos, de la exploratoria-descriptiva. Con esto se busca caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta (como lo son el diseño en 3D de caminos geográficos basándose en datos reales obtenidos de dispositivos GPS y de Modelos de Elevación Digital), señalar sus características y propiedades a los fines de servir de base para la aplicación concreta (simulador de rally) y servir de base para investigaciones que requieran un mayor nivel de profundidad.

ENFOQUE METODOLOGICO

Al tratarse de un proyecto que puede subdividirse en una serie de subproyectos más pequeños, el tipo de modelo de ciclo de vida a utilizar es el Incremental, esto nos permitirá aumentar la visibilidad del proceso, proporcionando módulos terminados y operativos del proyecto antes de dar lugar a la versión final. Además nos da la posibilidad de hacer modificaciones conforme avanza el desarrollo del proyecto.

En cuanto a las herramientas y tecnologías a utilizar se destacan las siguientes:

- 3D STUDIO MAX.
- VISUAL C++.
- PHOTOSHOP.
- 3D RUIITE BUILDER (CAPTURA Y NORMALIZACION DE DATOS GPS).
- GOOGLE SKETCH UP.
- GOOGLE EARTH.
- BTB.

PRIMERA PARTE: MARCO CONTEXTUAL

CAPITULO 1 – Marco Contextual

1.1. ENTORNO DEL OBJETO DE ESTUDIO

1.1.1. Historia del Rally Mundial en la Republica Argentina

El Rally de Argentina es la principal carrera de rally disputada en Sudamerica. Es parte del Campeonato Mundial de Rally desde su edición inaugural en 1980, salvo en 1982 cuando no se disputó, y en 2010 cuando fue puntuable para el Desafío Intercontinental de Rally. También ha sido fecha válida para el Campeonato Mundial de Rally de Automóviles de Producción desde sus inicios en 1987, con 1995 y 2010 como únicas excepciones. Es un evento que se disputa enteramente sobre tierra a excepción del año 2011 cuando se implementaron dos super especiales los cuales se corrían por asfalto. Actualmente, la carrera tiene como epicentro la ciudad Villa Carlos Paz, en Córdoba. Tiene como características distintivas los vados y los caminos antiguos que se transitan en las Sierras Grandes (Ver referencia 6).

El precedente del nacimiento del Rally de Argentina se encuentra en dos eventos organizados por el Automóvil Club Argentino que fueron sancionados por la Federación Internacional de Automovilismo (FIA): el Rally Vuelta a América del Sur en 1978 y el Rally Codasur, en 1979. Los resultados obtenidos impulsaron el nacimiento del Rally de Argentina en 1980, corrido en la región de Tucumán y Catamarca ascendiendo la famosa Cuesta del Portezuelo en tierras catamarqueñas.

En 1981 se repitió la carrera en Tucumán, pero en 1982 no se llevó a cabo y en 1983 se cambió la sede a San Carlos de Bariloche. El rally tuvo un nuevo traslado en 1984 y se organizó en la provincia de Córdoba, la cual ha sido, desde entonces, la sede del Rally, con la excepción de 1992, cuando se corrió una vez más en Tucumán (Ver referencia 7).

En la vuelta a Tucumán en 1992, la organización no estuvo preparada para recibir nuevamente el evento y ocurrieron algunos sucesos que incidieron en su desarrollo. El recorrido se definió sobre la marcha y el desorden general obligó a la cancelación de varios tramos, lo que provocó la indignación del público.

En el año 1995, entra en vigencia la nueva reglamentación denominada World Rally Car, que sobre la base de vehículos de serie, permitió renovar toda la categoría.

En el último rally del milenio, 1999, la prueba súper especial llegó a una cifra récord de 100.000 espectadores distribuidos en el Parque General San Martín y casi un millón de personas en todo el recorrido.

En el año 2002 fue una fecha muy problemática ya que por un lado la situación socioeconómica del país no era nada buena y por otro lado se suspendió el tramo de Capilla del Monte -San Marcos Sierra debido a la gran cantidad de gente que se ubicó en ese prime.

La carrera del año 2006 tuvo un comienzo inédito para este rally ya que las etapas super especiales se disputaron en el estadio Chateau Carreras, en Córdoba Capital. Esta etapa tuvo 43.000 espectadores.

La edición 27^a del Rally de Argentina tuvo un evento inédito hasta el momento que fue llevar el espectáculo a la capital del país, Buenos Aires, al estadio de River Plate. Un gran operativo de logística se montó para trasladar en camiones a los autos y en avión a los pilotos. El súper especial se desarrolló con normalidad pero cuando se debió emprender la vuelta a hacia Córdoba una tormenta eléctrica impidió a los aviones despegar del aeroparque por lo que retrasó hasta el día siguiente la llegada de los pilotos a Villa Carlos Paz y por consiguiente la suspensión masiva de todos los especiales del día viernes; solamente se corrió el súper especial en el Chateau Carreras ese día. Para completar los kilómetros reglamentarios que establece la FIA para que la carrera sea puntuable para el campeonato del mundo, se agregó una pasada más al especial Mina Clavero -Giulio Césare el día domingo. (Ver Referencia 8)

1.1.2. Características de los terrenos por donde transita la competencia

Desde el año 2000, la etapa uno se corre mayoritariamente en el Valle de Punilla, ubicado al norte de Villa Carlos Paz; la etapa dos en el Valle de Calamuchita, al sur; y la última etapa en el Valle de Traslasierra, al oeste. Tiene como características distintivas los vados y caminos antiguos que se transitan en las Sierras Grandes de Córdoba (Ver referencia 9).

- El Valle de Punilla tiene tramos rápidos, algunos saltos y trayectos especiales como La Cumbre – Agua de Oro o San Marcos Sierra - Cuchi Corral. La región tiene una altura promedio de 1.200 msnm y está rodeado por las "Sierras Chicas". Es una zona bastante árida.

- Ascochinga-La Cumbre

Es un parcial muy técnico y especial. Se disputa en ascenso durante los ocho primeros km, se hace trabado en su zona media y finaliza en forma veloz.

- La cumbre-Agua de Oro

Este parcial es rápido al comienzo y al final, en tanto que su parte media es muy trabada, presentando innumerables retomes, curvas, contra curvas y se atraviesan distintos guardaganados.

- Villa García-Cabalango

Arranca con piso duro y luego se convierte en un sector arenoso. El tramo es veloz, sobre un camino angosto y se transita siempre en descenso hacia Cabalango. Hay algunos vados en el tramo.

- Capilla del Monte-San Marcos Sierra

El camino es permanentemente en ascenso y con sectores muy trabados, para luego iniciar un abrupto descenso hacia San Marcos Sierra. Es un muy popular por los fanáticos.

- San Marcos Sierra-Cuchi Corral

Este sector es muy rápido en las primeras tres cuartas partes del recorrido, atravesando numerosos vados de poco caudal y tranqueras, para concluir en un trazado veloz. El piso es bueno, arenoso y con poca piedra. El segmento termina después de cruzar el río Pinto y el control final está en la pista de aterrizaje de ala deltas y parapentes.

- Villa Giardino-La Falda

Este segmento de velocidad es trabado en su mayor parte, y en distintos niveles; presenta como particularidad el cruce de varios vados con distinto caudal de agua, pero muy espectaculares. El más caudaloso está ubicado a 5 km de la partida.

- Valle Hermoso-Casa Grande

Es un tramo trabado en si y posee varios retomes agudos; así también existen cruces de agua, pero de ríos poco caudalosos. Lo más atrayente quizás es el

descenso de una pendiente muy pronunciada ubicada en la parte media de la prueba especial. Se recomienda la zona del tanque, ya que es un lugar alto y con buenas visuales.

- El Valle de Calamuchita es el más concurrido por los aficionados, específicamente en la etapa de Santa Rosa de Calamuchita, donde se encuentra un vado, el cual ofrece un paso atractivo de los automóviles.

- Santa Rosa de Calamuchita-San Agustín

Es un parcial veloz en su inicio y en el final. Es famoso por el vado que se atraviesa cerca de la partida. Se circula por un piso en buenas condiciones que permite disfrutar del manejo de los pilotos. Se circula mayormente a velocidades altas.

- Las Bajadas-Villa del Dique

Es un sector sinuoso pero veloz y a lo largo de su extensión cruza varios vados profundos con distinto caudal de agua y otros secos. El piso por el que se transita es muy firme y en algunos casos arenoso.

- Amboy-Santa Monica

Se disputa sobre piso blando y con mucho polvo en suspensión. El sector es rápido al comienzo, se trava y se hace más lento en su parte media, para transformarse en rápido nuevamente al final.

- El Valle de Traslasierra ofrece como mayor atractivo el paso de los automóviles por los puentes viejos de la zona. Grandes cantidades de personas acuden todos los años a los especiales El Cóndor - Copina y Mina Clavero - Giulio Césare.

- El Cóndor-Copina

Es otro clásico del Rally Mundial, que permite ver en acción a los autos de competición desde lo alto de las piedras. En su recorrido transita por pintorescos puentes colgantes de más de 70 años y es rápido en toda su extensión. Este tramo se corre en constante descenso.

- Mina Clavero-Giulio Césare

El segmento es muy trabado y en permanente ascenso utilizando un serpenteante camino muy trabado. El piso es firme, aunque se pueden desprender piedras con el

paso de los autos. Una de las mejores ubicaciones es el puente del cura ubicado a 2000 msnm.

1.2.RELACIÓN TESISISTA Y OBJETO DE ESTUDIO

El presente proyecto se centrara principalmente en la investigación y desarrollo de los trazados por los cuales transita el rally en la región del valle de traslasierra, esta acotación del proyecto se debe a que por cuestiones de logística es más fácil, accesible y menos costoso poder llegar hasta la zona de estudio.

En cuanto a los factores que condicionan el desarrollo del proyecto podemos mencionar la problemática que sufren los equipos de rally profesionales, tanto a nivel nacional, como sobre todo a nivel internacional de tener que trasladar toda una estructura (con todo el gasto que ello conlleva) para realizar diferentes tests sobre caminos desconocidos.

Agustín Canapino (ver Referencia 10) el campeón vigente de Turismo Carretera (categoría más popular de Sudamérica) es un confeso amante de los simuladores y siempre destaca lo vital que resultó para su aprendizaje, no solo en cuanto a los circuitos sino también en lo que hace al comportamiento del auto y los diferentes reglajes de configuración. Ante esto surge la idea de implementar algo similar pero en la categoría Rally.

Siendo esta la disciplina que más pasión despierta en Córdoba y cuyos caminos, al estar situados en las sierras de Córdoba, conlleva una mayor dificultad en cuanto al acceso, costos de traslados de equipamientos y vehículos para realizar las diferentes pruebas de entrenamiento para los pilotos.

Los altos costos y la poca disponibilidad de fechas de equipos profesionales de Rally para pruebas en caminos desconocidos implican casi siempre alteraciones en las planificaciones efectuadas al comienzo de la temporada.

Además teniendo en cuenta que no existe en el mundo software en el que represente caminos reales sobre los que transita la categoría a lo largo y ancho del mundo.

Todo esto se potencia considerando el privilegio que tenemos los cordobeses de contar con los mejores caminos del mundo para la competencia.

Además con el presente proyecto se pretende ayudar, en alguna medida, a la difusión de los lugares turísticos por los que transita el rally al atravesar estos caminos históricos. Caminos que en la actualidad Profesionales de la UNC piden que la Provincia los declare Patrimonio Histórico y que se encaren obras de reconstrucción y conservación.

Resumen de la nota del diario La Voz del Interior del día 07/08/2011.

“El viejo Camino de las Altas Cumbres, a pesar de representar una de las obras más emblemáticas en la historia de la provincia de Córdoba, la falta de trabajos de preservación lo va desdibujando del mapa y de la memoria. En ese marco, el Grupo Interdisciplinar de la Universidad Nacional de Córdoba (Gi-UNC), conformado por profesionales que de manera voluntaria vienen desarrollando estudios y propuestas en materia de recursos naturales, inició una movida con el fin de que la Provincia declare como “patrimonio histórico” esa vía de comunicación.

Sus dos tramos más reconocidos y pintorescos están en los extremos y suelen ser escenario de pruebas especiales del Rally Mundial: el de Copina a El Cóndor y el que une el paraje Giulio Césare con Mina Clavero.

Aquel camino que está por cumplir 100 años, representa junto al muro del primer dique San Roque, la obra civil más importante por su significado histórico en Córdoba.

Argumentando que representa un capital turístico y paisajístico, además de un símbolo de la ingeniería y la cultura de su época, y de estar enclavado en medio de una reserva natural e hídrica provincial, es que solicitan su reconstrucción y una adecuada preservación, dado su estado de “avanzado deterioro”. (Ver Referencia 11)

1.3. ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS OBSERVADOS

El principal problema que se presenta es el relieve de los caminos por los que transita el rally, ya que estos al encontrarse en medio de las sierras de la provincia de Córdoba, son de difícil acceso. El segmento es muy trabado y en permanente ascenso utilizando un serpenteante camino muy trabado. Sus caminos presentan diferentes condiciones, el piso es firme, aunque se pueden desprender piedras con el paso de los autos, hasta tierra suelta. En la actualidad se halla prácticamente intransitable para vehículos menores. En su recorrido además pueden encontrarse cruces de puentes colgantes, entre los más conocidos y emblemáticos del rally se encuentra el Puente del Cura, y vados de aguas cristalinas. Además en varios sectores de algunos tramos el camino se encuentra rodeado de piedras como si estuviera pasando por medio de la montaña, este es el caso de los tramos Condor-Copina y algunos sectores de Giulio Cesare-Mina Clavero. Esto complica mucho más el desarrollo del modelado 3d de los caminos.

1.4. ANTECEDENTES DE PROYECTOS SIMILARES

En la actualidad se puede decir que no se encuentran antecedentes de proyectos similares en nuestro país, en cuanto a desarrollo de tramos reales por los que transita, ya sea, el rally nacional o el rally mundial. La mayoría de los juegos de rally que existen en el mercado están desarrollados en base a circuitos acotados en distancia y poco similares a los tramos reales.

En cuanto a simuladores de manejo en pista en nuestro país podemos encontrar el exitoso Simulador de Turismo de Carretera el cual fue desarrollado por la empresa 2PEZ y el Top Race: Simulador 2009 también desarrollado por esta misma (ver referencia 12).

Dichos juegos se encuentran desarrollados en base al motor gráfico GMotor2, que actualmente es utilizado por el 80% de los simuladores de autos. El hecho de contar con un Motor gráfico ya desarrollado y testeado les permite dedicarse únicamente al trabajo de la estética (modelado 3d) y la física de los vehículos. Como se menciono anteriormente dichos simuladores están desarrollados en base a circuitos de pista los cuales están bien enmarcados y delimitados dentro de un perímetro y donde no se tiene la dificultad para el acceso, como así se presenta, en el caso de los caminos de tierra por los que transita el rally en nuestro país.

En cuanto a simuladores de mayor porte se puede mencionar el SIMRAC, el cual comenzó a desarrollarse desde 1995 por Hannu Kosonen y Heikki. El primer prototipo fue un chasis de metal llamado "Hetekka". La siguiente versión fue construida en el chasis de coches en 1996. En ese mismo año los socios presentes se unieron en el proyecto. Expertos en electrónica Mika Leppälahti con Simrac produjeron Simrac Micra-en 1997 que ofrecía una experiencia de conducción en tiempo real. El tercer desarrollo de la versión fue construida en el interior del Volvo S40. Ha estado circulando eventos de empresa y exposiciones en todo el mundo desde 1998.

La tecnología del simulador Simrac se puede utilizar en otras aplicaciones de simulación diferentes. En el momento del equipo Simrac está interesado en la construcción de simuladores de coche como el rally y el tráfico.

SEGUNDA PARTE: MARCO TEORICO

CAPITULO 2 - El Modelado 3d

La computación gráfica es el campo de la informática visual, donde se utilizan computadoras tanto para generar imágenes visuales sintéticamente como integrar o cambiar la información visual y espacial probada del mundo real.

El primer avance mayor en la gráfica realizada por computadora era el desarrollo de Sketchpad en 1962 por Ivan Sutherland.

Este campo puede ser dividido en varias áreas: Interpretado 3D en tiempo real (a menudo usado en videojuegos), animación de computadora, captura de vídeo y creación de vídeo interpretado, edición de efectos especiales (a menudo usado para películas y televisión), edición de imagen, y modelado (a menudo usado para ingeniería y objetivos médicos). El desarrollo en la gráfica realizada por computadora fue primero alimentado por intereses académicos y patrocinio del gobierno.

Con el nacimiento de las estaciones de trabajo (como las máquinas LISP(Ver Referencia 13), Paintbox computers(Ver Referencia 14) y estaciones de trabajo Silicon Graphics(Ver Referencia 15) llegaron los gráficos 3D, basados en la gráfica de vectores. En vez de que la computadora almacene la información sobre puntos, líneas y curvas en un plano bidimensionales, la computadora almacena la posición de puntos, líneas y típicas caras (para construir un polígono) en un Espacio de tres dimensiones.

Los polígonos tridimensionales son la sangre de prácticamente todos los gráficos 3d realizados en computadora. Como consiguiente, la mayoría de los motores de gráficos de 3D están basados en el almacenaje de puntos (por medio de 3 simples coordenadas Dimensionales X,Y,Z), líneas que conectan aquellos grupos de puntos, las caras son definidas por las líneas, y luego una secuencia de caras crean los polígonos tridimensionales.

El software actual para generación de gráficos va más lejos de sólo el almacenaje de polígonos en la memoria de la computadora. Los gráficos de hoy no son el producto de colecciones masivas de polígonos en formas reconocibles, ellas también resultan de técnicas en el empleo de Shading(Sombreadores) (Ver Referencia 16), texturing (Texturizado o mapeado) (Ver Referencia 17) y la rasterización(Ver Referencia 18) (En referencia a mapas de bits).

2.1.EL MODELADO 3D

Un modelo 3D puede verse de dos formas distintas. Desde un punto de vista técnico, es un grupo de fórmulas matemáticas que describen un "mundo" en tres dimensiones.

Desde un punto de vista visual, valga la redundancia, un modelo en 3D es un representación esquemática visible a través de un conjunto de objetos, elementos y propiedades que, una vez procesados, se convertirán en una imagen en 3D.

Este tipo de modelos describe un conjunto de características que, en conjunto, resultarán en una imagen en 3D. Este conjunto de características suele estar formado por objetos poligonales, tonalidades, texturas, sombras, reflejos, transparencias, translucidez, refracciones, iluminación (directa, indirecta y global), profundidad de campo, desenfoques por movimiento, ambiente, punto de vista, etc.

Existen diversos tipos de geometría para modelado con NURBS y modelado poligonal o Subdivisión de Superficies (Ver Referencia 19). Además, aunque menos usado, existe otro tipo llamado "modelado basado en imágenes". Consiste en convertir una fotografía a 3D mediante el uso de diversas técnicas, de las cuales, la más conocida es la fotogrametría cuyo principal impulsor es Paul Debevec.

2.2.MODELADO POR NURBS

Las **NURBS**, B-splines racionales no uniformes, son representaciones matemáticas de geometría en 3D capaces de describir cualquier forma con precisión, desde simples líneas en 2D, círculos, arcos o curvas, hasta los más complejos sólidos o superficies orgánicas de forma libre en 3D. Gracias a su flexibilidad y precisión, se pueden utilizar modelos NURBS en cualquier proceso, desde la ilustración y animación hasta la fabricación (Ver referencia 20).

La geometría NURBS tiene cualidades esenciales que la convierten en la opción ideal para el modelado asistido por ordenador.

- Existen varias formas estándar industriales para intercambiar la geometría NURBS. Los usuarios pueden y deberían ser capaces de transportar todos sus modelos geométricos entre los diferentes programas de modelado, renderizado, animación e ingeniería de análisis que hay en el mercado.

- Las NURBS pueden representar con precisión objetos geométricos estándar tales como líneas, círculos, elipses, esferas y toroides, así como formas geométricas libres como carrocerías de coches y cuerpos humanos.
- La cantidad de información que requiere la representación de una forma geométrica en NURBS es muy inferior a la que necesitan por separado las aproximaciones comunes.
- La regla de cálculo de las NURBS, que se describe a continuación, se puede implementar en un ordenador de manera eficaz y precisa.

Las curvas y superficies NURBS se comportan de maneras similares y comparten mucha terminología. Una curva NURBS se define mediante cuatro elementos: grados, puntos de control, nodos y regla de cálculo.

2.2.1. Grado

Un grado es un número entero positivo.

Este número normalmente es 1, 2, 3 o 5, pero puede ser cualquier número entero positivo. Las líneas y polilíneas NURBS de Rhino son grado 1, los círculos de Rhino son grado 2 y la mayoría de las formas libres de Rhino son grado 3 o 5. A veces se utilizan los siguientes términos: lineal, cuadrático, cúbico y quíntico. Lineal significa de grado 1, cuadrático significa de grado 2, cúbico significa de grado 3 y quíntico significa de grado 5.

Es posible que vea referencias del orden de una curva NURBS. El orden de una curva NURBS es un número entero positivo igual a (grado+1). En consecuencia, el grado es igual a orden-1.

Existe la posibilidad de incrementar los grados de una curva NURBS sin cambiar su forma. Generalmente, no es posible reducir el grado de una curva NURBS y no cambiar su forma.

2.2.2. Puntos de control

Los puntos de control son una lista de puntos de grado+1 como mínimo.

Una de las maneras más sencillas de cambiar la forma de una curva NURBS es mover los puntos de control.

Los puntos de control tienen un número asociado denominado peso. Con algunas excepciones, los pesos son números positivos. Cuando todos los puntos de control de una curva tienen el mismo peso (normalmente 1), la curva se denomina no racional; de lo contrario, se trataría de una curva racional. En NURBS, la R significa racional e indica que

una curva NURBS tiene la posibilidad de ser racional. A la práctica, la mayoría de las curvas NURBS son no-rationales. Algunas curvas, círculos y elipses NURBS, ejemplos significativos, son siempre racionales.

2.2.3. Nodos

Los nodos son una lista de números de grado+N-1, donde N es el número de puntos de control. A veces esta lista de números se denomina vector nodal. En este contexto, la palabra vector no significa una dirección 3D.

Esta lista de números de nodos debe cumplir varias condiciones técnicas. El modo estándar para asegurar que las condiciones técnicas se cumplan es requerir que el número se mantenga igual o aumente a medida que vaya bajando en la lista y limitar el número de valores duplicados a que no sea superior al grado. Por ejemplo, para una curva NURBS de grado 3 con 15 puntos de control, la lista de números 0,0,0,1,2,2,2,3,7,7,9,9,9 es una lista de nodos satisfactoria. La lista 0,0,0,1,2,2,2,2,7,7,9,9,9 no es aceptable porque hay cuatro 2, y cuatro es un número mayor que el grado.

El número de veces que un valor nodal se duplica se denomina multiplicidad nodal. En el ejemplo anterior de lista satisfactoria de nodos, el valor nodal 0 tiene una multiplicidad de tres, el valor nodal 1 tiene una multiplicidad de uno, el valor nodal 2 tiene una multiplicidad de tres, el valor nodal 3 tiene multiplicidad de uno, el valor nodal 7 tiene una multiplicidad de dos y el valor nodal 9 tiene una multiplicidad de tres. Se dice que un valor nodal es un nodo de multiplicidad total si se multiplica por su grado varias veces. En el ejemplo, los valores de nodo 0, 2, y 9 tienen multiplicidad total. El valor de un nodo que aparece una sola vez se denomina nodo simple. En el ejemplo, los valores del nodo 1 y 3 son nodos simples.

Si una lista de nodos se inicia con un nodo de multiplicidad completa, la siguen nodos simples, termina con un nodo de multiplicidad completa y los valores se espacian uniformemente, entonces los nodos son uniformes. Por ejemplo, si una curva NURBS de grado 3 con 7 puntos de control tiene nodos 0,0,0,1,2,3,4,4,4, la curva tendrá nodos uniformes. Los nodos 0,0,0,1,2,5,6,6,6 no son uniformes. Los nodos que no son uniformes se denominan no uniformes. Las letras N y U de la palabra NURBS significan no uniforme e indican que los nodos de una NURBS puede ser no uniformes.

Los valores duplicados del nodo en la mitad de la lista del nodo hacen que una curva de NURBS sea menos suave. En caso extremo, un nodo de completa multiplicidad en la mitad

de la lista de nodos significa que hay un lugar en la curva NURBS que se puede doblar en un punto de torsión. Por esta razón, se puede agregar y quitar nodos y luego ajustar los puntos de control para hacer curvas más suaves o figuras torsionadas. Debido a que el número de nodos es igual a $(N + \text{grado} - 1)$, donde N es el número de puntos de control, si se agregan nodos también se agregan puntos de control, y si se quitan nodos se quitan puntos de control. Los nodos se pueden añadir sin cambiar la forma de la curva de NURBS. En general, quitar nodos cambiará la forma de una curva.

2.2.4. Nodos y puntos de control

Un error frecuente se produce cuando cada nodo se empareja con un punto de control, y ocurre sólo en las NURBS de grado 1 (polilíneas). Para curvas NURBS de grados más altos, existen grupos de nodos de $2 \times \text{grado}$ que corresponden a grupos de puntos de control de $\text{grado} + 1$. Por ejemplo, suponga que tiene curvas NURBS de grado 3 con 7 puntos de control y nodos 0,0,0,1,2,5,8,8,8. Los primeros cuatro puntos de control están agrupados con los primeros seis nodos. Del segundo hasta el quinto punto de control están agrupados con los nodos 0,0,1,2,5,8. Del tercer al sexto punto de control están agrupados con los nodos 0,1,2,5,8,8. Los últimos cuatro puntos de control están agrupados con los últimos seis nodos.

Algunos modeladores que utilizan algoritmos más antiguos para el cálculo de curvas NURBS necesitan dos valores de nodos extra para un total de nodos $\text{grado} + N + 1$. Cuando Rhino exporta e importa geometría NURBS, agrega y quita automáticamente estos dos nodos sobrantes, ya que la situación lo requiere (Ver referencia 21).

2.2.5. Regla de cálculo

La regla de cálculo de una curva utiliza una fórmula matemática que toma un número y asigna un punto.

La regla de cálculo NURBS es una fórmula que comprende el grado, los puntos de control y los nodos. En la fórmula hay lo que se llama funciones básicas de B-spline. Las letras B y S de la palabra NURBS significan “basis spline.” El número de cálculo con que empieza la regla de cálculo se denomina parámetro. Puede imaginarse la regla de cálculo como una caja negra que se come un parámetro y produce un punto. El grado, los nodos y los puntos de control determinan el funcionamiento de la caja negra.

MODELADO POR SUBDIVISIÓN

Diferencias con el modelado poligonal clásico (“*hard surface modeling*”) y con el modelado NURBS

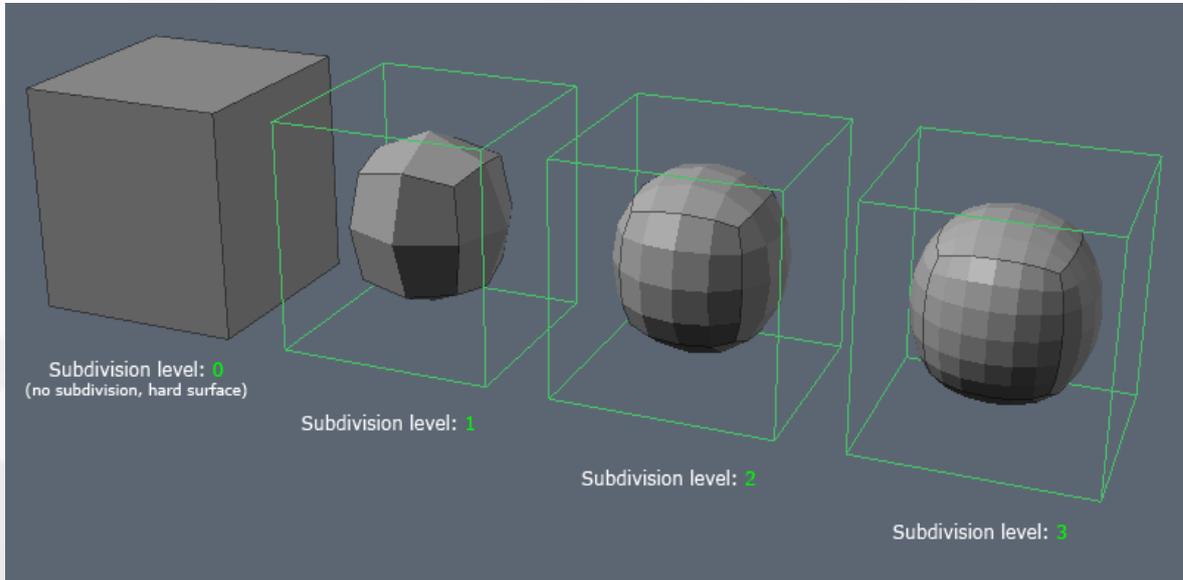


Fig. 2.1- Niveles de Subdivisión

Una superficie de subdivisión es un método de representación de una superficie suavizada, “refinada”, a partir de una malla poligonal más sencilla. Tal como vemos en el gráfico superior, partimos de un simple cubo —6 caras— y con un primer nivel de subdivisión obtenemos una nueva figura, todavía bastante tosca, con 24 caras. El posicionamiento de los nuevos vértices se calcula mediante unos modelos de refinamiento matemático, bien por aproximación o bien por interpolación.

Conforme se aplican sucesivos niveles de subdivisión la figura se va suavizando más y se van incrementando el número de vértices y polígonos, aunque en todo momento la geometría que está controlando el conjunto sigue siendo el mismo cubo inicial: si movemos cualquiera de sus vértices se modificará el aspecto de la geometría subdividida resultante (Ver referencia 22).

Uno de los sistemas que más se ha extendido es el conocido como “Catmull-Clark Subdivision”, que fue desarrollado en 1978 aunque no fue “presentado al gran público” por *Pixar* hasta 1997 con su corto “El Juego de Geri”, ganador de un Óscar. Desde entonces este sistema de modelado se ha popularizado rápidamente hasta encontrarse disponible en las principales aplicaciones de modelado 3D.

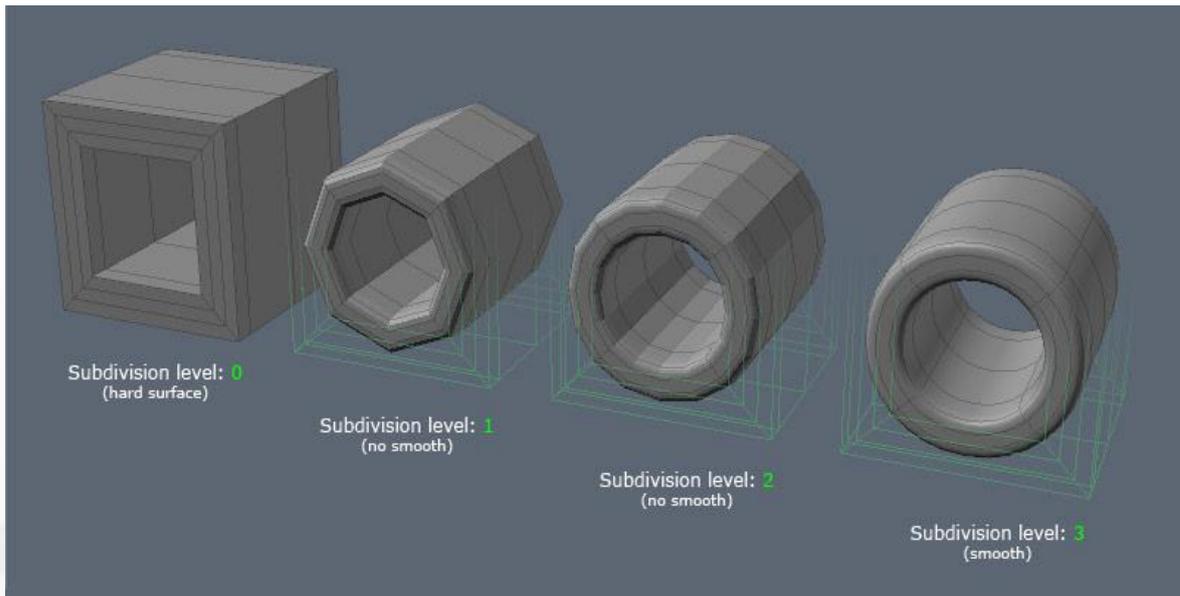


Fig. 2.2- Niveles de Subdivisión partiendo desde un modelo poligonal

Una de las muchas ventajas que incorpora este método de construcción es que, en principio, se sigue partiendo de un modelado poligonal: se empleando las mismas herramientas que ya existían para el modelado poligonal clásico (bridge, bevel, extrude, etc). Pero por contra, la forma de emplearlas y los procesos de trabajo cambian radicalmente: se debe emplear una mentalidad y metodología completamente diferentes en la aproximación al modelado. De hecho es muy importante dejar de lado muchos de los procedimientos que se hubieran podido aprender modelando con polígonos “rígidos” o con superficies NURBS.

Se observa cómo a partir de una figura simple, como era un cubo, creando un agujero y añadiendo varios loops extra, una vez que se subdivide la figura resultante se genera un cilindro hueco y perfectamente redondeado. De hecho este sistema es ideal para producir cualquier tipo de superficie redondeada, por eso se ha hecho tan popular —prácticamente se ha estandarizado— en el modelado de personajes.

Para entender mejor cómo funciona el sistema de subdivisión de superficies se lo va a comparar con otros dos sistemas de trabajo: el modelado poligonal clásico comúnmente conocido como “hard surface modeling” y el modelado NURBS.

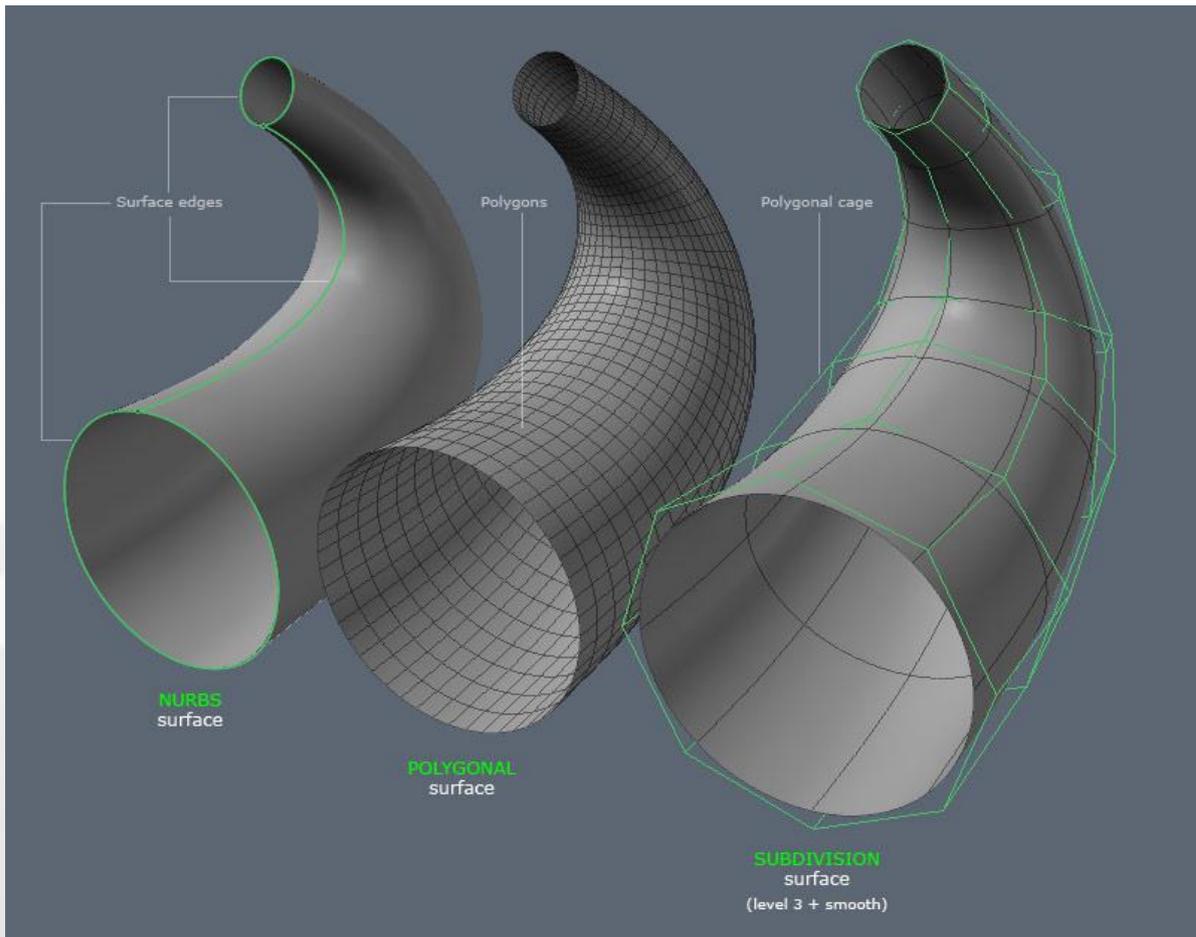


Fig. 2.3 – Tres Objetos iguales modelados con los tres sistemas: Nurbs, Poligonal, Subdivisión

En esta imagen se puede observar tres objetos iguales modelados siguiendo los tres sistemas:

- En el primero se han empleado dos perfiles circulares y un perfil extra que define el recorrido para generar una típica superficie NURBS mediante la típica operación de “sweep”. No existen realmente polígonos, aunque por lo general todos los motores de render deben convertir estas superficies a triángulos para poder ser representadas. La gran ventaja de este tipo de superficies es que están definidas matemáticamente: por mucho que se acerque siempre se ven perfectas.
- En el segundo se ve esa misma superficie definida mediante polígonos, cuadrángulos, en lo que sería una superficie poligonal clásica (hard surface). Ese objeto, a esta distancia se visualiza perfectamente, pero si se acerca mucho llegarían a hacerse evidentes los polígonos, especialmente en el contorno de la superficie.

- Y en el tercer caso se tiene otra superficie igual pero definida mediante subdivisión. Se observa una malla poligonal simple, tosca —en verde— que está subdividida varias veces hasta generar una superficie mucho más densa y refinada. En este caso, para generar la superficie de control —habitualmente conocida como “cage”— se tendrá que usar unos procedimientos similares a los que se hayan podido emplear para la anterior (una operación de “bridge” entre los círculos inicial y final), sólo que el número de vértices de esos círculos y el número de pasos del bridge serán muy distintos.



Fig. 2.4- Modelado 3d por subdivisión de auto de rally

El modelado NURBS resulta ideal para el diseño industrial. No tiene nada que ver modelar un coche fijándonos en los típicos **blueprints** y fotografías que se pueden encontrar por la red (esto no es diseño, es una labor más o menos “mecánica” de representación de un conjunto de formas ya preestablecidas, pre-diseñadas) con una verdadera labor de diseño industrial. Para “calcar” un objeto ya creado anteriormente, para modelar un coche partiendo de planos y fotos, puede resultar indiscutiblemente práctico el utilizar sistemas de subdivisión. Sin embargo, para diseñar un coche utilizando herramientas de modelado, es mucho más útil un sistema basado en Nurbs. Un diseñador que debe imaginar, crear tales conjuntos de superficies prefiere partir de perfiles clave, que definen la estructura básica, el flujo de líneas del modelo, para después desarrollar las superficies resultantes.

CAPITULO 3 – Modelos Digitales de Elevación

3.1.SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Los SIG (sistemas de información Geográfica) pueden definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información.

Un SIG se asemeja a un programa de base de datos, ya que analiza y relaciona información almacenada bajo la forma de registros, pero con una diferencia crucial: cada registro en una base de datos SIG contiene información usada para dibujar formas (normalmente un punto, una línea, o un polígono). Cada una de esas formas representa un lugar único sobre la Tierra al cual se corresponden los datos. Ahora podemos pensar en un SIG como una base de datos espacial, es decir, una base de datos que almacena la ubicación y forma de la información contenida en ella.

De las definiciones anteriores se puede extraer que la importancia de los SIG radica en que las soluciones para muchos problemas frecuentemente requieren acceso a varios tipos de información que sólo pueden ser relacionadas por geografía o distribución espacial. Sólo la tecnología SIG permite almacenar y manipular información usando geografía para analizar patrones, relaciones y tendencias en la información, todo tendiente a contribuir a tomar mejores decisiones.

Estos sistemas se basan en la información que es recolectada por la disciplina de la cartografía quien es la encargada de la captura y almacenamiento de información gráfica; Se entiende por cartografía a toda representación gráfica con características físicas de una parte de la superficie terrestre, en forma simbólica o fotográfica; a una escala determinada y en una proyección reconocida. La cartografía representa la estructura física de un área, organizada de acuerdo a criterios de planeamiento, delimitación política y/o propiedad. Independientemente del medio en que se encuentre (mapas en papel, información digital, fotografías, imágenes de satélite u otros) la cartografía debe referir: método utilizado en su obtención, escala de información fuente y proyección geográfica (Ver Referencia 23).

3.2.MODELOS DIGITALES DE TERRENOS

Un Modelo Digital de Terreno (MDT) es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua. (Ver Referencia 24).

El tratamiento de los datos geográficos es un caso en el que la evolución ha sido especialmente llamativa. A la función histórica de los mapas, como una referencia para los desplazamientos terrestres y marítimos, se ha añadido más recientemente la de servir de documento básico en la planificación territorial y, de forma más general, en los estudios ambientales.

En este sentido, las concepciones tradicionales de lo que es la cartografía y de las formas de trabajo que se apoyan en ella se han visto profundamente transformadas:

- El tratamiento manual de la información cartográfica se ha complementado con la integración de la misma en los sistemas de información geográfica (SIG), definidos como sistemas informáticos diseñados para el manejo, análisis y cartografía de información espacial referenciada internamente (Ver Referencia 25). En su contexto, la concepción del mapa impreso se ha extendido considerablemente y se ha reconocido que un mapa puede ser representado también mediante un conjunto de datos numéricos donde se encuentran recogidas, implícita o explícitamente, las relaciones espaciales de los elementos cartografiados.
- Se ha pasado progresivamente de una concepción analítica, en la que cada variable era contemplada y estudiada de una forma independiente, a una concepción sintética, donde las variables ambientales tienden a integrarse en sistemas de elementos interrelacionados e interdependientes.
- Se ha evolucionado desde un enfoque básicamente descriptivo hacia otro explicativo y prospectivo, en el que los medios disponibles permiten la realización de modelos cuantitativos de propiedades y de fenómenos dinámicos.

El manejo eficaz y productivo de las estructuras de datos con una organización espacial sólo se ha hecho posible cuando se ha pasado del tratamiento manual al uso generalizado de los medios informáticos. La cartografía digital abarca este amplio ámbito de tratamiento de la información y, dentro de la misma, los modelos digitales del terreno representan una parte con carácter propio que debe acotarse apropiadamente.

Una acepción de la palabra modelo, originada en ámbitos geográficos, lo define como *una representación simplificada de la realidad en la que aparecen algunas de sus propiedades* (Ver Referencia 26). De la definición se deduce que la versión de la realidad que se realiza a través de un modelo pretende reproducir solamente algunas propiedades del objeto o sistema original que, por lo tanto, se ve representado por otro objeto de menor complejidad.

Los modelos se construyen estableciendo una relación de correspondencia con la realidad cuyas variantes pueden producir modelos de características notablemente diferentes. Turner distingue tres tipos básicos; en los modelos icónicos, la relación de correspondencia se establece a través de las propiedades morfológicas: una maqueta es un modelo del objeto representado donde la relación establecida es fundamentalmente una reducción de escala. Los modelos análogos poseen algunas propiedades similares a los objetos representados pero sin ser una réplica morfológica de los mismos: un mapa es un modelo de la realidad establecido mediante un conjunto de convenciones relativamente complejo que conduce a un resultado final claramente distinto del objeto representado.

Finalmente, en los modelos simbólicos se llega a un nivel superior de abstracción ya que el objeto real queda representado mediante una simbolización matemática (geométrica, estadística, etc.).

Los modelos digitales del terreno se incluyen en esta última categoría y, consecuentemente, las relaciones de correspondencia que se establecen con el objeto tienen la forma de algoritmos o formalismos matemáticos.

En este caso, los MDT presentan algunas ventajas sobre el resto de tipos de modelos, derivadas de su naturaleza numérica: no ambigüedad, posibilidad de modelización de procesos con una deducción estricta, verificabilidad y repetitividad de los resultados.

Cabe destacar en esta etapa de la exposición que la naturaleza digital y simbólica de los MDT permite una elevada precisión en la descripción de los procesos pero no garantiza la exactitud de los resultados. En efecto, un modelo es necesariamente una descripción aproximada que, en último término, se construye mediante la aplicación de unos supuestos más o menos adaptados a la realidad pero que nunca pueden ser exactos.

Estos supuestos son los encargados de señalar, por ejemplo, qué factores son relevantes para el modelo y cuáles pueden ser obviados (Ver Referencia 26).

3.2.1. Modelos digitales y modelos analógicos:

La diferencia básica entre los modelos digitales y los modelos analógicos reside en que los primeros están codificados en cifras, o que permite su tratamiento por medios informáticos. Para llegar a la elaboración de los modelos digitales es necesario, por tanto, efectuar un proceso de codificación de la información, que permite una representación virtual en forma de cifras. Las relaciones espaciales o las características que se desean representar se traducen a diferentes tipos de estructuras numéricas (vectores, matrices, conjuntos, etc.) o a expresiones matemáticas que expresan relaciones topológicas y funcionales. Una maqueta, como modelo cónico, también constituye un modelo analógico de la realidad, en el que se da una especial importancia a la conservación de las proporciones o relaciones espaciales relativas. Un mapa convencional es otro modelo analógico más sofisticado en el que se establecen unas relaciones especiales de simbolización que permiten la reducción de una realidad tridimensional a un modelo de dos dimensiones (no deben confundirse los conceptos de modelo análogo, y modelo analógico, que se opone al de modelo digital).

Los MDT pueden ser contruidos directamente a partir de la realidad a representar, pero es muy habitual que exista un modelo analógico intermedio a partir del cual se realiza la codificación. Éste puede adoptar formas diversas, desde los mapas anteriormente citados hasta pares fotográficos estereoscópicos. Por este motivo, los MDT han sido entendidos como una versión digital (y por tanto codificada) de los mapas convencionales por lo que, en ocasiones, han sido denominados mapas virtuales.

Otro aspecto interesante es que la definición anterior permite que la característica a representar sea diferente de la altitud. Este aspecto, aunque en principio pueda parecer evidente, debe ser destacado ya que es habitual identificar los MDT con los modelos digitales de elevaciones cuando, en realidad, pueden ser representadas muchas otras propiedades del terreno. En este sentido, parece deseable diferenciar claramente qué variable se está representando en el modelo. Por ello, a partir de este momento denominaremos los modelos digitales de forma explícita, de acuerdo con la propiedad representada y reservaremos el término MDT para la denominación genérica.

3.3. MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN (MDE)

El MDE es un caso particular de MDT, en que la variable representada es la cota del terreno en relación a un sistema de referencia concreto.

Al igual que otros modelos, hay una distancia entre el objeto del mundo real, su representación conceptual matemática, y los números concretos que son en realidad lo que manipula la computadora.

El modelo matemático plantea limitaciones quizá sutiles a la realidad. Por ejemplo, es corriente que se represente la superficie de elevación del terreno (coordenada vertical de la interface entre la atmósfera y el terreno) como una función de dos variables: $z=f(x,y)$. Esto deja de lado implícitamente la posibilidad de modelar correctamente algunos accidentes geográficos, como por ejemplo: salientes, cuevas, etc. tampoco ese modelo tiene validez a toda escala; típicamente no representa correctamente accidentes con dimensiones geométricas del orden del centímetro, sino sólo aquellas del orden de los kilómetros. Los números que se guardan dentro de la máquina permiten caracterizar una instancia del modelo matemático adoptado, y son elegidos de forma de aproximar con el MDE las características del mundo real (Ver Referencia 27).

Esta representación de las elevaciones del terreno mediante valores numéricos, generalmente son representaciones de una forma simplificada de la geometría de la superficie del terreno. Consiste en una serie de puntos con coordenadas conocidas referenciadas a un sistema de coordenadas bidimensionales a las que se les asocia un valor de elevación.

En otras palabras, un Modelo Digital de Elevación es un grupo de valores que representa puntos sobre la superficie del terreno cuya ubicación geográfica está definida por coordenadas "X" y "Y" a las que se les agrega un valor de "Z" que corresponde a la elevación. Se ha convenido que los puntos deben estar espaciados y distribuidos de modo regular, de acuerdo con un patrón que corresponde a una cuadrícula.

El clásico y cada vez más conocido nombre de Modelo Digital de Elevación, crea la idea automática de que necesariamente el grupo de valores numéricos deba visualizarse como un "modelo" de tercera dimensión cuando se usa un equipo de cómputo. Tal grupo de valores numéricos puede ser conceptualizado como un arreglo matricial o tabular de los valores de "X", "Y" y "Z" para cada punto. Para una mejor idea de esto, la siguiente es una manera de representar como texto los valores numéricos (Ver Referencia 28).

X	Y	Z
277800	2178550	1996
277800	2178500	1995
277800	2178450	1993
277800	2178400	1992
277800	2178350	1991
277800	2178300	1990
277800	2178250	1990
.....

Los valores de elevación pueden ser manipulados digitalmente y desplegados en un monitor como una "malla" (o como un conjunto de "celdas"), a la que se asocian los valores de altura a cada una de las intersecciones de líneas de la "malla". Para este caso, la presentación visual es una vista isométrica.

Para el caso de que a las "celdas" de una cuadrícula "raster" se le asignen los valores correspondientes a los intervalos de alturas diferenciados por gamas, ya sea de tonos de gris o de colores, la presentación gráfica puede ser en dos o tres dimensiones.

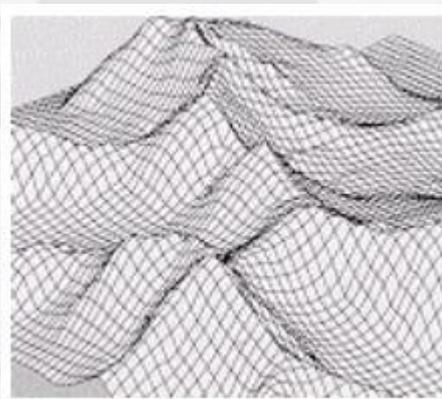


Fig. 3.1 - Representación tipo malla en vista isométrica

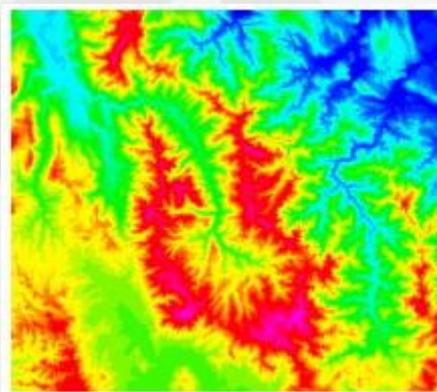


Fig. 3.2 - Representación en dos dimensiones por medio de tonos

De forma general, la unidad básica de información en un MDE es un valor de altitud, z , al que acompañan los valores correspondientes de x e y , expresados en un sistema de proyección geográfica para una precisa referenciación espacial. Las variantes aparecen cuando se definen las interrelaciones entre estas unidades elementales de información.

El diseño de estas interrelaciones es lo que configura las diferentes opciones en la estructura de datos, cuya elección es trascendental pues condiciona completamente el futuro manejo de la información. Mientras que los mapas convencionales usan casi

exclusivamente una única convención (las curvas de nivel) para la representación de la superficie del terreno, los MDE disponen de alternativas más variadas, desde una transposición casi directa de las isohipsas hasta otras menos habituales en la cartografía impresa pero más adaptada al proceso digital.

En todas ellas la altitud se describe básicamente mediante un conjunto finito y explícito de cotas. El valor propio de un punto de localización arbitraria será, en su caso, estimado por interpolación a partir de los datos de su entorno.

Históricamente, los modelos digitales de elevaciones se han dividido básicamente en dos grupos en función de la concepción básica de la representación de los datos: vectorial y raster. Los modelos vectoriales están basados en entidades (básicamente puntos y líneas) definidas por sus coordenadas. En los modelos raster, los datos se interpretan como el valor medio de unidades elementales de superficie no nula que teselan el terreno con una distribución regular, sin solapamiento y con recubrimiento total del área representada.

En los modelos vectoriales los atributos del terreno se representan mediante líneas (vectores) y mediante puntos acotados (caso límite de reducción de un vector a un único elemento). Los puntos se definen mediante un par de valores de coordenadas y las líneas, por tanto, mediante un vector de pares de coordenadas. La altitud puede ser única para la línea o diferente para cada punto integrante de la misma. La simplicidad inicial puede perderse, evolucionando hacia otras estructuras donde, por ejemplo, los vectores son segmentos rectilíneos y se encuentran organizados topológicamente de forma más o menos compleja.

3.3.1. Estructuras de almacenamiento

De las estructuras más utilizadas para el almacenamiento de los modelos digitales de elevaciones, los más representativos son básicamente cuatro.

Dos vectoriales: isopleas o contornos (*contours*) y red irregular de triángulos (*TIN*, *triangulated irregular network*); los otros dos son raster: matrices regulares (*URG*, *uniform regular grids*) y matrices jerárquicas escalables (en estructuras de tipo *quadtree*) (Ver Referencia 29).

3.3.1.1. *Modelo vectorial: contornos.*

La estructura básica es el vector, compuesto por un conjunto de pares de coordenadas (x , y) que describe la trayectoria de líneas isométricas (coincidiendo, por tanto, con las curvas de nivel o isohipsas del mapa topográfico convencional). El número de elementos de cada vector es variable y la reducción de éste a un único elemento permite incorporar cotas puntuales sin introducir incoherencias estructurales. Una curva de nivel concreta queda definida, por tanto, mediante un vector ordenado de puntos que se sitúan sobre ella a intervalos adecuados (no necesariamente iguales) para garantizar la exactitud necesaria del modelo. La localización espacial de cada elemento es explícita, conservando los valores individuales de coordenadas. En el caso más sencillo, el MDE está constituido por el conjunto de las curvas de nivel que pasan por la zona representada, separadas generalmente por intervalos constantes de altitud.

Algunas opciones más avanzadas introducen nociones nuevas en el tratamiento de los datos, especialmente las líneas de rotura (breaklines), que permiten una mejor adaptación a algunos elementos del relieve (fallas, taludes), y que facilitan los tratamientos que necesitan asegurar la conectividad hidrológica.

3.3.1.2. *Modelo vectorial: redes de triángulos irregulares (TIN).*

Una estructura de datos cada vez más utilizada es la que se compone de un conjunto de triángulos irregulares adosados y que suele identificarse por las siglas de su denominación inglesa: triangulated irregular network, TIN (Peucker *et al.*, 1978). Los triángulos se construyen ajustando un plano a tres puntos cercanos no colineales, y se adosan sobre el terreno formando un mosaico que puede adaptarse a la superficie con diferente grado de detalle, en función de la complejidad del relieve. Se trata de una estructura en la que el terreno queda representado por el conjunto de superficies planas que se ajustan a una estructura anterior de puntos.

Los TIN pueden considerarse como una estructura derivada de otra anterior de puntos o líneas. Aunque la distribución original puede ser cualquiera (incluso puntos distribuidos aleatoriamente), es frecuente partir de una base de isohipsas (modelo vectorial) para generar la red de triángulos. Estos están internamente organizados en función de su vecindad mediante un conjunto de información bastante complejo que hace posible un manejo relativamente ágil y eficaz frente a alternativas menos estructuradas.

3.3.1.3. *Modelo raster: matrices regulares.*

La estructura matricial tiene antecedentes relativamente remotos: Chapman (1952) propone ya métodos de análisis topográfico basados en matrices regulares. Esta estructura es el resultado de superponer una retícula sobre el terreno y extraer la altitud media de cada celda (aunque habitualmente se utiliza un valor puntual, asociado a cada nudo de la retícula o punto medio de la celda, con lo que esencialmente se construye un modelo vectorial de puntos). La retícula puede adoptar formas variadas pero la más utilizada es una red regular de malla cuadrada con filas y columnas equiespaciadas. En esta estructura, la localización espacial de cada dato está implícitamente determinada por su situación en la matriz, una vez definidos su origen y el intervalo entre filas y columnas. Las matrices de altitudes suelen ser generadas por interpolación a partir de un modelo previo de contornos o por métodos fotogramétricos. (Ver Referencia 30)

3.3.1.4. *Modelo raster: matrices de resolución variable.*

El interés de las matrices de resolución variable reside en la posibilidad de solucionar el principal problema de las matrices regulares (su resolución espacial prefijada), manteniendo, en principio, sus principales ventajas: la sencillez conceptual y operacional. En este tipo de matrices los elementos pueden ser, bien datos elementales (como en las matrices regulares), bien submatrices con un nivel de resolución diferente. La estructura final es un árbol jerárquico y dinámico de submatrices con una profundidad en principio arbitraria y cuya resolución espacial se duplica en cada nivel. Se trata de una estructura análoga a los quadrees, utilizados ocasionalmente en el tratamiento de variables categoriales. Este tipo de estructura no ha sido apenas desarrollada ni utilizada, según puede deducirse de la bibliografía, aunque tiene una relación directa con el método fotogramétrico de muestreo progresivo. En el tratamiento de los MDE, los trabajos pioneros parecen corresponder a Ebner y Reinhardt (1984, 1988), que utilizan un modelo mixto de matrices jerárquicas y estructuras TIN.

3.3.2. **Captura de los datos.**

Un modelo MDE puede ser representado como un mapa de bits, como así también como un "Heightmap" cuando la representación incluye la elevación de la superficie. Para la construcción de este tipo de modelo llamado MDE pueden utilizarse técnicas que incluyan

sensores con tecnología remota, a partir de un esquema de una topografía real, para representar un terreno virtual.

Existe también una variedad de datos de MDE disponible para áreas desarrolladas y la idoneidad de estos datos disponibles depende de las especificaciones del proyecto. En remotas regiones por todo el mundo, donde se dispone de pocos o ningún dato de referencia, el MDE puede producirse por una extracción automática MDE de las escenas en estéreo del satélite a partir de los siguientes sensores satelitales:

Sensor satelital	Resolución DEM
ASTER	15-25 metros
SPOT	5-10 metros
IKONOS	2-5 metros

También puede proporcionarse el MDE de fotografía aérea digital en estéreo a varias resoluciones dependiendo de la calidad y escala de la fotografía aérea (Ver Referencia 31). Para MDE de alta resolución con una precisión de +/- 0.20 metros, se utiliza la tecnología Detección de Luz y Rayo Láser (LIDAR).

El origen de un modelo digital de elevaciones puede estar, en principio, en la medida directa sobre la superficie real del terreno mediante, por ejemplo, altímetros aerotransportados. Es más frecuente, sin embargo, el uso de métodos indirectos, que utilizan como base un conjunto de documentos (analógicos o digitales) elaborados previamente.

3.3.2.1. *Métodos directos: altímetros, GPS y estaciones topográficas.*

Algunos satélites han incorporado altímetros entre sus instrumentos, con lo que se hace posible, al menos teóricamente, el registro directo de los datos altimétricos en formato digital. Las características de estos altímetros hacen de ellos aparatos extremadamente precisos: el transportado por el satélite ERS-1 (iniciales de European Remote-Sensing Satellite) es un radar de 13.8 GHz con un error nominal de apenas unos cm. Sin embargo, problemas relacionados con la fuerte dispersión de la señal en zonas rugosas y con una resolución espacial reducida han limitado prácticamente su uso al análisis de la topografía. Su mayor ventaja reside en que se trata de un método de captación remota de información por lo que la toma de los datos no está limitada por la accesibilidad de la zona.

En los últimos años se han desarrollado sistemas de localización geográfica conocidos como GPS (siglas de su denominación en inglés: global positioning system). Estos

métodos utilizan un conjunto de satélites de referencia y, mediante métodos de triangulación, permiten obtener valores de las tres coordenadas espaciales para un lugar localizado sobre la superficie terrestre. Este método es muy útil en ciertas condiciones, pero presenta algunas limitaciones que reducen su utilidad. Entre ellas, las dos principales son la necesidad de acceder físicamente al lugar de medida y el tiempo relativamente elevado que se precisa para realizar una toma de datos fiable. A estas dos circunstancias, que impiden en la práctica la adquisición del enorme número de datos que componen un MDE, deben añadirse algunos problemas secundarios relativos a la necesidad de condiciones favorables para las medidas (acceso visual directo y simultáneo a un mínimo de cuatro satélites, poca cubierta vegetal sobre la antena receptora, necesidad de una segunda estación de apoyo en funcionamiento simultáneo, etc.). Estas limitaciones convierten al método GPS más en un recurso de apoyo que en el sistema básico de captación de datos (Ver Referencia 32).

Finalmente, las estaciones topográficas más avanzadas pueden generar y almacenar los resultados de sus medidas en formato digital. Algunos sistemas de información geográfica incorporan utilidades que permiten el tratamiento e incorporación de los datos en este tipo de formatos. A pesar de su utilidad, el método tiene problemas similares al anterior ya que la recogida de información exige la presencia física sobre el terreno. Asimismo, el tiempo necesario para realizar una toma de datos fiable y completa invalida el método como única vía de incorporación de datos en la construcción del MDE.

3.3.2.2. *Métodos indirectos: restitución fotogramétrica.*

Como se ha indicado anteriormente, es más frecuente utilizar métodos indirectos para la generación de los MDE. Las causas son principalmente que estos métodos no necesitan acceder físicamente a la totalidad de la zona de estudio, pues utilizan documentos preexistentes, y que la generación de datos se hace de forma relativamente rápida, cuestión básica cuando el volumen de información es muy elevado.

En las operaciones de restitución se utiliza como documento básico un conjunto de pares estereoscópicos de imágenes de la zona a estudiar. El trabajo se basa en métodos fotogramétricos que, examinando puntos homólogos en los pares estereoscópicos, deducen de su paralaje las cotas de referencia necesarias para reconstruir la topografía. Actualmente existen sistemas (restituidores fotogramétricos) completamente automatizados que realizan esta labor grabando directamente los resultados en un formato digital compatible con

sistemas de información geográfica. En este caso, los pares estereoscópicos son analizados mediante sistemas ópticos de exploración. La información resultante es procesada para, mediante un proceso iterativo de cálculo de correlaciones, identificar los puntos homólogos, medir paralajes y estimar altitudes (Ver Referencia 33). El acceso al terreno es necesario para establecer un conjunto de puntos de apoyo que permitan fijar valores de altitud en una escala absoluta.

El método se utiliza también en la elaboración de cartografía analógica y sólo se diferencia en el formato de la salida de los datos. En la cartografía convencional, la salida se realiza sobre un soporte físico estable (minuta), mientras que en el otro caso se graba directamente en un soporte informático. Ambos tipos de productos, sin embargo, no son incompatibles y pueden ser generados paralelamente.

Los pares estereoscópicos han sido hasta hace pocos años exclusivamente fotogramas aéreos, tomados por cámaras de gran formato desde aviones en vuelo a diferentes altitudes. Actualmente, a estas fotografías se han sumado las imágenes digitales tomadas por sensores pancromáticos transportados por satélite. Los sensores pancromáticos del SPOT permiten una resolución de 10 m, con un espectro de captación similar al visible. Según algunos autores, los MDE resultantes tienen una calidad comparable a los obtenidos mediante los métodos fotogramétricos convencionales.

Finalmente, cabe mencionar los ensayos para la construcción de MDE a partir de datos tomados por los radares de apertura sintética (SAR) que, aunque basados también en el análisis de pares de imágenes, difieren notablemente de los métodos más convencionales. Las técnicas implicadas suelen agruparse bajo el neologismo radargrametría y la precisión de los resultados depende básicamente de la resolución espacial y de la precisión y estabilidad de la trayectoria de la plataforma.

3.3.2.3. *Métodos indirectos: digitalización de mapas topográficos.*

Los métodos fotogramétricos son utilizados generalmente por organismos estatales o por empresas especializadas. El elevado coste de los aparatos necesarios para la restitución hace difícil que pequeños equipos puedan abordar la construcción de los MDE por esta vía. La opción alternativa es la digitalización de los mapas topográficos preexistentes, lo cual puede realizarse bien de forma manual (mediante un tablero digitalizador), bien automáticamente (mediante sensores ópticos de exploración).

La digitalización automática ha sido una línea de investigación en constante desarrollo en los últimos años debido a que los métodos de digitalización manual son lentos y proporcionalmente muy costosos dentro del total de procesos. El método usado mayoritariamente en la actualidad se basa en el uso de microdensitómetros de exploración (scanners) que detectan un cierto número de niveles de gris (o componentes de color) en un mapa original mediante sensores ópticos. Existen dos variantes básicas en función del formato del resultado, vectorial o raster.

En la primera, el cabezal se sitúa al inicio de una línea y realiza el seguimiento de la misma de forma automática, generando directamente una salida vectorial. Este proceso presenta problemas en los casos en que las líneas se interrumpen o se cruzan: cotas en medio de las curvas de nivel, caminos o carreteras que las cortan, etc., por lo que precisa de un operador que intervenga para solucionar todas las situaciones conflictivas. En el caso de mapas sencillos y limpios de información imprecisa, el método supera en eficacia a la digitalización manual, pero si la información es compleja puede ser considerablemente más lento.

La digitalización mediante scanners puede generar también salidas en formato raster cuando el barrido se hace de acuerdo con un esquema matricial. La salida digital es una matriz de valores de gris, de componentes primarios (amarillo, cian y magenta) en los dispositivos sensibles al color o, simplemente, de blanco y negro. La generación de esta matriz es un proceso simple pero constituye una información que no es aprovechable directamente para la construcción del modelo digital. Para transformar el conjunto de datos en algo más útil se sigue a continuación un proceso de vectorización de este archivo raster que, para un mapa topográfico, implica las siguientes fases:

- Filtrado de la imagen raster de forma que, fijando un valor umbral de gris, todos los píxeles se asignen a blanco o negro. Se trata esencialmente de un realce de contraste que persigue la eliminación de las sombras, manchas en el papel, etc. y la mejor delimitación de lo que son realmente elementos significativos en el mapa.
- Vectorización de la imagen contrastada, de forma que los píxeles adyacentes se estructuran en líneas, generándose una imagen vectorial. Su similitud con el mapa original es función de la calidad gráfica y complejidad de éste pero suele ser un producto poco depurado debido a las dificultades de separar las líneas de nivel de cualquier otra entidad del mapa: retículas, toponimia, cotas, carreteras, red hidrográfica, tramas, etc. Esta fase puede realizarse de forma automática o

interactiva, donde la toma de decisiones ante situaciones conflictivas la realiza un operador ante la pantalla gráfica.

- Edición y revisión por parte de un operador, ya que los procesos descritos suelen ofrecer resultados plagados de errores, especialmente en el caso de mapas complejos o de mala calidad. Habitualmente el resultado no puede cumplir con las exigencias de coherencia topológica de un modelo de elevaciones y necesita de una completa revisión con la referencia del mapa original.

De este conjunto de procesos resulta la versión digital del mapa topográfico original, cuya calidad debe ser ya suficiente para ser utilizada como MDE, una vez asignada a cada línea la altitud correspondiente. El costo total de la operación es un factor muy variable en el que la elección de un mapa original de buena calidad es decisiva.

Cualquiera de los métodos anteriormente expuestos es una elección razonable si los medios disponibles lo permiten. Dos factores han hecho, sin embargo, que la digitalización manual sea el método más empleado en la actualidad. El primero es el elevado costo de los equipos ya que, aunque los scanners de pequeño tamaño son bastante accesibles, su utilidad es reducida para estos trabajos. El segundo es que los mapas disponibles suelen contener mucha más información que la exclusivamente topográfica, por lo que la última fase mencionada (edición interactiva para la corrección de errores), adquiere unas dimensiones tales que su rendimiento puede ser inferior al de la digitalización manual.

Por los motivos anteriormente expuestos, la digitalización manual a partir de los mapas topográficos es el método usado mayoritariamente en la actualidad, al menos por los equipos investigadores de mediana o pequeña entidad. El proceso se realiza sobre un tablero digitalizador sobre el que se sitúa el mapa. Las curvas de nivel se siguen manualmente con un cursor de forma que el ordenador recibe a ciertos intervalos, prefijados o decididos por el operador, las coordenadas que definen la trayectoria de la línea.

El proceso es lento y los errores inevitables, pero la experiencia muestra que si el personal está suficientemente capacitado pueden ser escasos. Por otra parte, el método puede ser el más eficaz para la digitalización de cartografía compleja ya que se utiliza la capacidad de análisis del operador y la toma de decisiones es flexible y adaptable a las circunstancias de cada caso.

Queda por citar, finalmente, el método más simple de digitalización, que consiste en superponer físicamente al mapa topográfico una malla uniforme y extraer manualmente las

altitudes correspondientes a cada nodo de la red. Esta es la versión estrictamente manual de una serie de procesos de muestreo e interpolación inherentes a la transformación vector-raster. Aunque muy rudimentario, este método permite disponer de pequeños modelos usando medios muy limitados y prescindiendo del tablero digitalizador y, por tanto, de los programas utilizados para manejarlo. Obviamente, el volumen de trabajo sólo es abordable para pequeñas zonas o modelos poco detallados. Los errores son mucho más frecuentes que en la digitalización sobre tablero ya que la concentración necesaria y la fatiga del operador son mayores. Estas circunstancias aconsejan el uso de este método sólo cuando la penuria de medios lo haga imprescindible.

3.3.3. La función interpoladora

Dependiendo de software utilizado para la digitalización y tratamiento de los MDE la mayoría ofrece tres posibles opciones:

- TIN Lineal
- TIN Cúbico
- Krigeado

En lo que sigue se usará la notación C_k ; la letra C denota continuidad y k es el orden; por ejemplo, las funciones con continuidad C_1 son continuas hasta la derivada primera. A continuación se describirán brevemente las características más sobresalientes de cada una (Ver Referencia 34).

3.3.3.1. TIN Lineal

La sigla TIN viene del inglés (Triangular Irregular Network) y corresponde a una retícula de puntos irregularmente distribuidos y organizados en triángulos. Estos triángulos son elegidos de forma que:

- Todo punto dato es vértice al menos de un triángulo
- Todo punto interior al polígono convexo determinado por los datos pertenece a un único triángulo

El término Lineal caracteriza el grado de la función interpoladora. Dentro de cada triángulo, la función interpoladora es localmente un polinomio de primer grado, determinado por los tres vértices y su elevación correspondiente.

La función interpoladora considerada globalmente tiene por lo tanto las siguientes características:

- Es continua en los vértices, y a lo largo de los lados de los triángulos.
- Las pendientes son constantes dentro de cada triángulo, y no están definidas (o son discontinuas) a lo largo de los lados de los triángulos
- No está definida fuera del polígono convexo definido por los datos
- Dentro de cada triángulo, la superficie sólo depende de las ordenadas en los vértices; se dice que el interpolante es local.(Ver Referencia 35)

La opción TIN Lineal es del tipo C0.

Como consecuencia, la superficie del terreno puede no parecerse a la realidad; presenta facetas y quiebres abruptos de pendiente. Sin embargo, al aumentar el número de puntos dato (densificando la red de observaciones) estos detalles se van disimulando. Matemáticamente hablando, puede demostrarse que el modelo basado en TIN converge a cualquier $z=f(x,y)$ continua cuando el número de puntos tiende a infinito disminuyendo a cero la distancia entre puntos.

Conviene utilizar TIN Lineal cuando se trata de terrenos modificados por la mano del hombre (canteras, carreteras, etc.) en que el mismo sigue reglas más o menos definidas, o cuando hay cambios abruptos de la pendiente (barrancas, desfiladeros, etc.)

3.3.3.2. *TIN Cúbico*

Esta es la otra alternativa que está basada en triángulos. El interpolante es ahora de tipo C1 (la función es continua pero ahora también lo es la pendiente). Desde el punto de vista matemático comparte alguna similitudes con la función de spline; interpola puntos asegurando una derivada continua, es de tercer grado (de allí el nombre de cúbico), y también tiene alguno de sus problemas.

Al ser de tercer grado, la forma de la superficie entre vértices de un mismo triángulo no es ahora un segmento de recta, sino un tramo de parábola cúbica. No existen regiones planas.

En este caso, la función interpoladora considerada globalmente tiene las siguientes características:

- La función y su pendiente son continuas en todo el dominio
- No está definida fuera del polígono convexo definido por los datos

- Dentro de cada triángulo, la superficie depende ahora no sólo de las ordenadas en los vértices, sino de las ordenadas de todos los puntos de la red; se dice que el interpolante es local, pero con coeficientes globales.

Conviene utilizar TIN Cúbico cuando se trata de terrenos naturales, suaves, sin quiebres significativos en la pendiente.

3.3.3.3. *Krigeado*

Este método tiene base estadística, y se diferencia de los anteriores en que no está basado en triángulos.

Si se supone que las elevaciones del terreno son una realización de un campo aleatorio bidimensional con correlación espacial, y se asumen hipótesis de ergodicidad y homogeneidad, entonces es posible estimar la función de correlación (que se denominará variograma). Por ejemplo: si al arrojar un dado sale el número 3, entonces este valor es una realización de una variable aleatoria discreta de probabilidad uniforme. El krigado asume que el terreno concreto de que se dispone es sólo uno de los posibles que resultan de experimentos con el mismo campo aleatorio.

Si se dispone del variograma y de un conjunto de puntos dato es posible interpolar a puntos arbitrariamente localizados preservando la correlación espacial. Simultáneamente, y esto es lo que distingue al krigado, se obtiene una estimación del error puntual cometido. La parte más engorrosa del proceso es estimar el variograma apropiado. Algunos Software son capaces de estimar ese variograma en forma automática, dado un conjunto suficientemente grande de puntos dato. El variograma se caracteriza por su tipo y dos parámetros que son números reales positivos: el alcance y la meseta (Ver referencia 36).

El primero tiene que ver con la dimensión horizontal; valores mayores indican superficies más suaves. Si se le va a estimar utilizando los datos disponibles estos deberán estar suficientemente separados, cubriendo una amplia región. El caso límite de alcance nulo caracteriza a procesos estadísticos en que no hay correlación en el espacio; no es corriente en el caso de MDE.

La meseta está vinculada con la variabilidad (varianza) de la variable interpolada; en este caso, la elevación. Valores mayores indican variaciones más abruptas de la misma, y el caso límite de meseta nula correspondería a una superficie de nivel constante.

La interpolación mediante krigado produce una superficie del tipo C1 para la elevación. Estos software producen además la estimación del error y de la pendiente del terreno.

Conviene utilizar Krigeado cuando la superficie es suave, se requieren las pendientes o se requieren estimaciones del error cometido. Es apropiado también cuando se desea refinar una campaña de medidas de forma de identificar las áreas donde se cometió un error excesivo.

Al aproximar la realidad con un modelo numérico se cometen errores de diferente índole. Es necesario tener claro su origen para poder calibrar la calidad del MDE generado. Partiendo del objeto del mundo real, se realizan dos operaciones:

- una decisión sobre el modelo matemático a adoptar (función interpoladora) y
- la observación de valores de la elevación con instrumental apropiado.

Cualquiera sea la función interpoladora adoptada, ella no es más que una forma arbitraria de ver el mundo; En cada caso particular será el usuario quien calibrará, con su experiencia personal y los datos del terreno concreto lo apropiado de la elección.

Paralelamente se observarán las elevaciones en el terreno mediante instrumental apropiado. Normalmente estas observaciones serán tomadas en puntos irregularmente distribuidos en los que se observa la elevación. No tiene porqué ser así; los MDE podrían obtenerse mediante fotogrametría digital, utilizando imágenes y produciendo elevaciones en puntos de una grilla regular. Es corriente que, con el instrumental utilizado, las observaciones mismas tengan error muy pequeño. De ello no puede inferirse que el MDE tendrá en todos sus puntos errores comparables con los de los datos de partida.

El MDE obtenido del TIN lineal presenta algunas propiedades; si bien no se provee una estimación del error cometido, se puede demostrar que si el número de puntos dato crece y disminuye la distancia promedio entre ellos, entonces el MDE converge monótonamente al MDE "verdadero". En el caso del TIN cúbico, ese comportamiento es sólo asintótico; podría existir una combinación de datos en una región que haga empeorar localmente el error en otra, fenómeno que desaparece en el límite cuando el número de puntos dato crece. Es en este aspecto del error que se comete que el krigeado presenta ventajas sustantivas con respecto a los otros procedimientos; es posible (bajo ciertas hipótesis) obtener no sólo la cota del terreno en función de las coordenadas horizontales, sino también una estimación del error de interpolación cometido. Esta superficie de error tiene ceros en las coordenadas de los puntos datos y es positiva en el resto. En puntos muy alejados de la zona de estudio el nivel de error tiende a ser constante, así como la elevación. En el primer caso, el límite es igual al de la meseta; en el segundo, a la media aritmética de las elevaciones observadas.

TERCERA PARTE: MODELO TEORICO

CAPITULO 4 – Modelo para la Solución del Problema

Para diseñar en 3D los caminos existen diferentes aplicaciones dedicadas (Cartomap, MDT, In-Roads, Clip...) que son capaces de recoger los datos reales, capturados por topografía clásica o fotogrametría. A partir de estos datos (si es por topografía clásica, una nube de puntos) estas aplicaciones permiten crear una malla triangular o “MDT” del terreno previo que origina el curvado. Sobre esta malla se plantea el desarrollo, primero en planta y luego en alzado (altura) del proyecto de carretera. Dentro del programa de cálculo puede obtenerse el MDT del terreno —antes y después—, el MDT que genera el camino, cunetas, desmontes (aparte de perfiles longitudinales, transversales...).

El problema de las mallas generadas por este tipo de programas es que no suelen ser muy “limpias”. Muchas veces son mallas de triángulos, lo que ya de entrada impide su subdivisión. Y también resulta muy difícil extraer buenos mapas UV a partir de ellas, cuando resulta que este sistema de texturizado sería el ideal para mapear un tramo largo, más de 20 kms por ejemplo.

Por todo eso es muy probable que, incluso aunque consigamos importar a nuestro programa 3D favorito (3DStudio por ejemplo) unas mallas directas desde alguna de las aplicaciones mencionadas anteriormente, tengamos que “limpiarlas” o hasta rehacerlas para poder trabajar con comodidad.

Cabe destacar que para abordar este proceso se pueden hacer uso de diferentes modeladores poligonales por subdivisión de superficies, nosotros hacemos uso del software Matlab, pero los procedimientos puedan llevarse a cabo con cualquiera de las otras aplicaciones comúnmente usadas en la visualización 3D (Rhino, Maya, Softimage, Cinema4D, Lightwave, etc). Lo realmente importante es la metodología, y no tanto las herramientas X o Y.

4.1. CAPTURA DE DATOS “NUESTRA MATERIA PRIMA”

En nuestro caso en particular para definir el terreno, el material con el que contamos es un conjunto de nodos marcados sobre el tramo a partir de las imágenes satelitales de google earth (Anexo 2). Luego se identifican las áreas en cuanto a latitud y longitud para limitar la extensión del terreno en 3D. A partir de ahí se puede extraer todo: curvas de nivel, archivos MDE, mallas, etc.



Fig. 4.1 - Ruta kmz del tramo Las Rosas – El Pueblito

Inmediatamente después se procede a delimitar el tramo, es decir definir hasta que puntos del terreno se creará el mallado, el cual será representado en 3D.

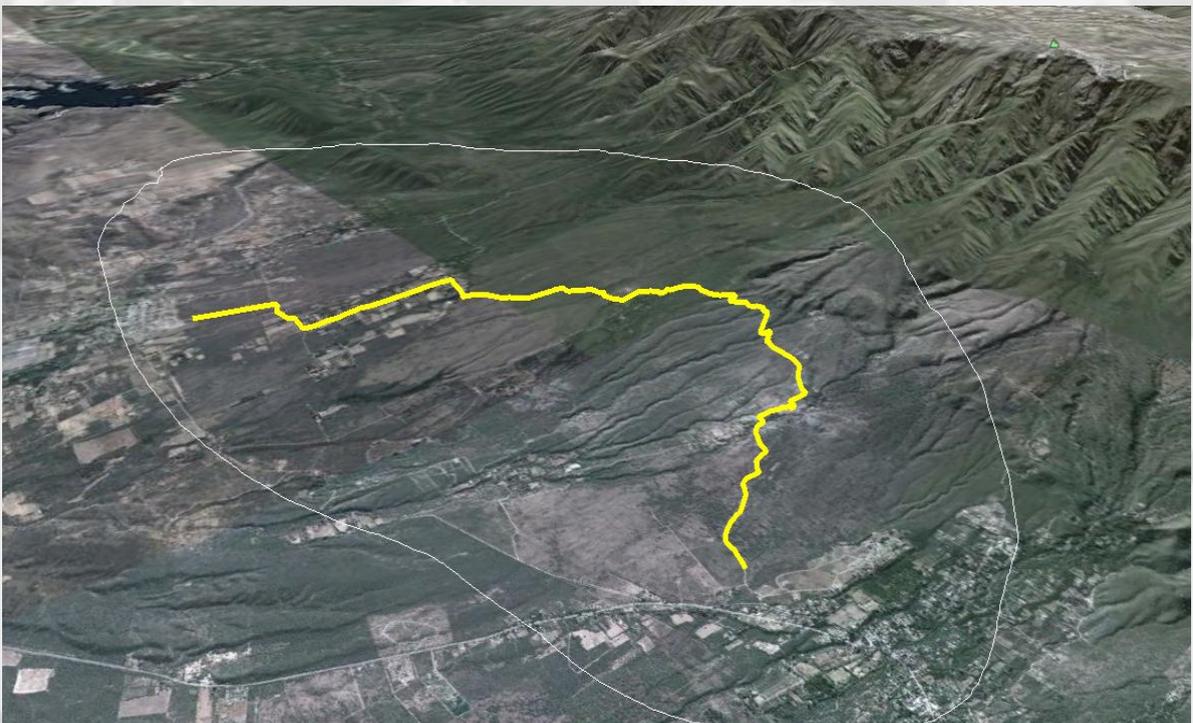


Fig. 4.2 – Delimitación del terreno del cual se creará el mallado

Luego se importan los nodos, los cuales servirán de base para crear el camino completo, además los mismos permitirán denotar el terreno alrededor del mismo.

Ejemplo sobre el tramo Las Rosas – El Pueblito

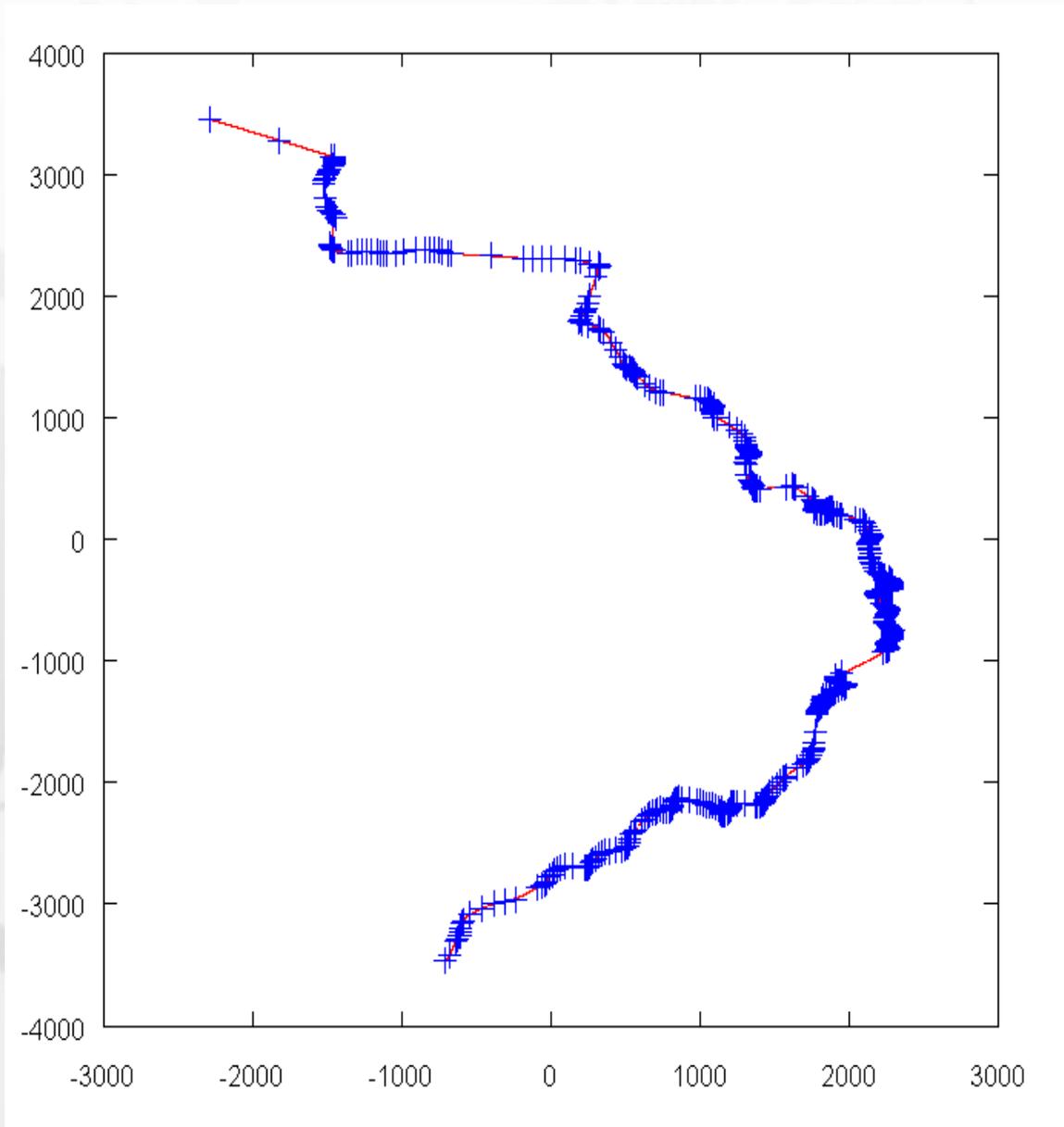


Fig. 4.3- Importación de los nodos del trazado.

Una vez definidos los nodos, se procede a dar altura a los mismos, ya que google earth (de forma nativa) no ofrece esa posibilidad (Anexo 2).

Vale aclarar que se aplica también al terreno delimitado con anterioridad.

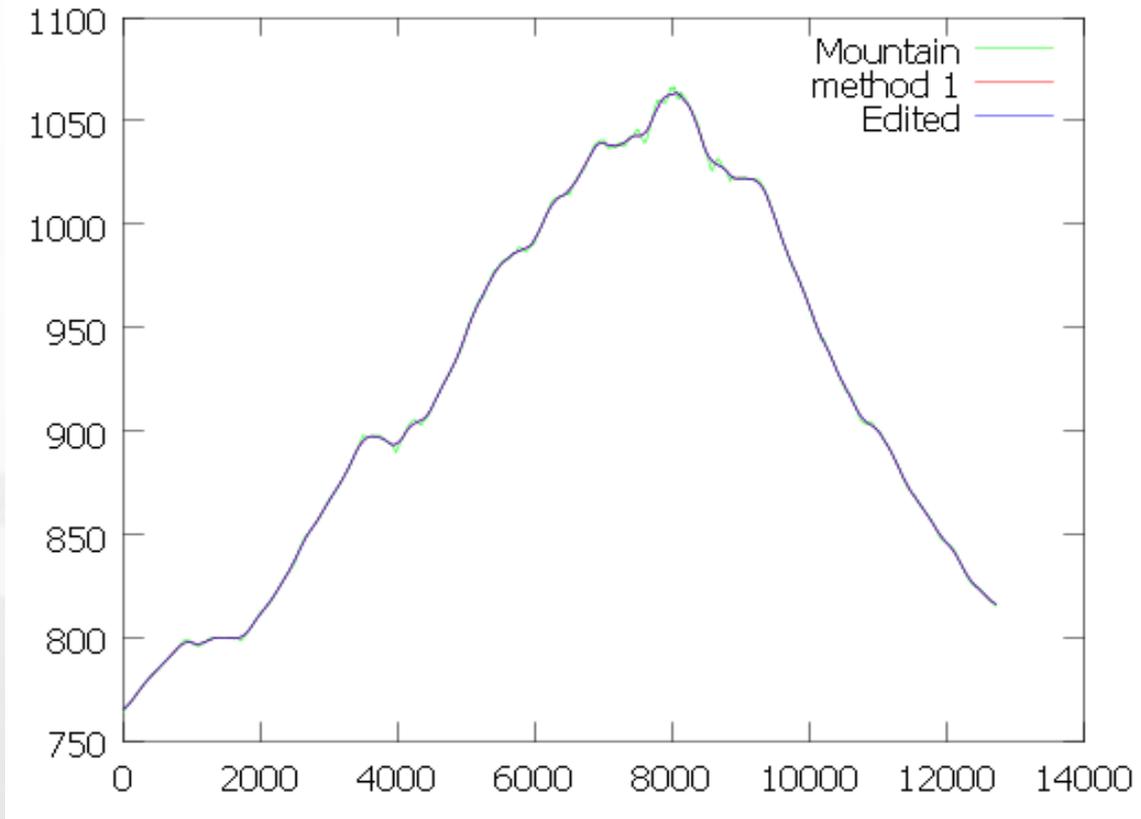


Fig. 4.4 – Asignación de alturas a los Nodos

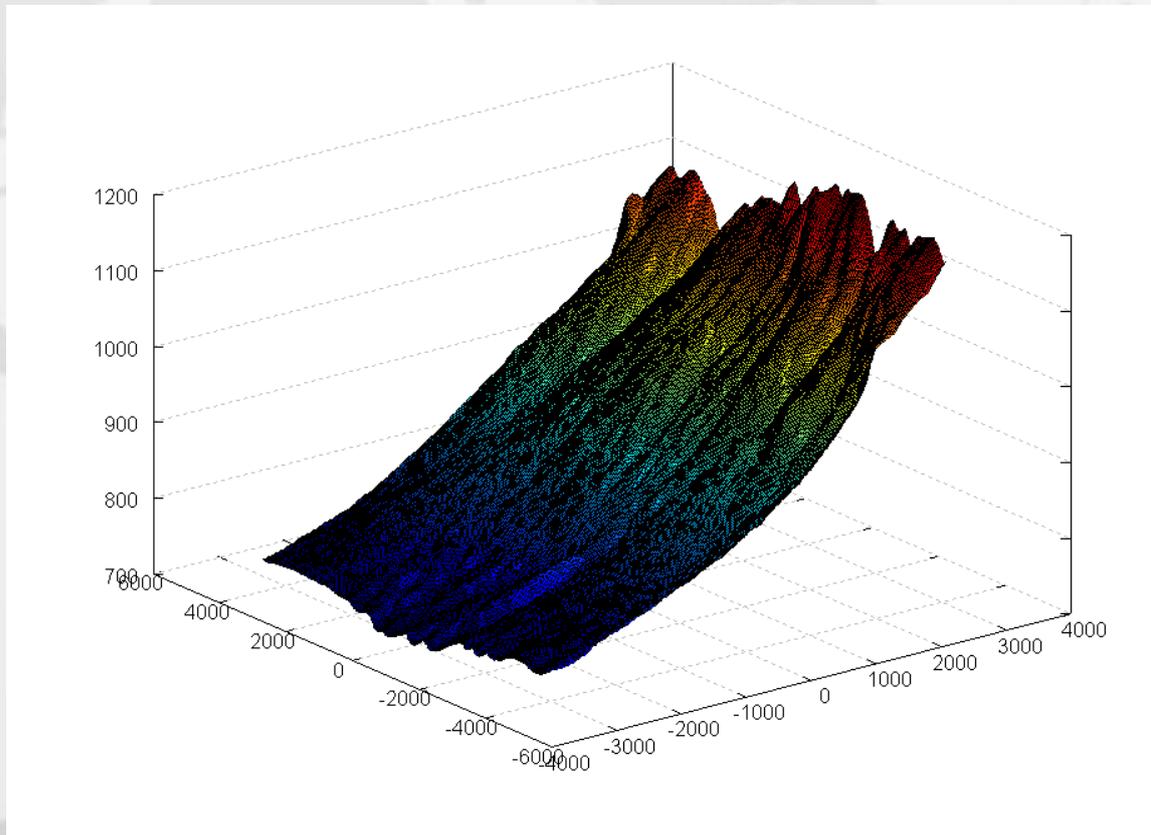


Fig. 4.5 - Asignación de alturas a la superficie del terreno

Para crear el terreno vamos a considerar que partimos de dos cosas, lo que podríamos llamar nuestra “materia prima”:

— Una malla triangular. Que es un tipo de malla relativamente fácil de obtener (por cualquier programa dedicado) a partir de una nube de puntos, y que podremos importar a nuestra aplicación.

— Los perfiles básicos, en planta, de nuestro camino—su eje central y sus límites laterales— y de sus taludes, así como la información de alturas en cada punto de inflexión. Estos perfiles también los podremos importar para trabajar sobre ellos.

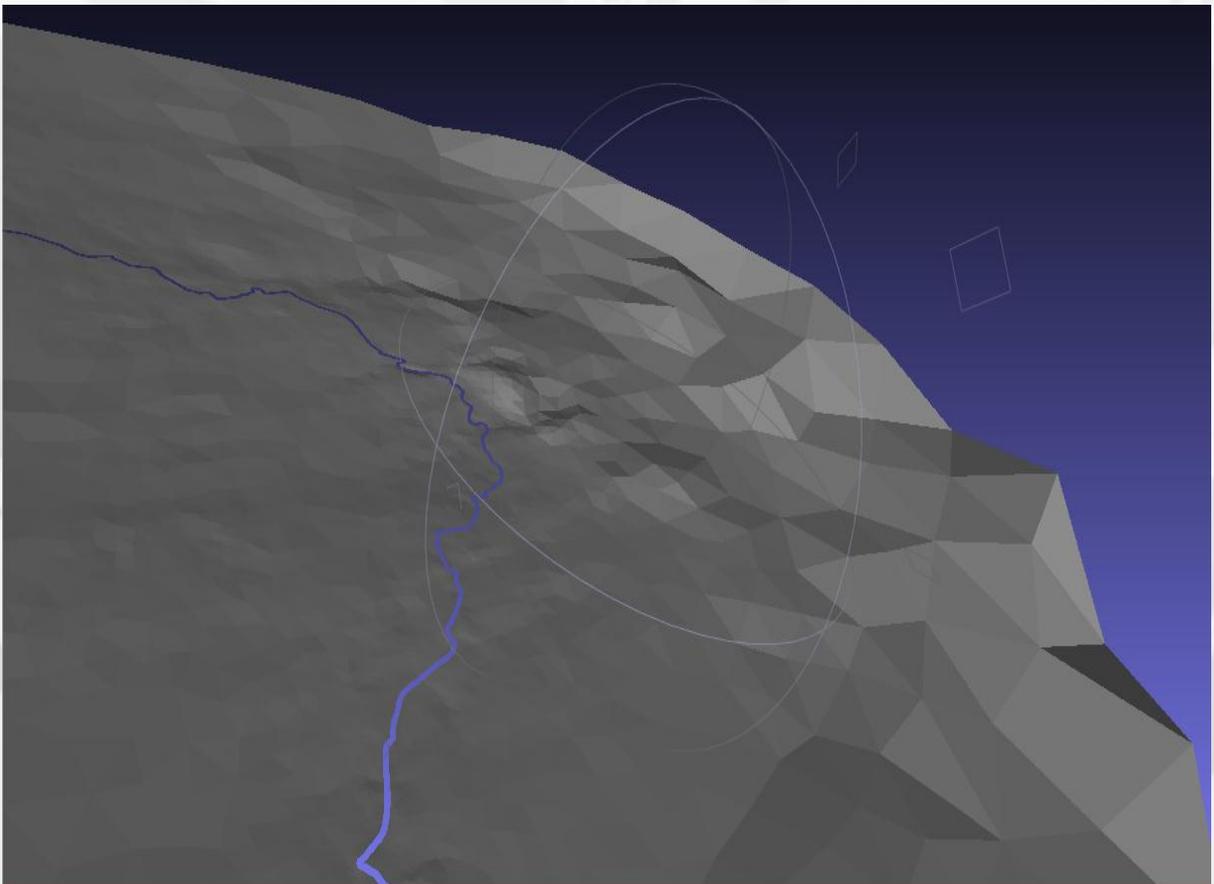


Fig. 4.6 - Mallado sobre el tramo Las Rosas – El Pueblito y su terreno

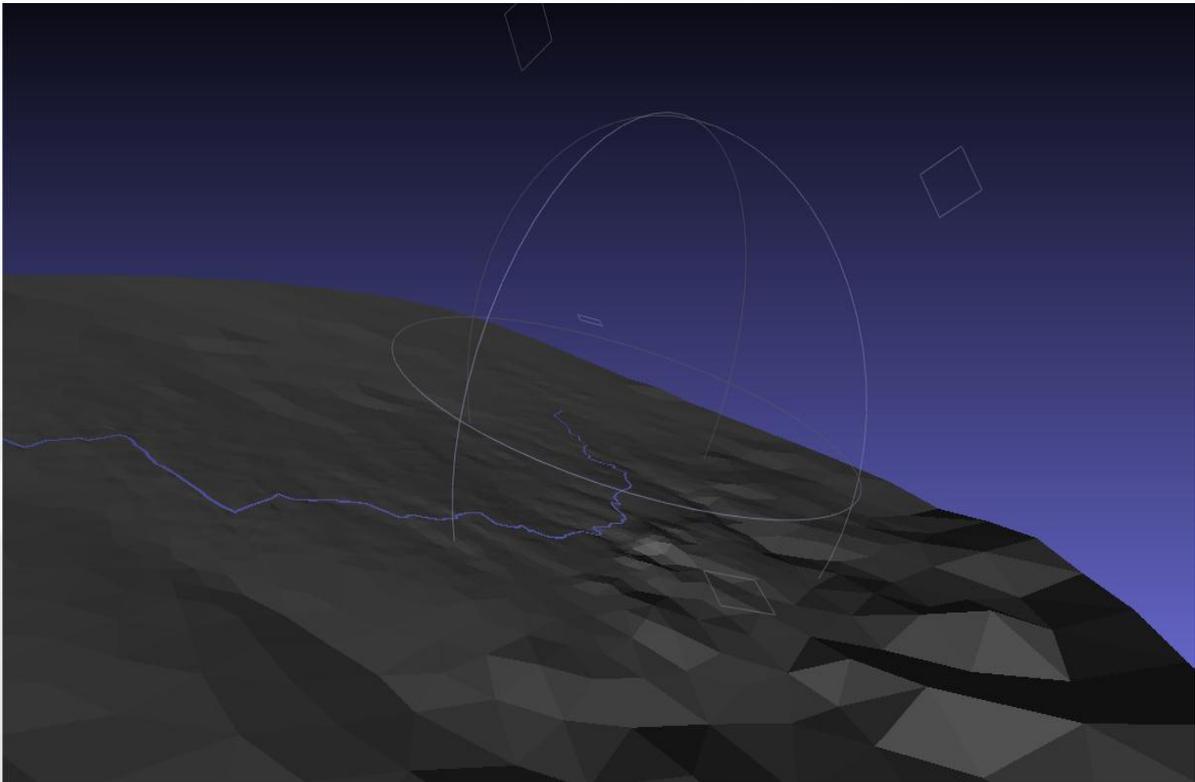


Fig. 4.7 - Mallado sobre el tramo Las Rosas – El Pueblito desde otra perspectiva

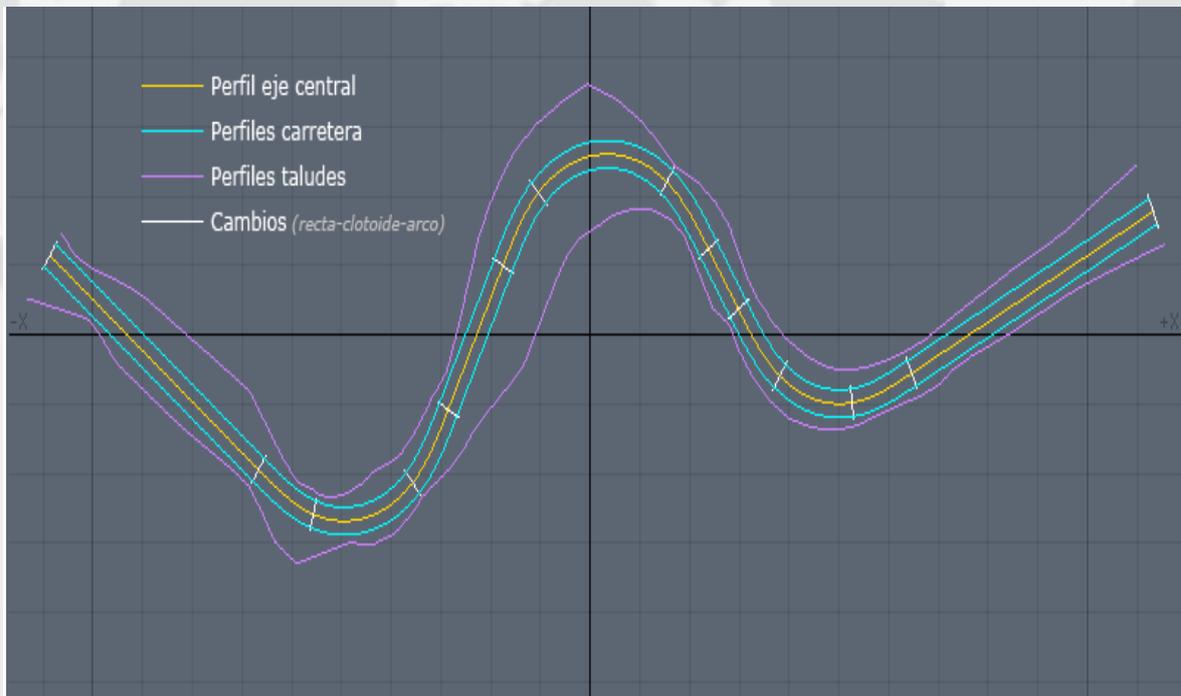


Fig. 4.8 – Camino con los perfiles de la ruta y los taludes

Nos centramos en los perfiles de la propia ruta en planta:

— Lo más importante sería el perfil central (en amarillo), que se podría considerar como el eje de la ruta.

— Luego nos es de ayuda contar con los perfiles laterales (en azul), los límites de la ruta. Aunque si nos facilitan la anchura, en este caso 5 metros por carril, podemos extrapolar esta información a partir del eje.

— Es muy importante contar con las líneas de cabeza y pie de talud (en morado): estos perfiles nos indican los puntos de contacto entre los taludes y el terreno original. Para trazar una ruta hay puntos en los que hay que quitar tierra (desmonte) y otros en los que hay que aportarla (terraplén).

— Y los cambios entre las diferentes partes del trazado (en blanco):



Fig. 4.9 – Perfil de la ruta con la delimitación de las diferentes partes del terreno.

Obviamente en el trazado de todo tramo, sobre todo en los que transita el Rally Mundial por las Sierras de Córdoba encontramos zonas de rectas y zonas de curvas.

Las zonas de rectas son marcadas con color verde.

Hay una parte de toda curva que es un arco de circunferencia (marcadas en azul).

Pero hay otra parte, a la entrada y a la salida de cada curva y coloreadas en rojo, que no se diseña como un arco de circunferencia, sino como una clotoide. La función básica de estos

segmentos es evitar que actúe de golpe la fuerza centrípeta haciendo más cómoda la transición entre las rectas y las curvas durante la conducción.

Estos perfiles están en PLANTA, en la coordenada $Y=0$, por lo que necesitamos tener las cotas de altura para cada uno de estos puntos de transición, y eso es lo que indican las magnitudes que aparecen en la ilustración en gris. Hay situaciones en las que esto se podría complicar: podríamos tener ascensos y descensos en un único tramo recto o incluso en una sola curva, si es así deberíamos contar con esa información, los tramos de Santa Rosa de Calamuchita presentan, a raíz de su geografía, esta problemática. También se nos puede presentar la situación de contar con este conjunto de perfiles, pero ya puestos a su cota, en su altura correcta de un modo directo tras la importación.

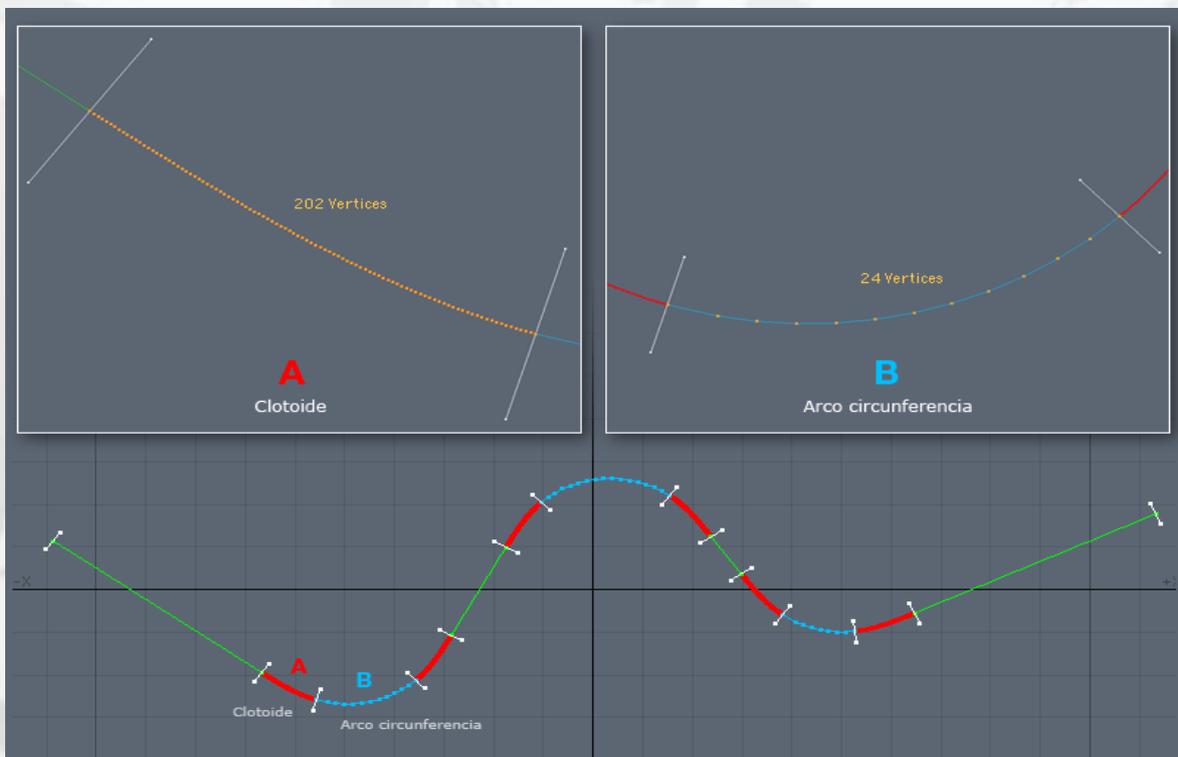


Fig. 4.10 – Perfiles importados. Tramos rectos y arcos de circunferencia.

En post de representar los tramos lo más fieles posible al diseño original usamos los perfiles importados, operando sobre ellos directamente. En el caso de los tramos rectos y los arcos de circunferencia por lo general contamos con un número de puntos muy razonable. Cuando las curvas clotoides presentan un número excesivo de puntos podríamos aplicar un script para optimizarlas y poder usarlas del mismo modo que los arcos. Al importar estos perfiles se nos abren como splines (Bézier, Nurbs, paramétricas, etc) porque de ese modo podemos decidir la resolución, el número de puntos que les queremos dar.

4.2. CREACIÓN DE LA “CORTINA CENTRAL”

Lo primero que vamos a crear es el propio camino, lo que podríamos llamar la “cinta” de la calzada. Pero para poder llegar realizamos un proceso previo que nos permita elevar el eje central a su cota de un modo que nos haga sencillo generar a continuación esa cinta. Toda esta segunda parte nos la podríamos ahorrar si tuviéramos ya los perfiles a su altura, pero como comentamos al principio, el kmz original extraído de google earth no presenta información en cuanto a alturas.

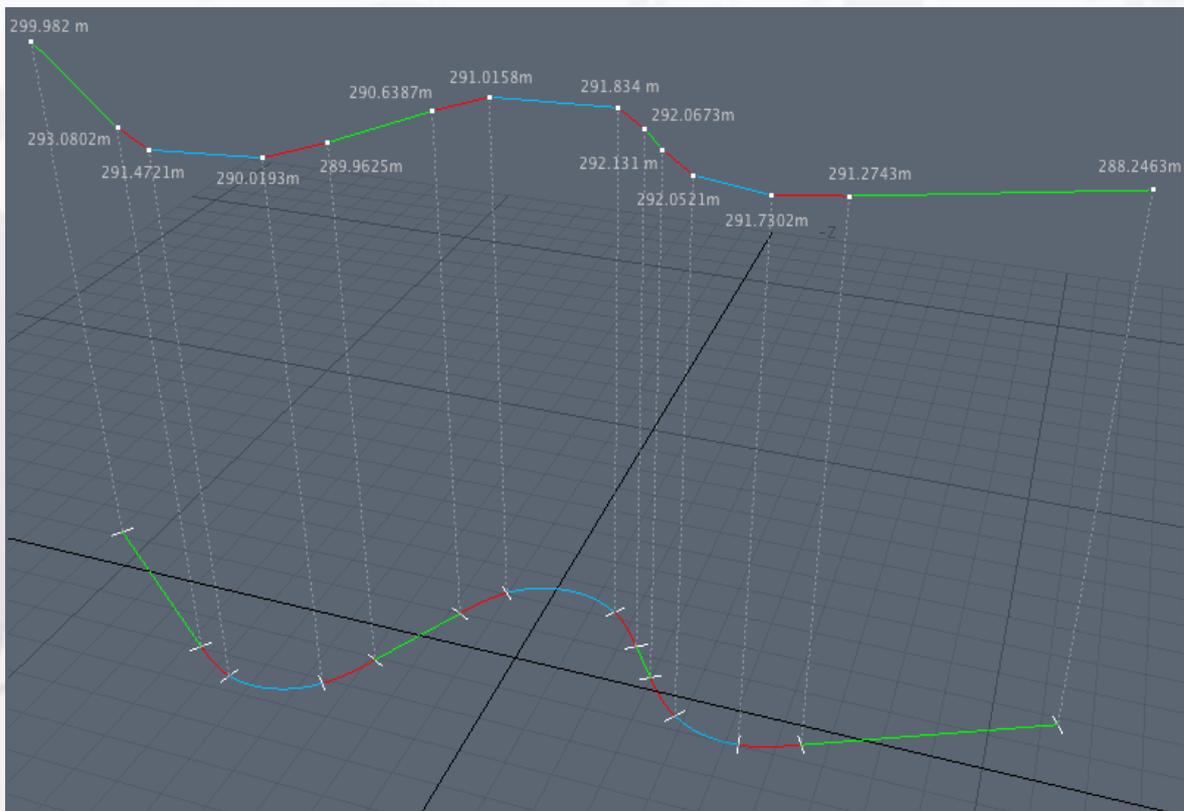


Fig. 4.11 – Cortina central

Como primer paso nos construimos unos perfiles de referencia elevados. Se trata de subir cada uno de los puntos a su cota y de unirlos después mediante simples tramos rectos. Estos son sólo unos perfiles de referencia, para facilitarnos la comprobación visual de que los siguientes pasos están correctamente realizados.

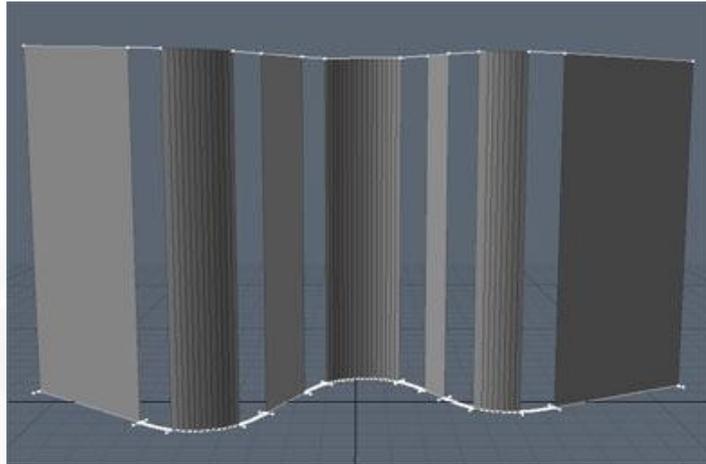


Fig. 4.12 - Cortina central extruida verticalmente

A continuación extruimos verticalmente los perfiles originales en planta. Tanto los segmentos rectos, con sólo dos puntos cada uno, como los arcos de circunferencia, con un número razonable de puntos. Los segmentos correspondientes a las clotoides no los extruimos porque tienen un número excesivo de vértices. Pero si hubiéramos simplificado esos tramos, también los extruiríamos.

En un primer paso no es necesario que lo ajustemos todo con los perfiles que habíamos colocado como referencia a su cota. Lo dejamos un poco por debajo, en este caso lo extruimos todo a un valor constante: 250 metros. Y después movemos los vértices superiores de nuestra “cortina” para igualarlos con los perfiles de referencia que habíamos creado. Los tramos rectos son muy sencillos: basta con ajustar las cotas de los dos únicos vértices por cada tramo; pero en cambio los tramos curvos ya no son tan simples. No podemos ir vértice a vértice porque en ese caso no acabaríamos nunca y sobre todo sería poco exacto.

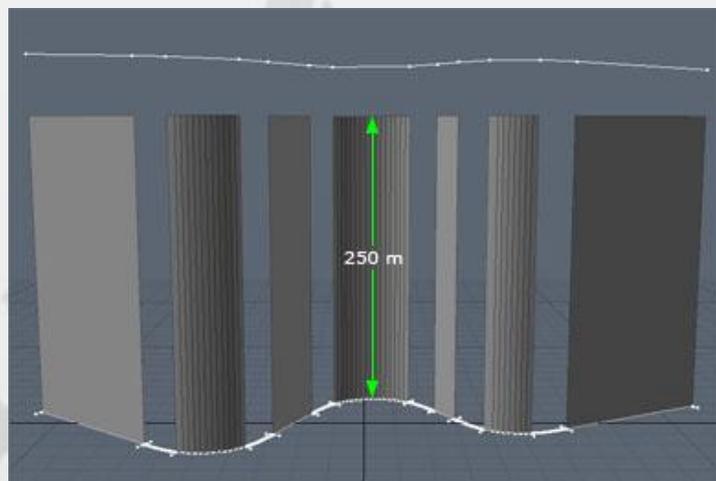


Fig. 4.13 - Cortina extruida 250 metros.

En este procedimiento el alzado a su cota de los tramos curvos plantea un pequeño problema extra que tendremos que resolver.

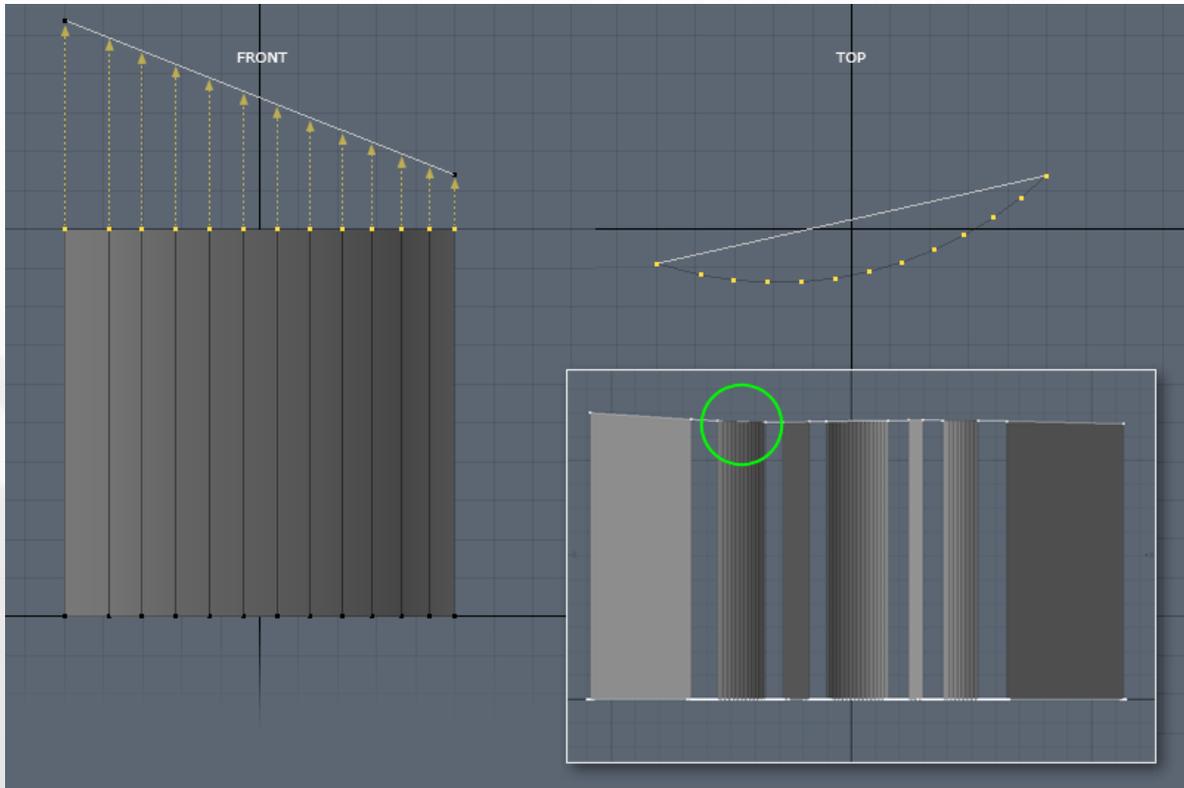


Fig. 4.14 - Vista en altura de la ruta

En el recuadro blanco podemos ver la vista en altura de nuestra ruta: podemos ver cómo realmente existen pendientes, incluso en los tramos curvos (del círculo verde). Estas pendientes son las que determinarán en gran medida, el realismo del tramo ya que a través de ellas se representarán los diferentes accidentes geográficos del terreno y camino.

Para lograr tal fin, nos enfrentamos a esta problemática: ¿cómo elevar los vértices superiores en los tramos curvos de manera que obtengamos una pendiente suave? Para resolver tal problemática, utilizamos un par de procedimientos: uno aproximado y otro más exacto:

Método 1. Usando un Linear Falloff (aproximado)

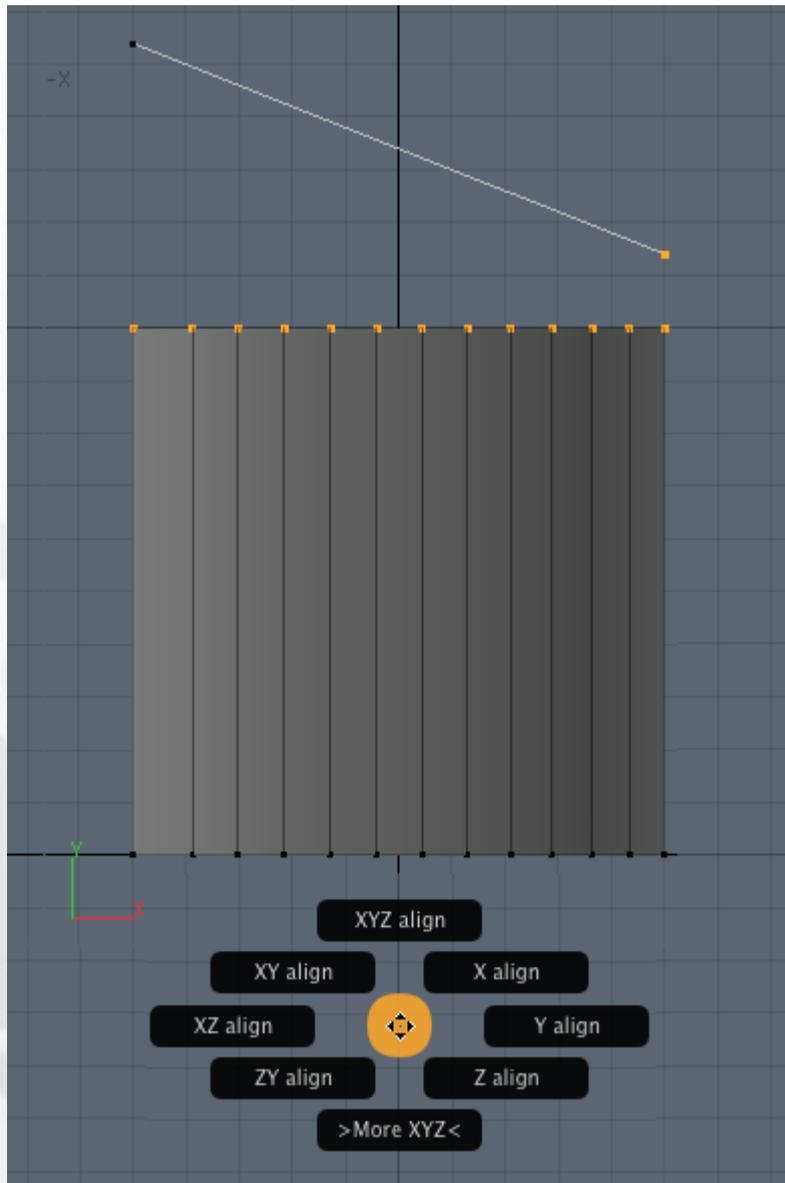


Fig. 4.15 – Segmento curvo visto de modo superior. Usando un Linear Falloff

Tenemos nuestro segmento curvo visto en modo superior. Inicialmente todos los puntos superiores están en la misma cota.

— Primero elevamos todos los vértices hasta la cota más baja de nuestra pendiente.

— Trazamos un Linear Falloff para mover todos los puntos de manera que asciendan siguiendo una transición: el punto de un extremo asciende al máximo, el del otro extremo se queda donde estaba y el resto describen la pendiente.

Método 2. Usando el script Super Taut (más exacto)

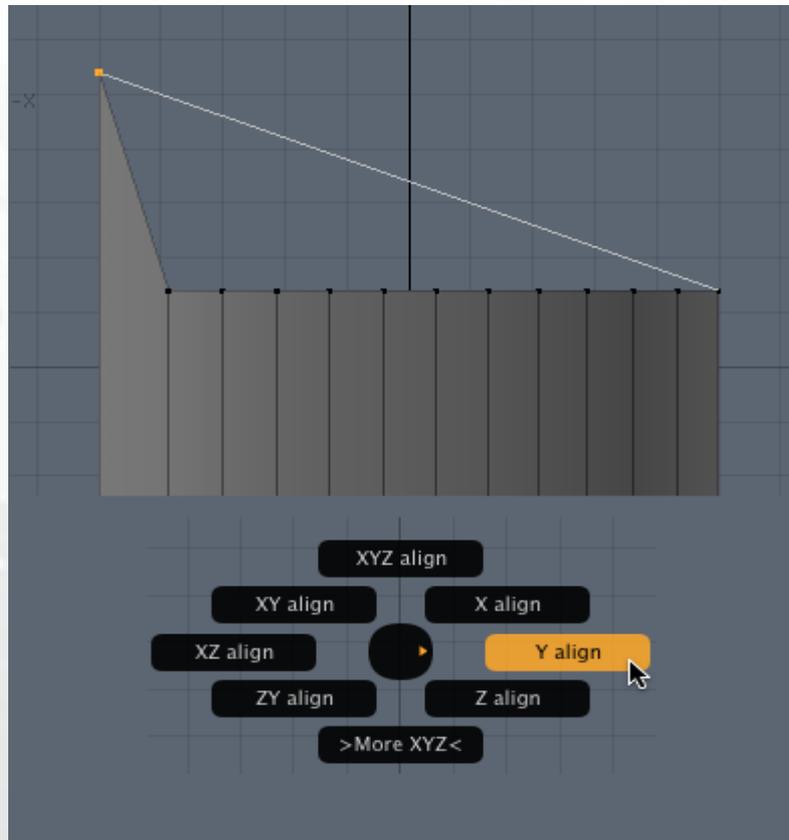


Fig. 4.16 – Segmento curvo visto de modo superior. Usando el script Super Taut

Para este segundo método empezamos igual que antes:

- Primero hacemos coincidir todos los vértices con el punto más bajo de la pendiente.
- Después elevamos el vértice del extremo correspondiente hasta el punto más alto. Igual que antes, usamos sistemas de alineación por parámetros para hacerlo lo más exacto posible (no lo desplazamos “a ojo”).

Y a continuación hacemos uso del script **Super Taut** del Seneca Menard:

- Seleccionamos primero el vértice de un extremo, luego el del otro, y finalmente todos los intermedios, con una lazada.
- Invocamos el script a través de su interface.

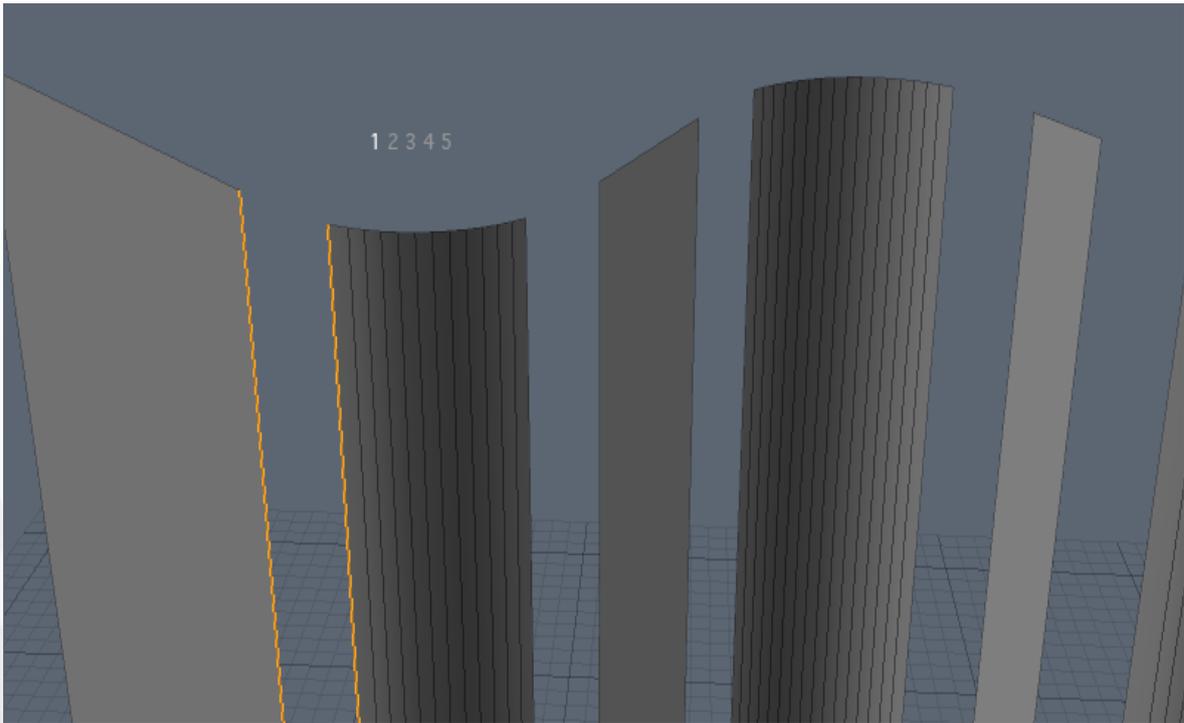


Fig. 4.17 – Ensamblado de todas las piezas para crear la cortina.

Una vez ajustados todos los vértices superiores de los tramos rectos y los arcos de circunferencia, podemos realizar unas sencillas operaciones de bridge para ensamblar todas las piezas.

De esta manera tenemos nuestra “cortina” que, en su cresta superior, va definiendo el eje central de la carretera ajustado a su cota. A continuación veremos cómo crearemos la “cinta” que define la propia carretera.

4.3. CREACIÓN DE LA “CINTA BASE”

Aquí procedemos a crear la cinta superior, que contiene el propio piso firme de la carretera.

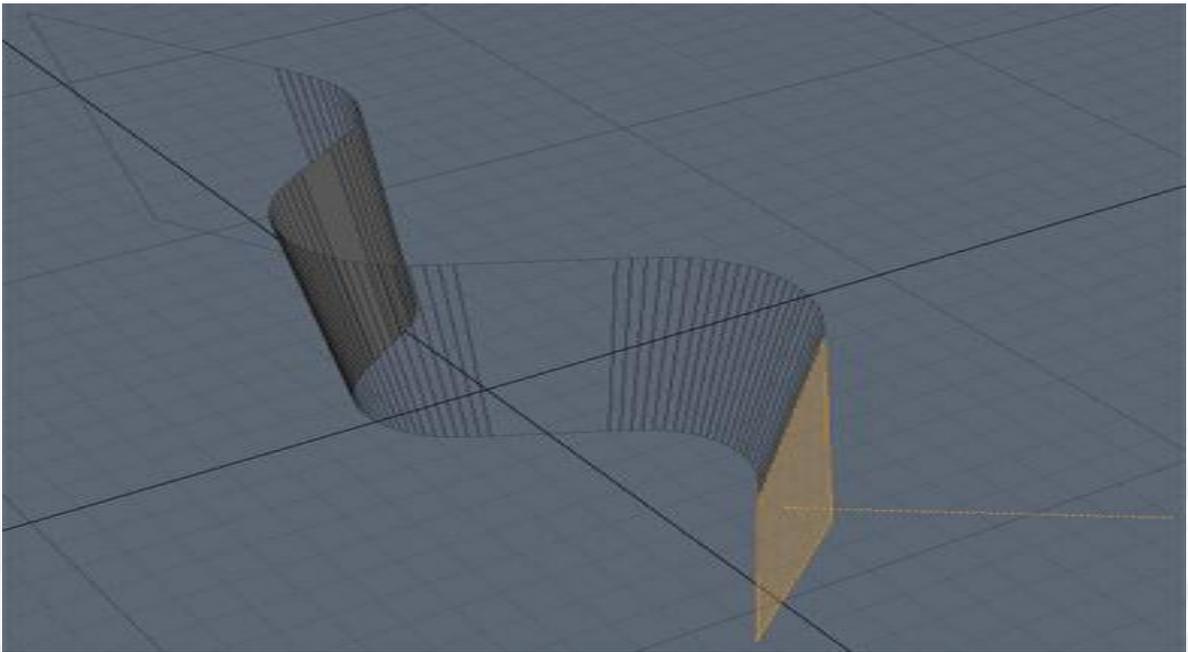


Fig. 4.18 – Cinta superior partiendo de una estructura construida por polígonos de una sola cara.

Nosotros trabajamos con Modo, partiendo de una estructura constituida por polígonos de una sola cara.

Por eso la vemos como si fuera transparente por un lado, aunque también se puede comprobar muy bien si activamos la visualización de las normales: sólo aparecen en una dirección.

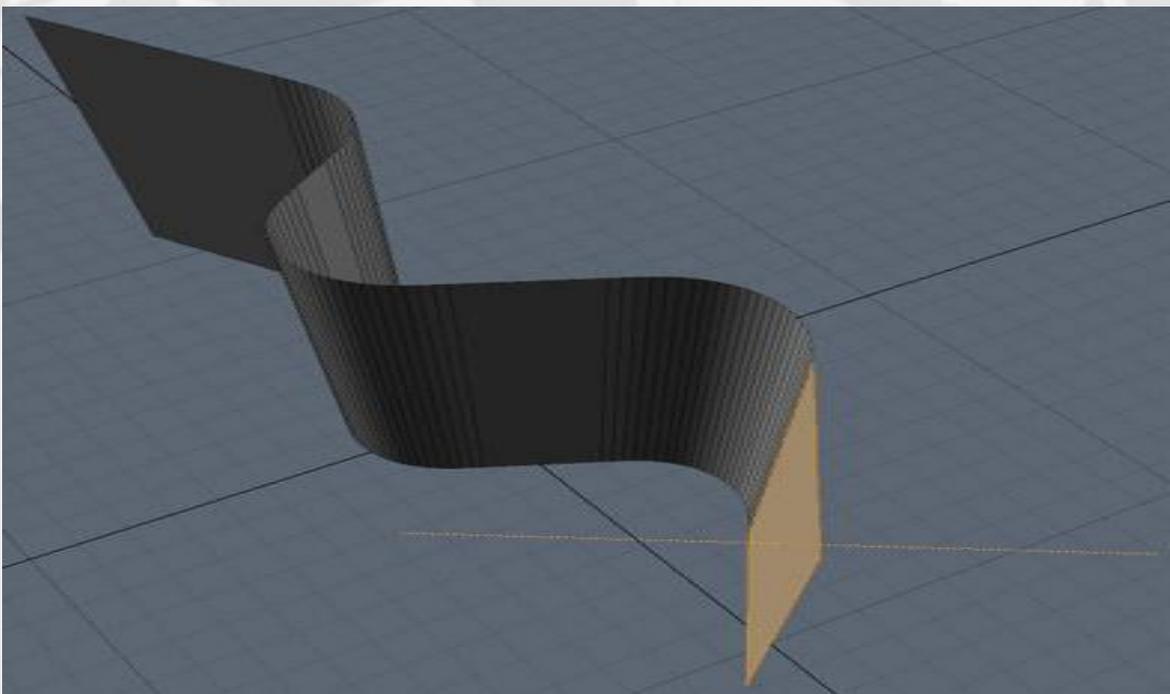


Fig. 4.19 – Cortina superior con visualización de las normales.

El paso siguiente tiene que ver con la superficie sea de doble cara.

Ahora ya tenemos nuestra cortina doble con los polígonos apuntando hacia los dos lados.

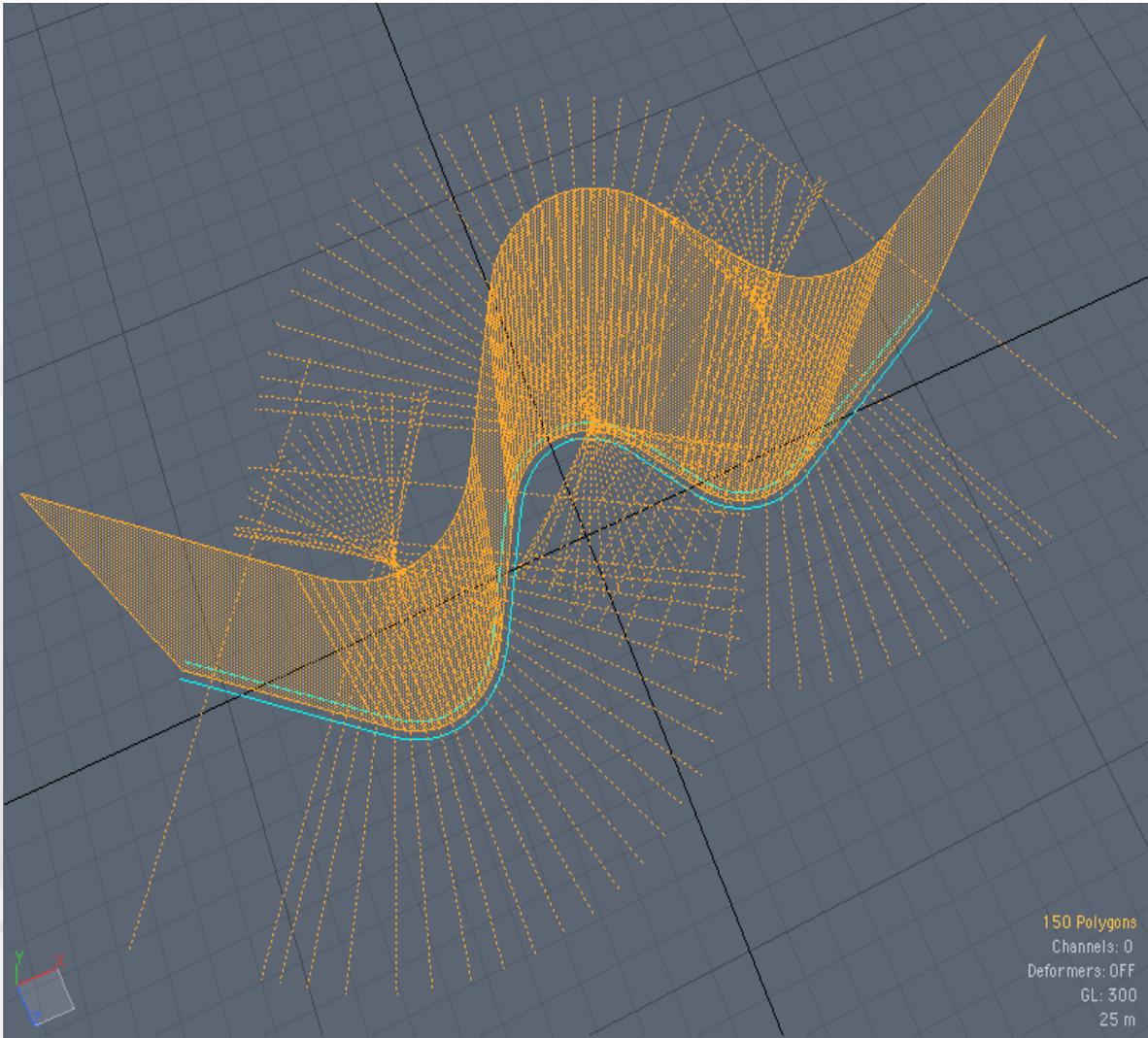


Fig. 4.20 – Cortina superior con superficie doble cara.

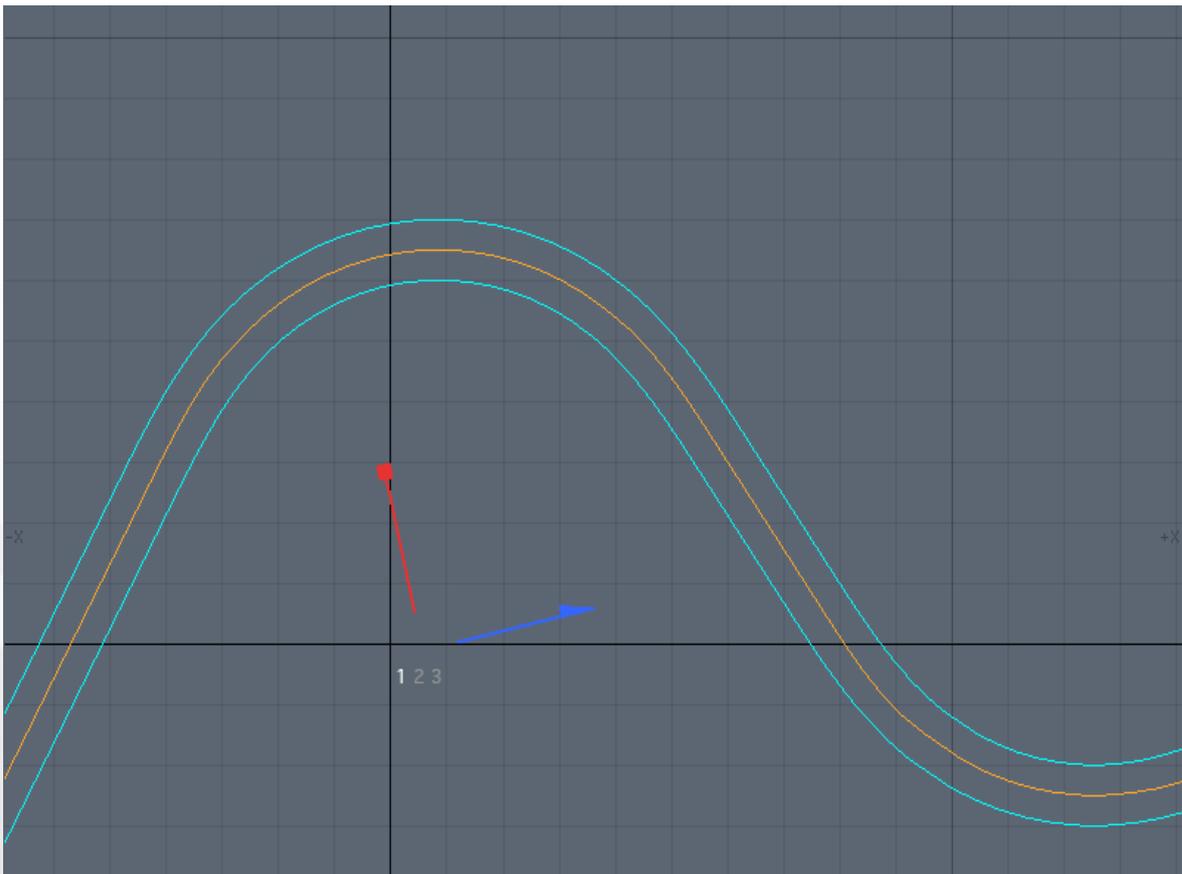


Fig. 4.21 – Vista Top de la Cortina superior.

Desde la vista TOP y con todos los polígonos de nuestra cortina seleccionados, realizaremos una extrusión que siga la normal a cada polígono.

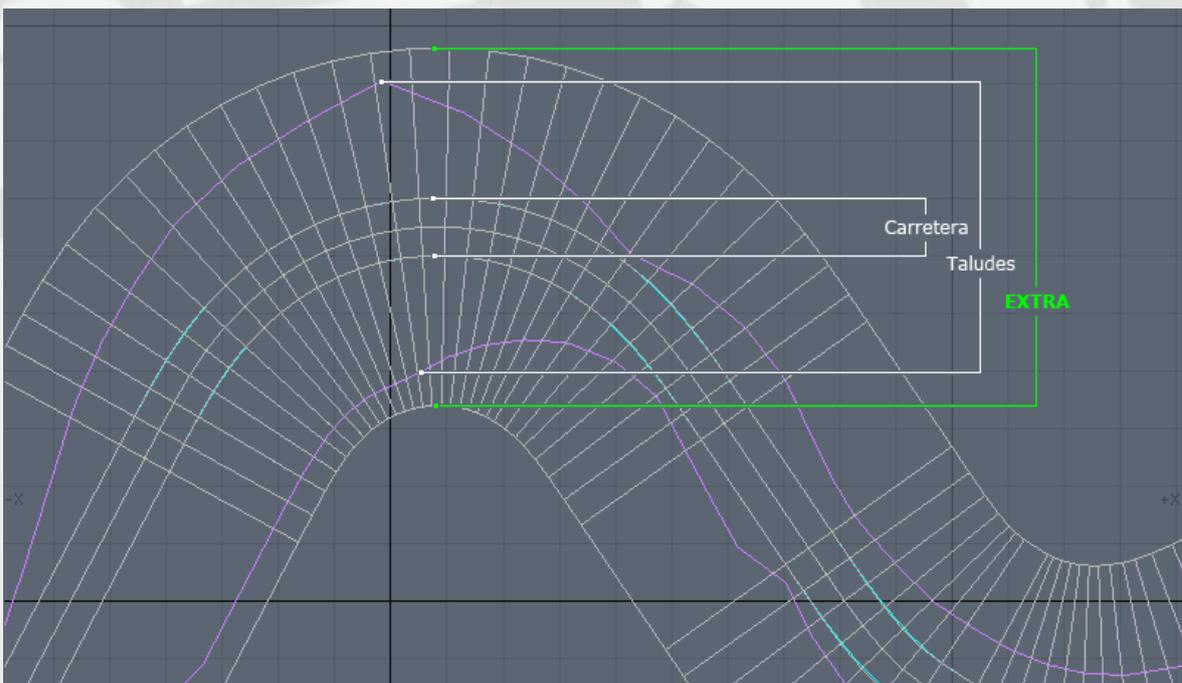


Fig. 4.22 – Vista de los perfiles que definen los límites de los taludes.

Ahora hacemos que se visualicen los perfiles que definían los límites de los taludes, en morado (estos perfiles nos muestran la proyección en planta de las intersecciones que tienen lugar entre los taludes y el propio terreno).

Seleccionamos los laterales verticales de nuestra nueva “cortina engrosada”, nos ponemos en la vista TOP y volvemos a aplicar una nueva operación de extrusión, exactamente igual que en el paso anterior, sólo que en este caso procuramos extendernos algo más allá del límite máximo hasta donde llegan esos taludes.

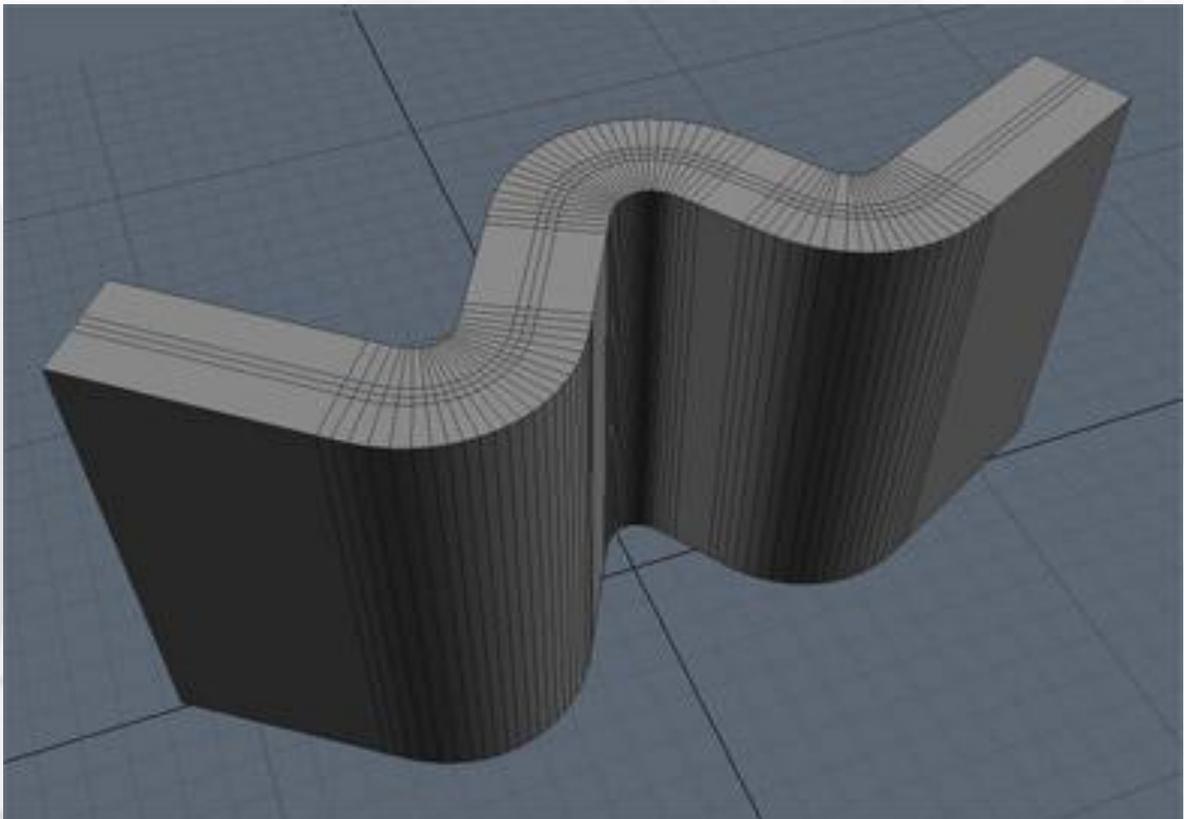


Fig. 4.23 – Plano horizontal de la Cortina superior.

Una vez concluidos con todas las etapas, llegamos a esta estructura. A esta altura es conveniente que cada uno de los segmentos transversales de la cinta superior esté en un plano **horizontal**.

Existen diferentes estrategias y herramientas para definir las coordenadas UV de un objeto. Para todas aquellas estructuras que tienen una naturaleza “tubular” (una sección que sigue un recorrido, como es nuestro caso) usamos una herramienta llamada UV Peeler.

Después de esto quedará pendiente “rectificar” este mapa de UVs para que todos los segmentos transversales pasen a ser ortogonales, pero sin destruir la proporcionalidad del reparto que existe entre ellos.

Una vez rectificado el mapa UV podremos seguir manipulando y trabajando sobre nuestra cinta, procurando no introducir operaciones que destrocen este mapeado recién creado.

Procedemos ahora a generar uno de los elementos más complicados de nuestra escena: los taludes laterales que unen la vía con el terreno.

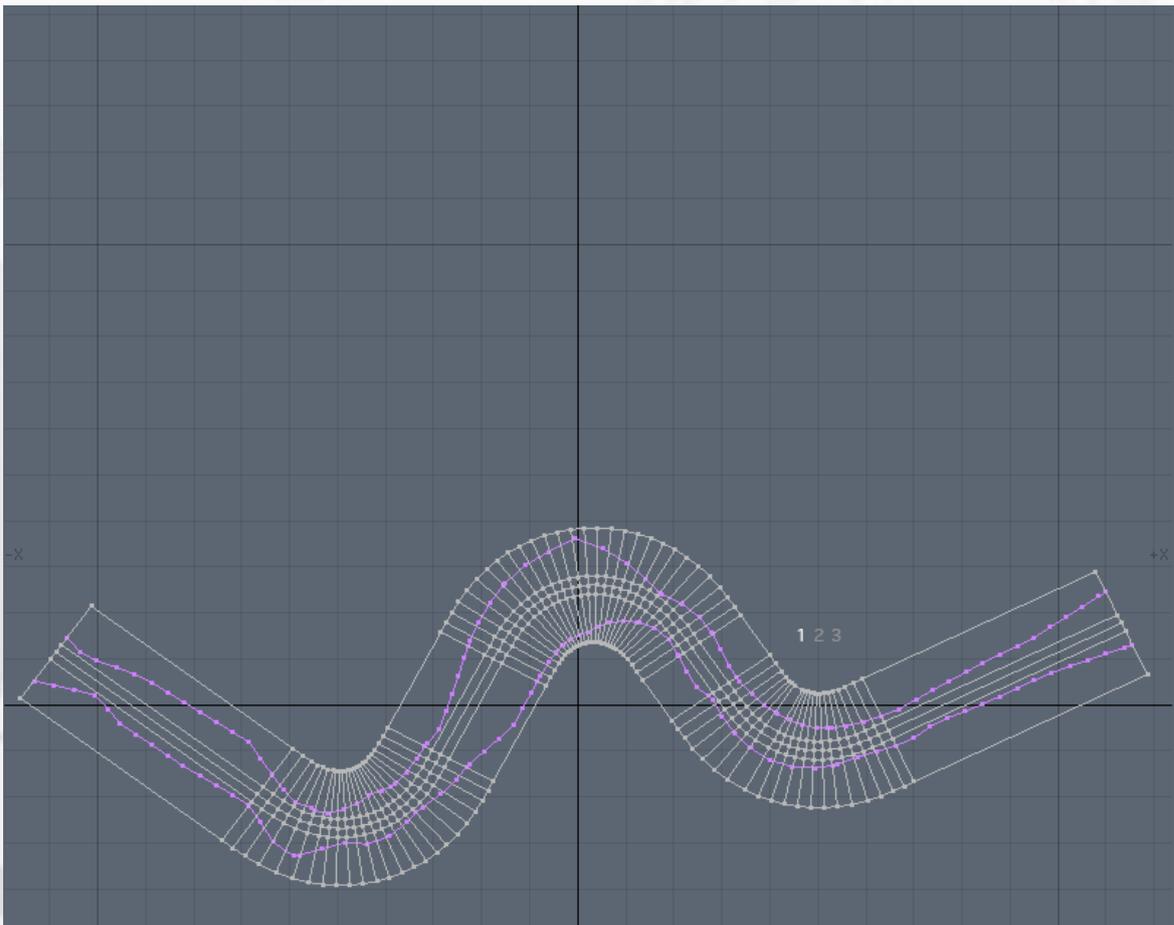


Fig. 4.24 – Mapa UV de la ruta.

Para empezar, activamos la visión de los perfiles y los vértices, en morado, y nos ponemos en la vista TOP. Como vemos en la ilustración, la cinta aparece bastante segmentada (y con una cadencia relativamente homogénea) en las zonas de curva, pero en los tramos rectos no es así. Una posibilidad sería hacer coincidir los edges que debemos añadir con los vértices que detectamos en los perfiles de los taludes, pero lo que ya que hemos implementado es crear una segmentación proporcional como la que tienen las curvas. Para conseguirlo hicimos uso del script Loop Slice de un modo paramétrico.

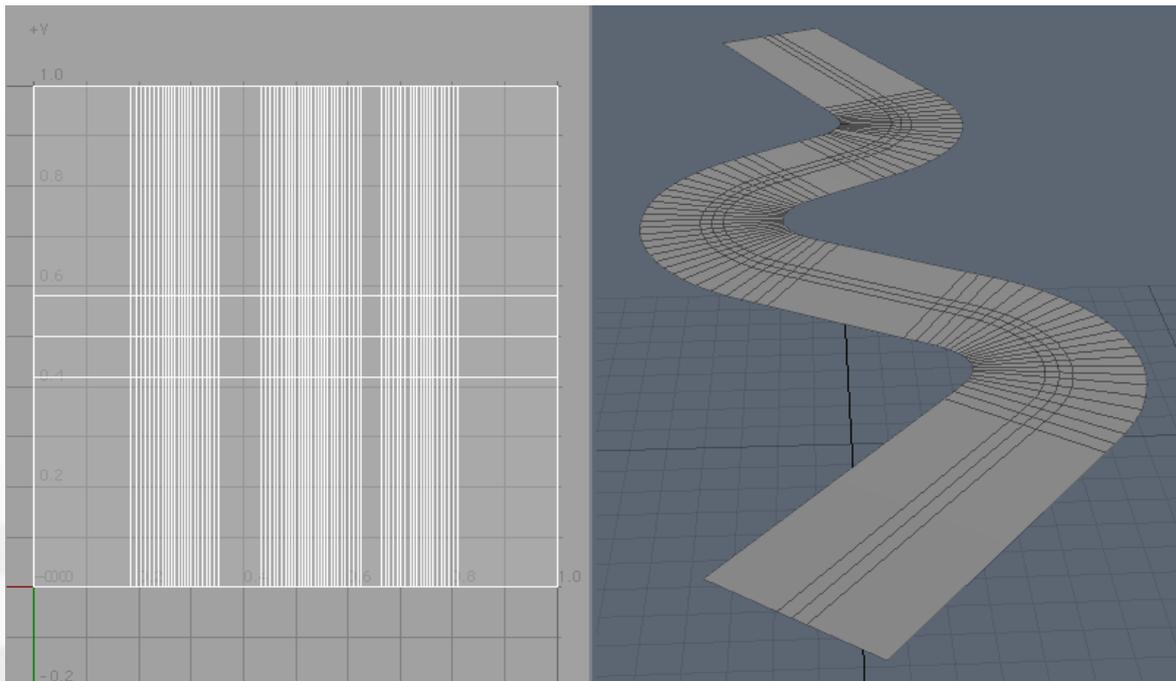


Fig. 4.25 – Mapeado UV con nuevos edges.

Tras aplicar esta segmentación a todos los tramos rectos, comprobamos que el mapeado UV luce de manera correcta, donde se han añadido nuevos edges internos en el modelo 3D y de modo coherente dentro de las UV.

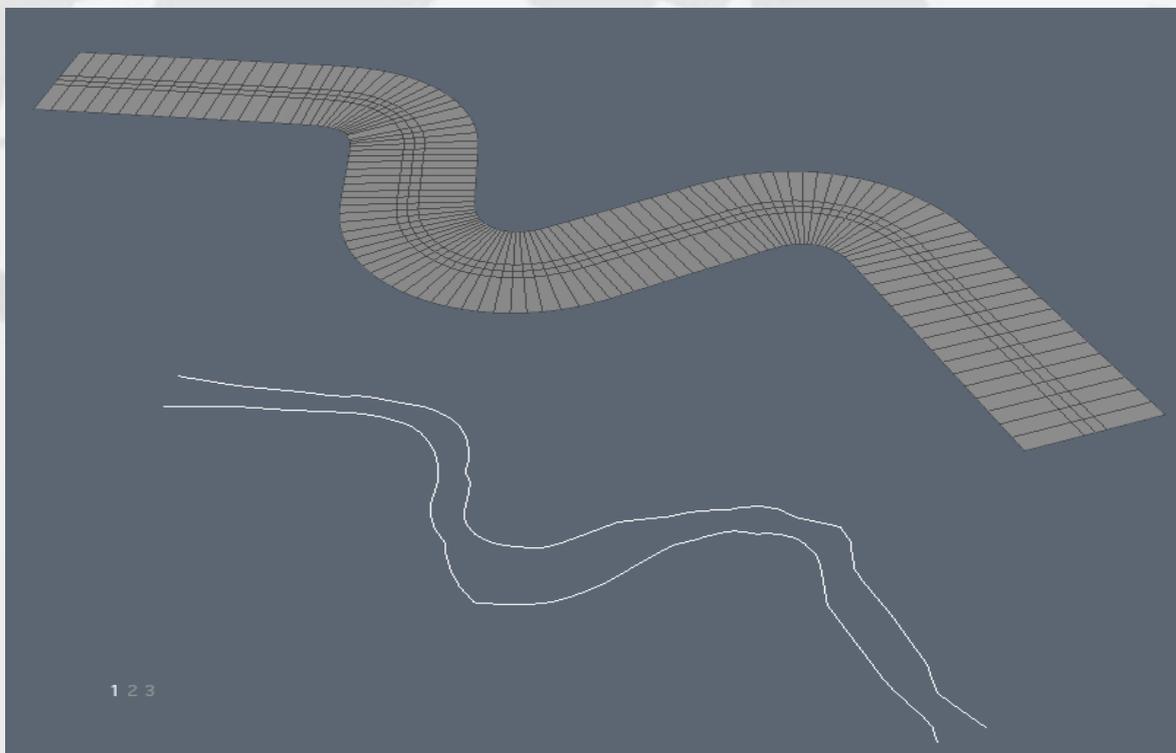


Fig. 4.26 – Perfiles de los taludes.

En el siguiente paso vamos a extraer verticalmente los perfiles de los taludes para crear dos nuevas cortinas. Hacemos que crezcan hasta una altura por encima de nuestra cinta. A continuación creamos una operación booleana, bajo el script Drill, el cual nos cortará la cinta en los puntos de intersección con la cortina azul proyectada desde los taludes.

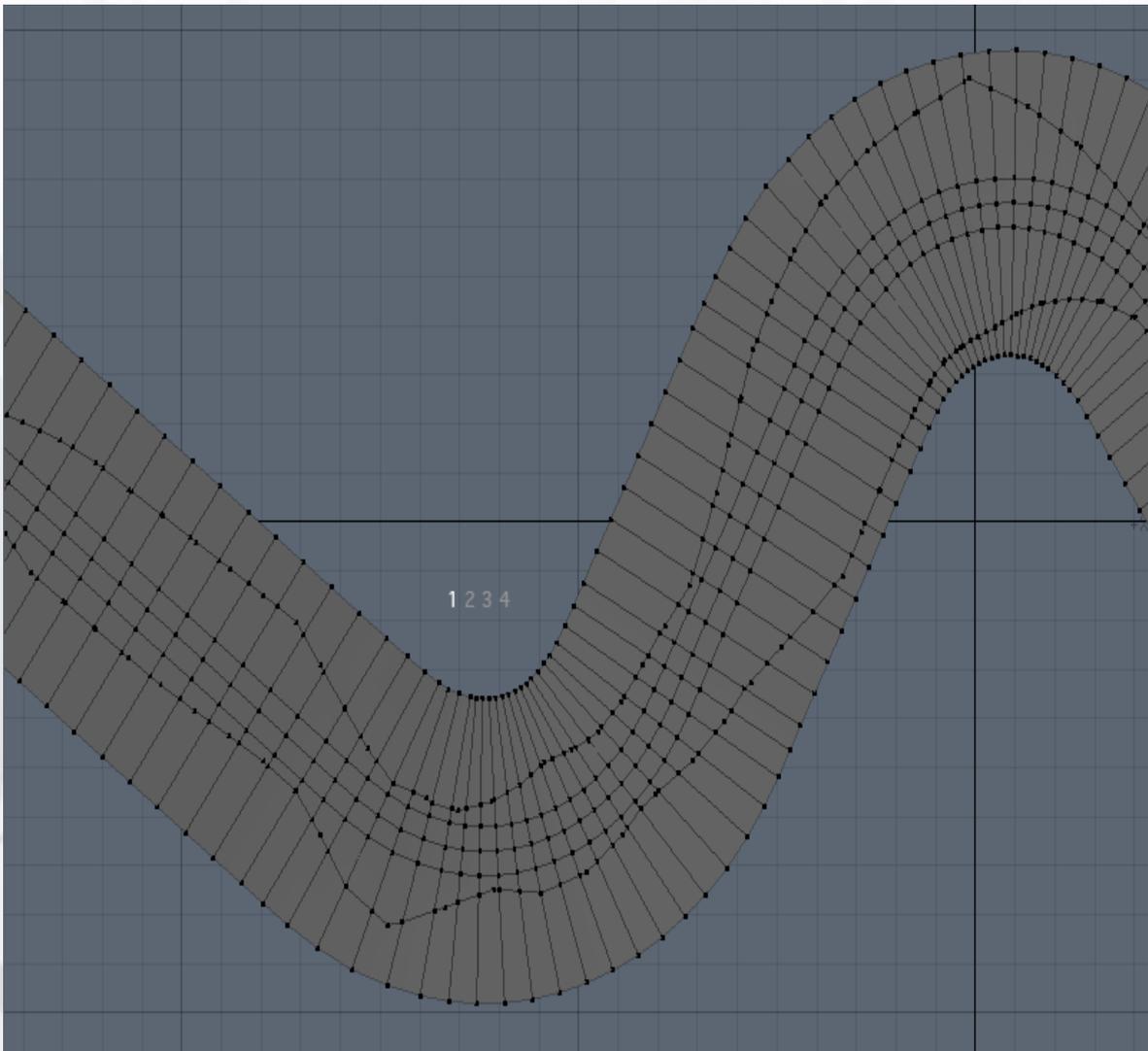


Fig. 4.27 – Vista Top de la cinta con visibilidad de los vértices .

Nos ponemos en la vista TOP, nos acercamos bastante a la cinta y activamos la visibilidad de los vértices. De este modo comprobamos que los edges que se acaban de crear no están “limpios”. Han aparecido unos puntos extra (resaltados en rojo) que debemos eliminar. Tras la operación comprobamos cómo ya sólo están los vértices necesarios para definir una estructura limpia, de cuadrángulos (resaltados en color verde)

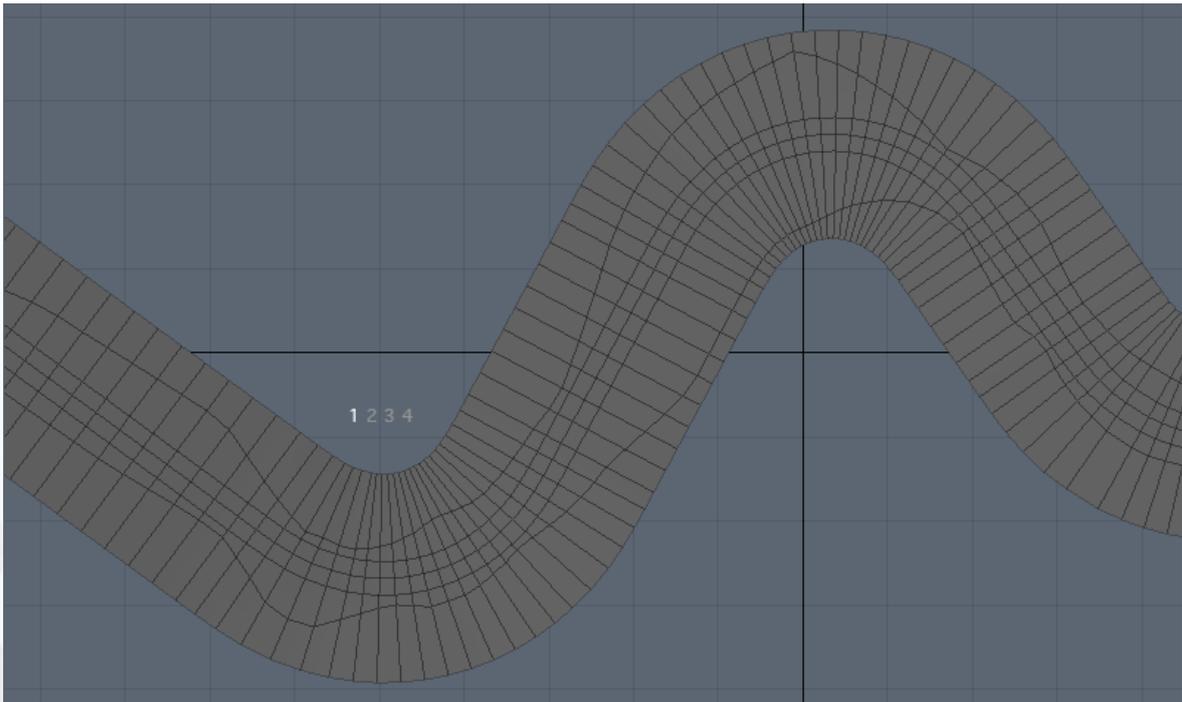


Fig. 4.28 – Vista Top de la ruta

Ahora procedemos a seleccionar esos dos nuevos edges que acabamos de crear y limpiar y realizamos una operación de Slide con copia hacia el exterior. Así obtendremos otros dos edges extra paralelos a los anteriores.

Tras esta operación podemos seleccionar los loops de polígonos intermedios y eliminarlos. Al final tenemos nuestra cinta que define la calzada de la carretera y otras dos cintas más estrechas a ambos lados que van siguiendo la forma externa de los taludes.

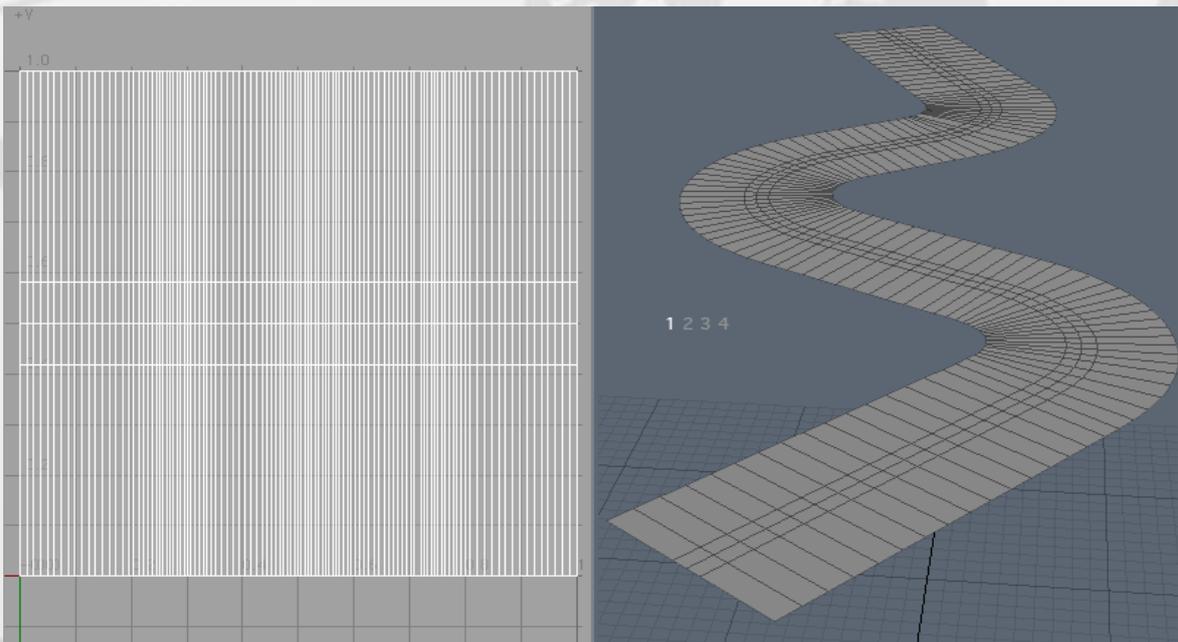


Fig. 4.29 - Vista de la calzada de la ruta y de las dos cintas que siguen externamente a los taludes.

Tras las últimas operaciones comprobamos que las coordenadas UV siguen estando en su sitio: los edges que han aparecido tras la operación booleana con la cortina procedente de los taludes; los otros dos nuevos edges extra tras la operación de slide; las dos cintas que hemos obtenido tras eliminar la geometría sobrante; todo está donde debía estar, tanto en la geometría 3D como en el viewport UV.

Y ahora es cuando creamos el terreno circundante y unirlo con nuestra cinta de la carretera.

4.4. CREACIÓN DEL TERRENO A PARTIR DE LA CINTA BASE

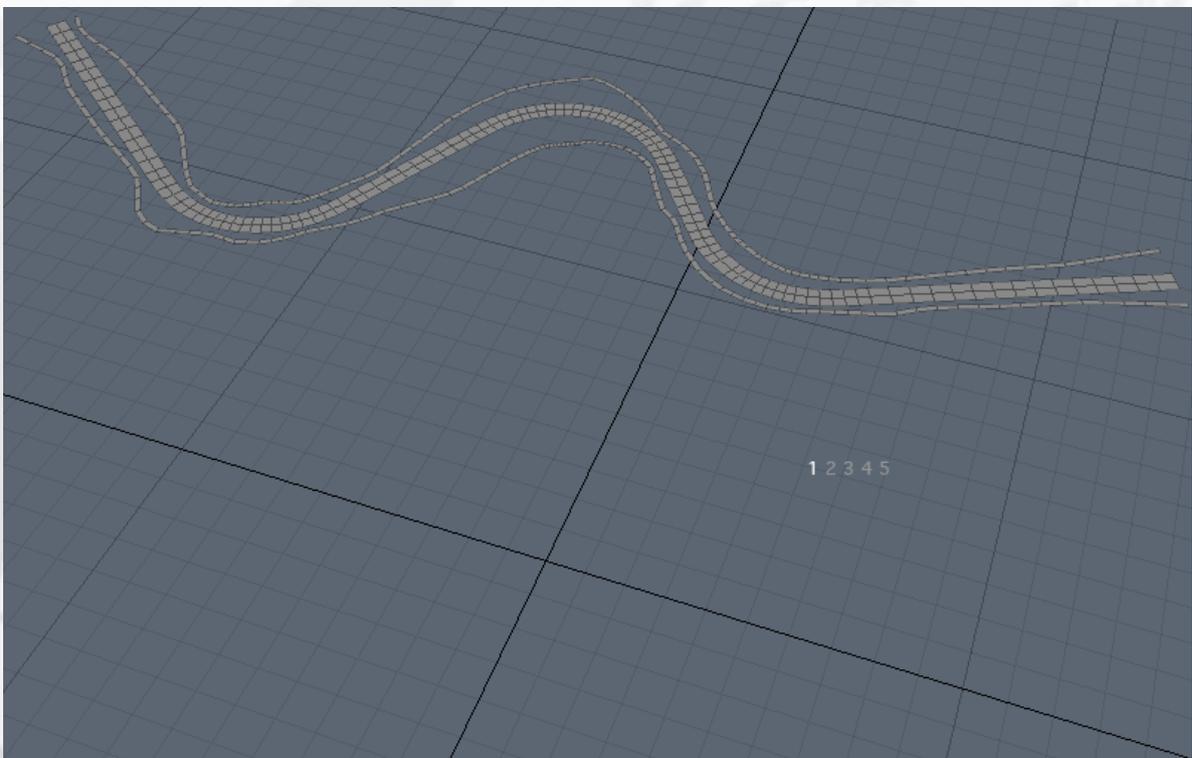


Fig. 4.30 – Vista de la ruta

Aquí comenzamos a trabajar a partir de la cota 0, para tener más comodidad y olvidarnos por un tiempo de la tercera dimensión. Para ello seleccionamos las dos cintas estrechas y las proyectamos hacia la base, para hacerlo dejamos visibles estas dos cintas proyectadas en el suelo y ocultamos la cinta de la carretera por un tiempo.

Recién ahora es cuando trabajamos en el propio terreno. Nuestra materia prima para nuestra escena, aparte de los perfiles proyectados a cota cero de la carretera y los taludes, también teníamos una malla tridimensional representando el terreno. La malla está en su sitio, cada vértice a su cota, pero nos sirve de poco tal cual la hemos importado ya que, por

su propia naturaleza triangular, es imposible subdividirla para poder añadir detalle. Por ello creamos las bases para obtener una malla cuadrangular homogénea que represente al terreno, además vamos a hacer que tenga incorporado el hueco necesario para alojar a la carretera. Con el siguiente procedimiento los taludes que unen la carretera con esta nueva malla se modelarán con facilidad. El procedimiento es el siguiente:

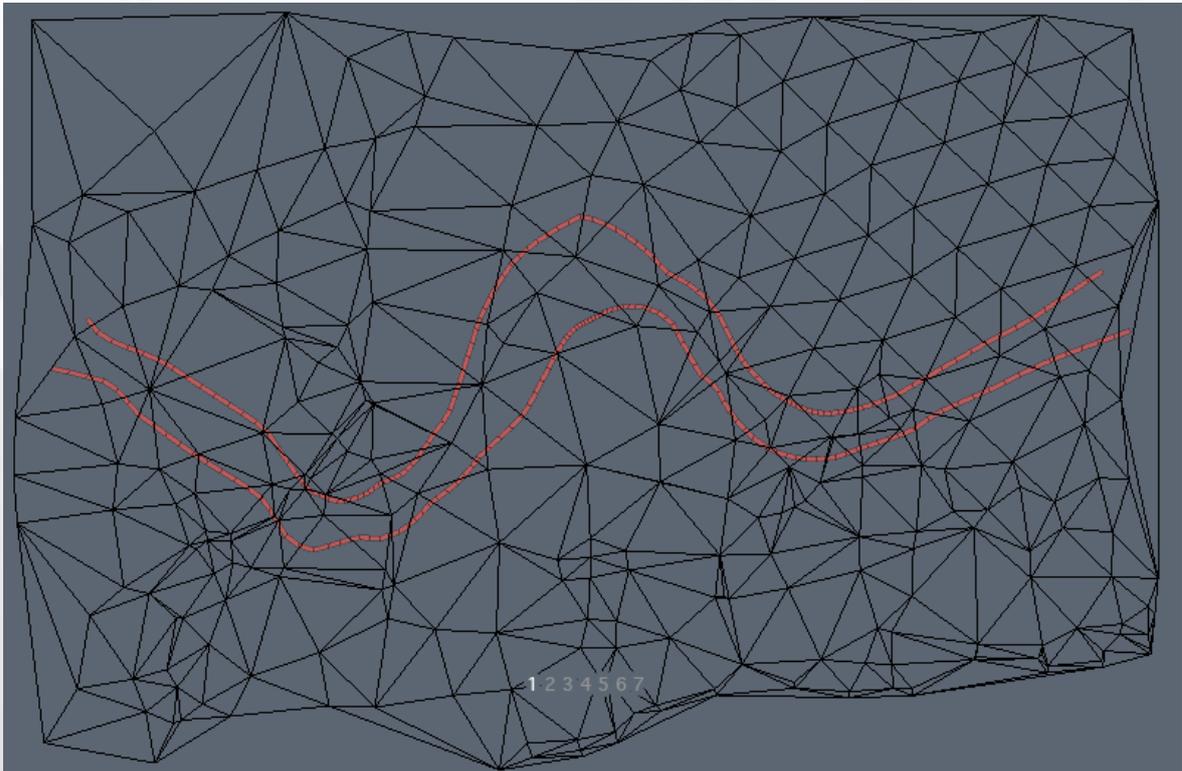


Fig. 4.31 – Malla cuadrangular que representa el terreno.

- Nos situamos en la vista TOP y hacemos que esté visible la malla triangular original.
- Creamos un rectángulo que cubra la mayor parte del terreno y lo segmentamos en un número de facetas razonable en los dos ejes coordenados. Esta malla, que ahora es completamente plana, posteriormente se deformará para conformar nuestro nuevo terreno.
- A continuación abrimos hueco en la malla verde, eliminando tantos polígonos como sea necesario para que no invadan el interior del pasillo conformado por las dos cintas rojas.
- Ahora unimos la malla verde con las cintas rojas usando herramientas de bridge y de creación directa de polígonos a partir de unos cuantos edges perimetrales.

— En el siguiente paso tratamos de arreglar los “n-side polygons” convirtiéndolos en triángulos.

— Y finalmente procuramos que la mayoría de los polígonos pasen a ser cuadrángulos.

— A lo largo de todo el proceso anterior activamos y desactivamos la subdivisión para comprobar el aspecto que tiene la malla. Es una buena forma de comprobar la coherencia en el flujo de líneas.

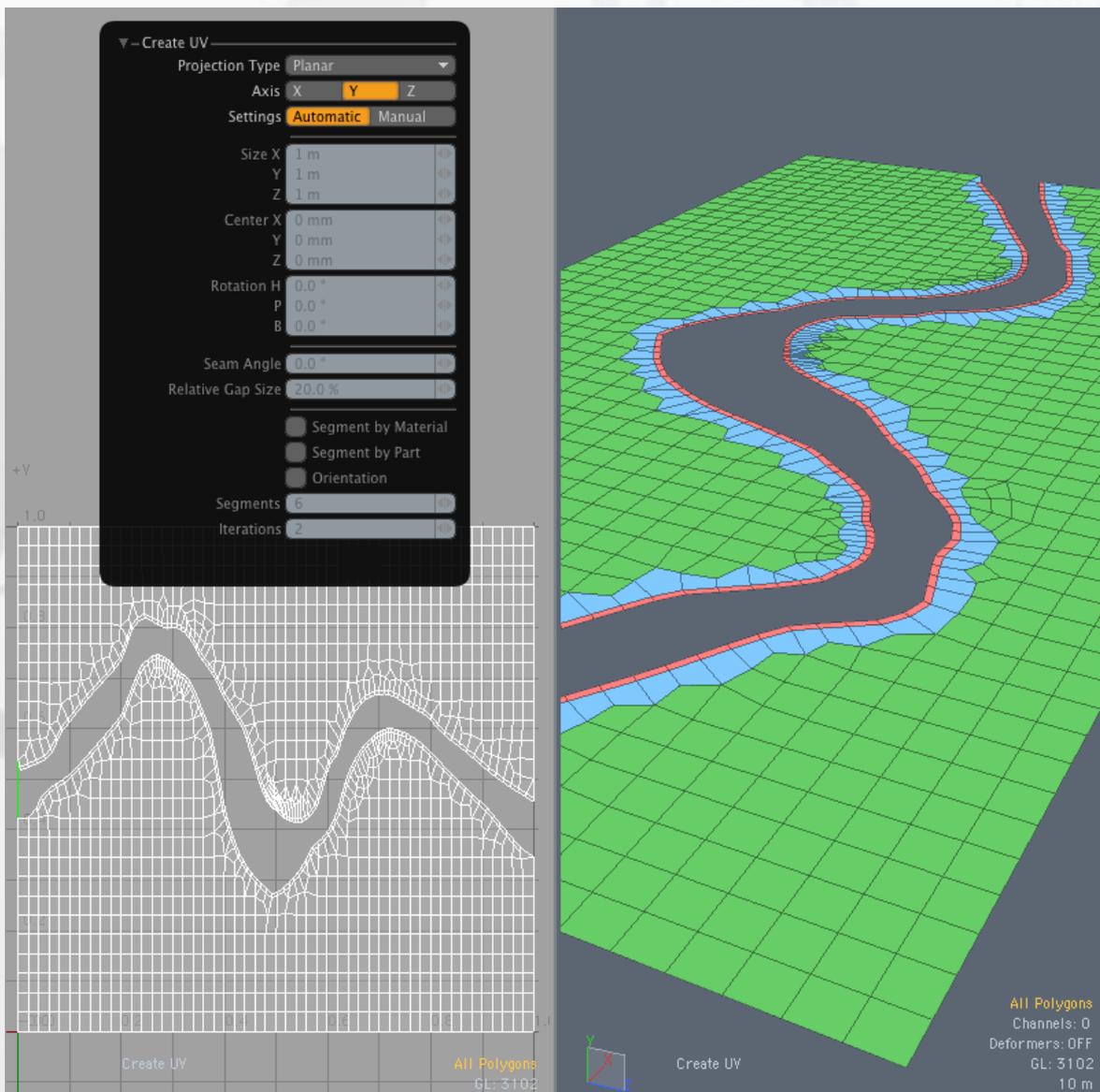


Fig. 4.32 – Malla plana del terreno.

Con la malla todavía plana generamos un mapeado UV. En este caso ya no utilizaremos la herramienta UV Peeler, sino que haremos una simple proyección en el eje vertical. Y ahora ha llegado el momento de hacer que esta malla plana se adapte realmente a la forma del terreno. Se trata de conseguir que todos los vértices se desplacen en la vertical hasta toparse con la malla triangular.

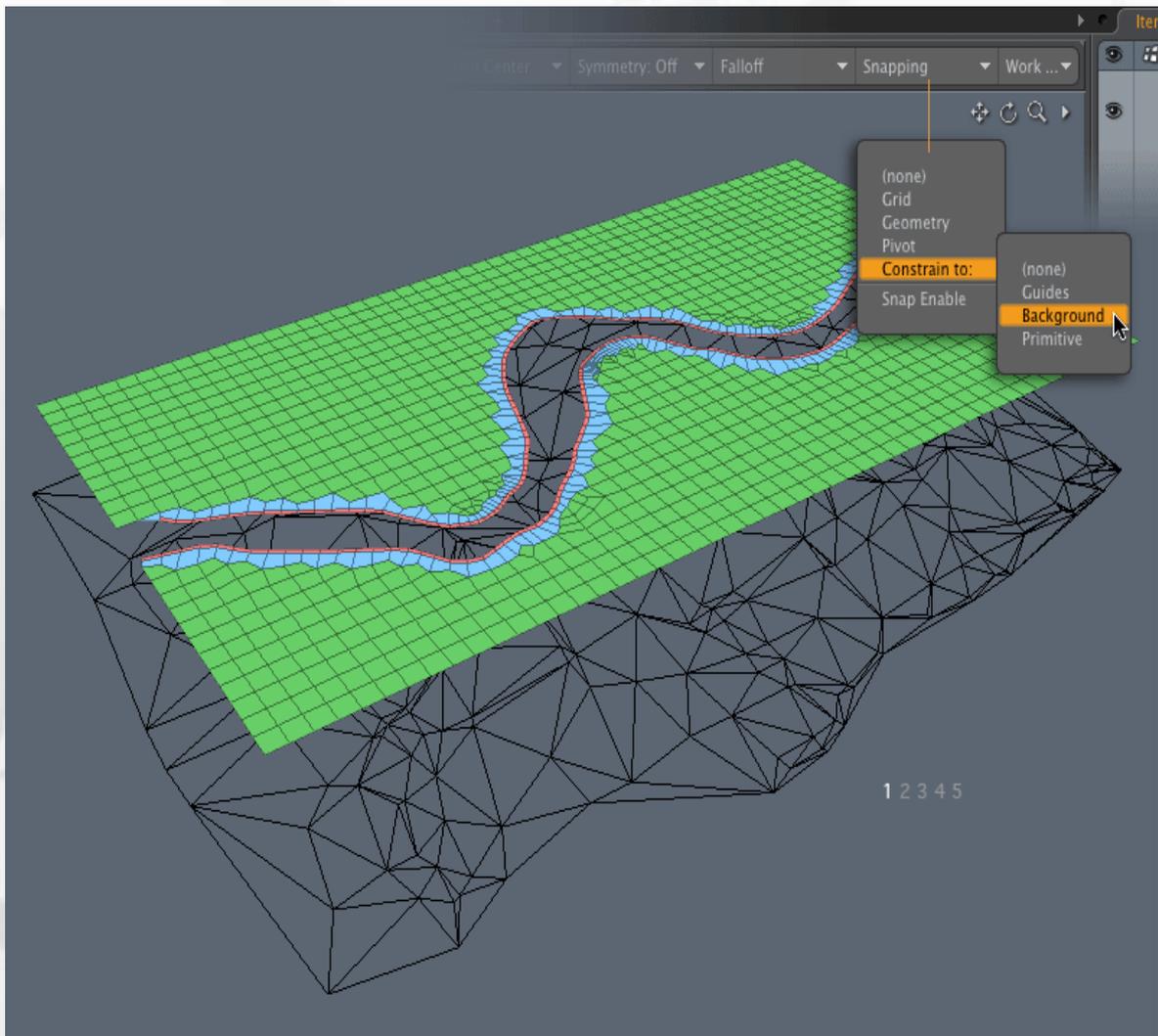


Fig. 4.33 – Unión de la malla plana con la malla triangular del terreno.

En este momento podemos volver a activar la visibilidad de la cinta-carretera y disponernos a unir ambas estructuras:

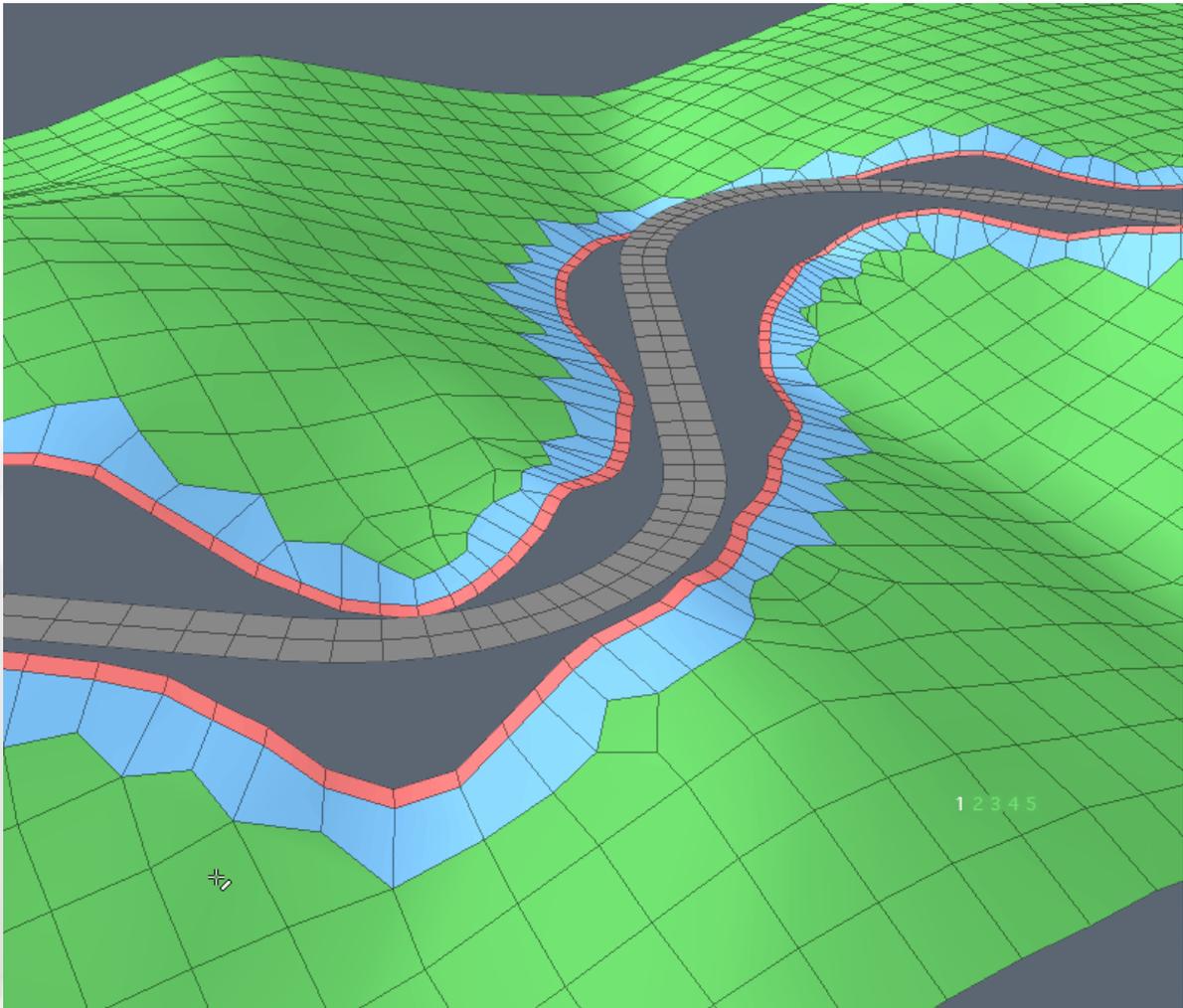


Fig. 4.34 – Malla triangular del terreno

El perímetro externo de la cinta de la carretera y el perímetro interno de la malla del terreno tienen el mismo número de edges, además de que están perfectamente alineados. Sólo nos queda conseguir que la estructura funcione cuando activamos la subdivisión.

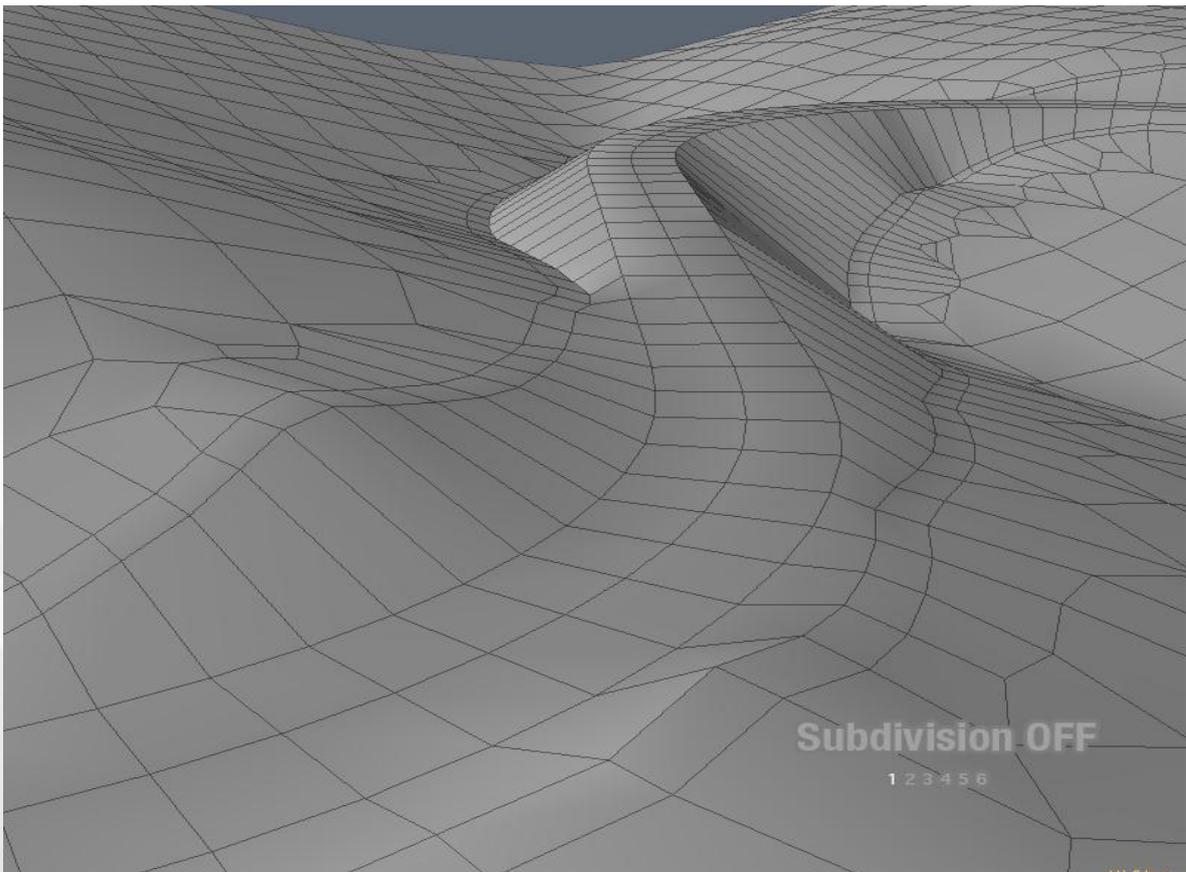


Fig. 4.35 – Malla triangular del terreno con subdivisión.

Al final podemos comprobar que las texturas fluyen de un modo conveniente a lo largo de nuestra carretera, sus cunetas y el terreno circundante. Para ello hacemos uso del script checkgrids.

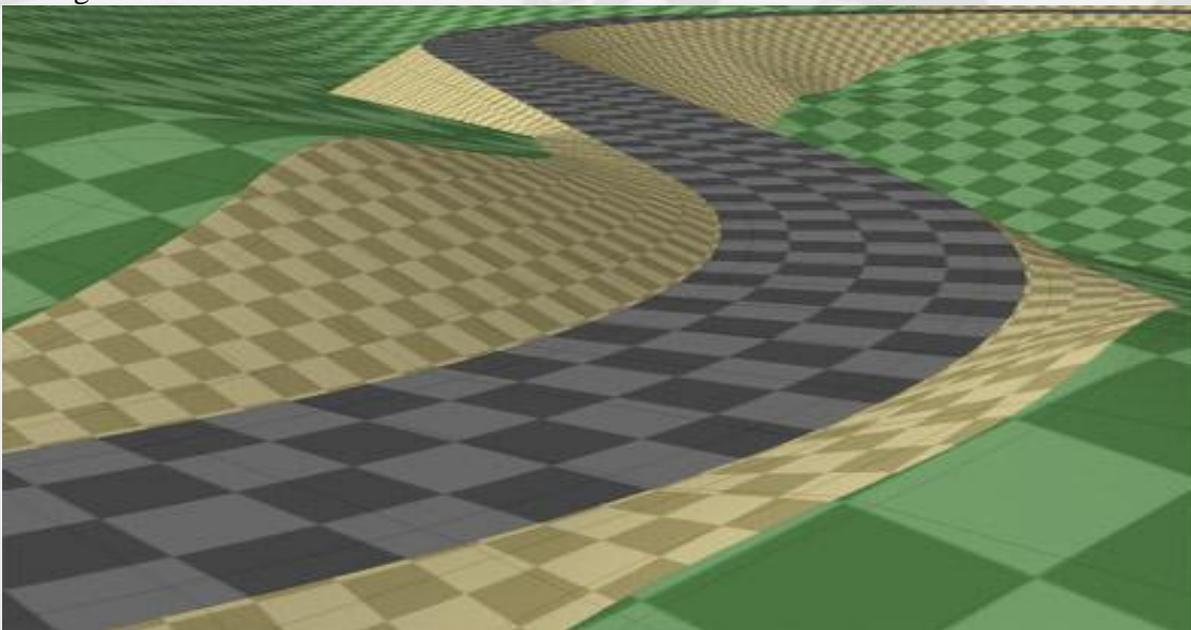


Fig. 4.36 – Vista del terreno con la ruta.



Fig. 4.37 – Camino terminado con texturas.

Además de la posibilidad de poder texturizar con gran comodidad la carretera, las cunetas y el terreno obtenemos otras ventajas:

— Al ser una superficie de subdivisión nos podremos acercar cuanto queramos sin que

aparezcan los problemas de una baja poligonización, especialmente si activamos la Adaptive Subdivision en el momento del render.

— Por su naturaleza cuadrangular todo el terreno circundante está preparado para introducir más detalle superficial mediante los scripts de sculpting, incrementando si lo necesitamos el nivel de subdivisión.

Por último solo quedaría exportar al formato correcto de manera de poder trabajar con los tramos ingame:

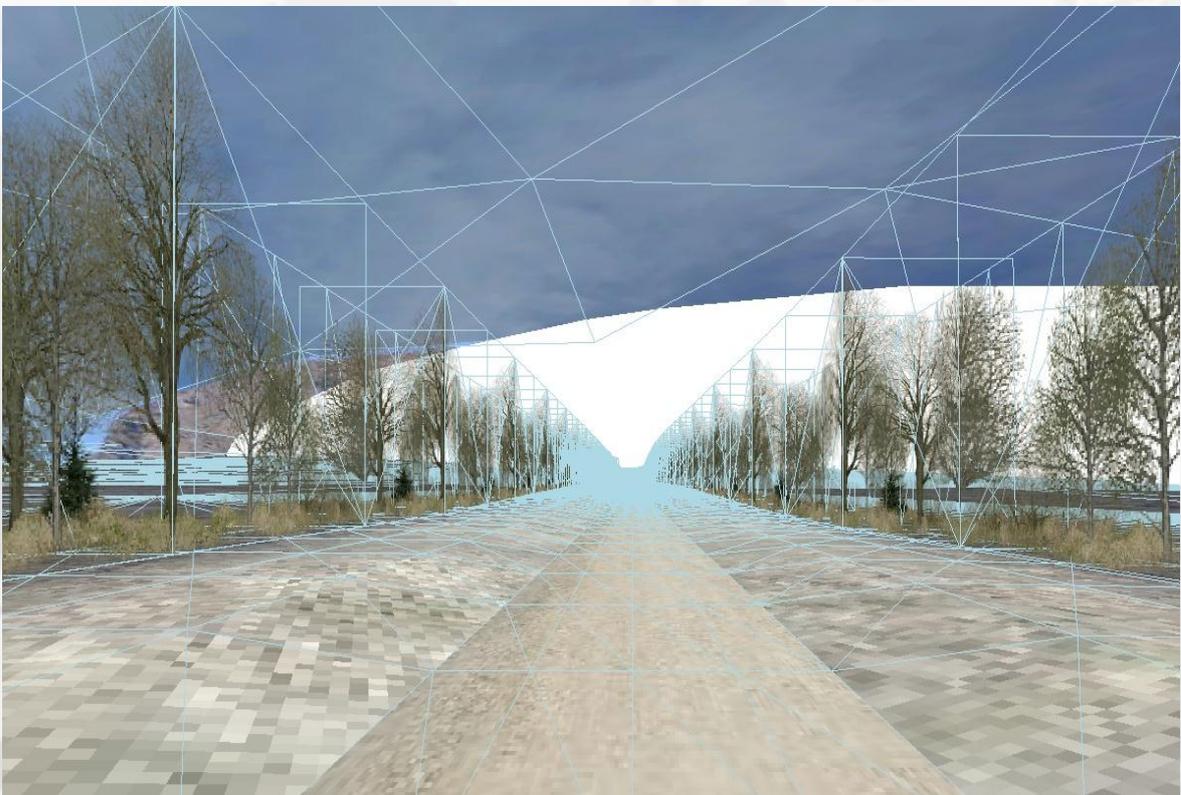


Fig. 4.38 – Vista del camino en el formato para comenzar la ambientación.

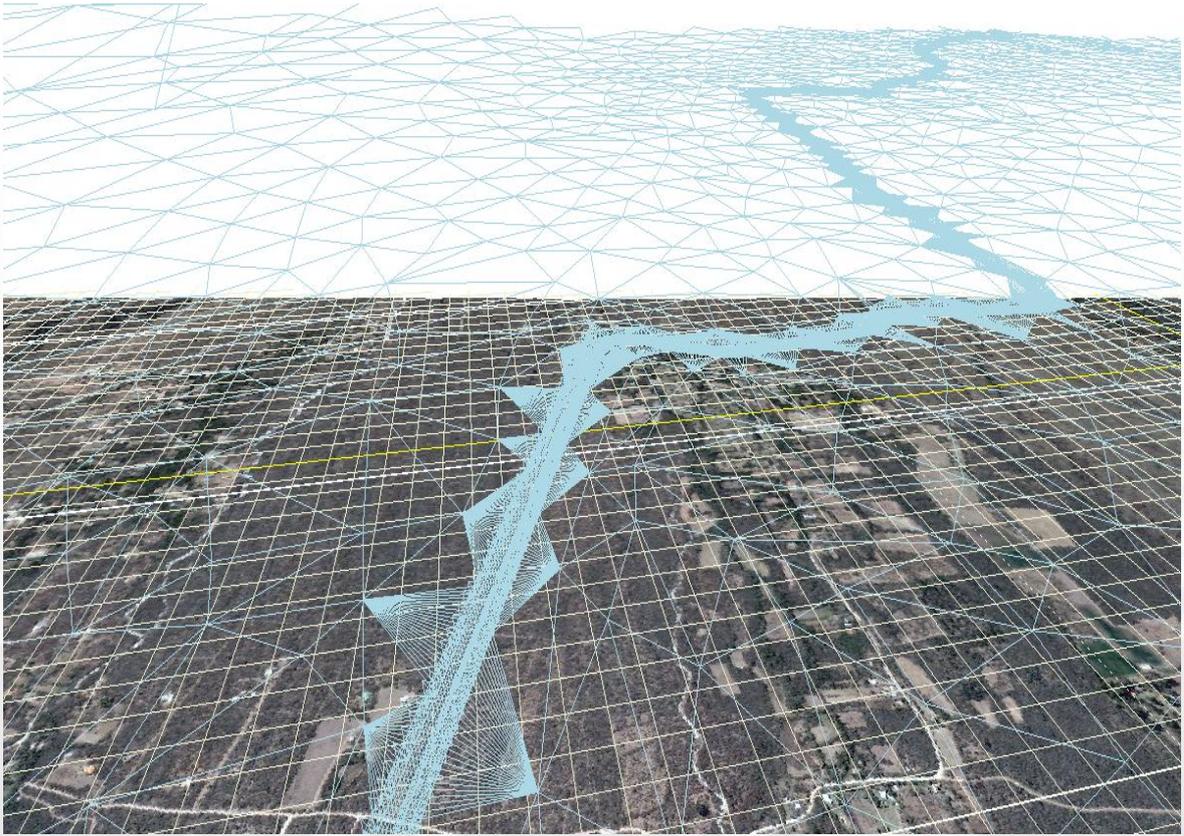


Fig. 4.39 – Vista del camino en el formato para comenzar la ambientación.



Fig. 4.40 – Vista del camino en el formato para comenzar la ambientación.

CUARTA PARTE: CONCRECION DEL MODELO

CAPITULO 5 – Implementación, Prueba y Puesta en Marcha

5.1. IMPLEMENTACIÓN

Una vez obtenidos los modelos de elevación digital de todos los caminos por los cuales transita el Rally en nuestro país se lo traslada al software BTB en donde se procede a la ambientación de los modelos, agregando los diferentes elementos (árboles, piedras, casas, puentes, carteles, etc) para hacerlos lo más parecidos posibles con la realidad; una vez concluida esta tarea se los exporta desde la aplicación al formato adecuado para que sea compatible con el motor gráfico y así este pueda utilizarlo y reproducirlo para algún juego determinado.



Fig. 5.1 - Ambientación del Tramo Las Rosas el Pueblito

Un motor gráfico es un término que hace referencia a una serie de rutinas de programación que permiten el diseño, la creación y la representación de un videojuego. Del mismo modo existen motores de juegos que operan tanto en consolas de videojuegos y sistemas operativos. La funcionalidad básica de un motor es proveer al videojuego de un motor de renderizado para los gráficos 2D y 3D, motor físico o detector de colisiones,

sonidos, scripting, animación, inteligencia artificial, redes, streaming, administración de memoria y un escenario gráfico.

El proceso de desarrollo de un videojuego puede variar notablemente por reusar o adaptar un mismo motor gráfico para crear diferentes juegos.

Para el presente caso se utilizó el motor gráfico gMotor2 utilizado por el simulador de carreras rFactor, el simulador al carecer de licencias oficiales trae una serie de circuitos y vehículos ficticios con la finalidad de poder ser modificable por parte de comunidades independientes.

En cuanto a la física hace uso de un modelo avanzado de modelo de físicas de ruedas: **Pacejka**, un modelo de simulación de ruedas basado en la temperatura y composición de ésta.

Este motor además se caracteriza por su gran realismo al conducir, aunque no tiene gráficos tan realistas como otros juegos es muy cierto al manejar ya que no es arcade o sea es lo más inmediato a manejar un auto, hacer trompos, cometer errores, patinar, etc.



Fig. 5.2 - Tramo Las Rosas - El Pueblito corriendo sobre el motor gráfico

5.2. PRUEBAS

Con el propósito de llevar a cabo las pruebas, en virtud de contar con hojas de ruta reales de tramos por los que habitualmente corre el Rally Argentino y Mundial, optamos por cotejar estas hojas con las notas creadas en el proyecto de los tramos virtuales. Los resultados fueron altamente positivos, inclusive las notas reales fueron dictadas por un navegante profesional y su lectura se veía reflejada perfectamente en lo que hacía el MDE implementado en el Motor Gráfico.

Además, una vez cotejados los resultados en cuanto a la comparación antes comentada, procedimos a comparar el tiempo que tardó el piloto Gabriel Pozzo (Campeón Mundial en 2001 del Grupo de Producción) en su Subaru Impreza Grupo N desde la largada en Mina Clavero hasta la llegada a Giulio Cesare, con el tiempo empleado por él mismo (con el mismo auto) en el Cockpit con los Modelos Digitales de Elevación Implementados. Los resultados también fueron muy buenos, 19:43.07 en el tramo real contra 19:27.06 en el Cockpit.

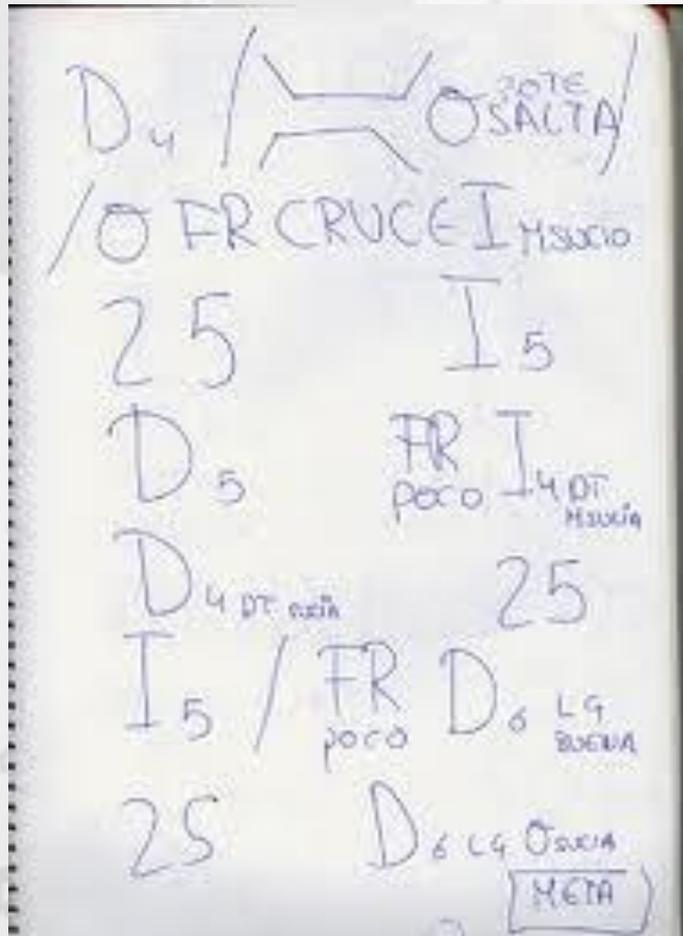


Fig. 5.3 – Hoja de ruta real

5.3. PRUEBAS BETA

Se hizo una presentación del Simulador durante la disputa del Gran Premio Coronación del Rally Argentino 2011 en la ciudad de Mina Clavero. Con la presencia de numerosos pilotos y navegantes, se aprovechó la oportunidad para que ellos mismos actúen como Beta Testers de los MDE implementados en el Motor Gráfico en el especial que une Mina Clavero con Giulio Cesare. Para tal ocasión, se contó con un Cockpit especialmente desarrollado para Rally inclusive con movimientos de Fuerza Lateral y Longitudinal en la Butaca.

Además de haber sido testeado por pilotos profesionales, también fue probado por la gente que había asistido a dicho evento como espectadores, quedando muy conformes con el funcionamiento del simulador y sorprendidos por lo realista de su comportamiento.



Fig. 5.4 - Pruebas del Simulador durante la disputa del Gran Premio Coronación del Rally Argentino 2011 en la ciudad de Mina Clavero



Fig. 5.5 - Pruebas del Simulador Simulador durante la disputa del Gran Premio Coronación del Rally Argentino 2011 en la ciudad de Mina Clavero

5.4. PUESTA EN MARCHA

Para obtener un máximo rendimiento de la aplicación se recomienda contar con un dispositivo Logitech G27 Driver Wheel, en cuanto al Hardware computacional se sugiere contar con un procesador Dual Core, 2 GB de Memoria RAM, una Aceleradora Gráfica de Video de 1GB, 8 GB de espacio libre en Disco y un Monitor LCD Widescreen.

Para la puesta en marcha del proyecto se utilizó un Cockpit de la empresa Sim Rally Team el cual está compuesto por:

- Volante Forrado en Cuero con Feedback
- Pedalera de Aluminio con Embrague

- Caja de Velocidades en formato H o Secuencial
- Pantalla LCD de 32
- Sistema de Movimiento Electrónico de Butaca.
- Sistema de Sonido 5.1
- Freno de Mano progresivo.
- Butaca Homologada de Rally.



Fig. 5.6 - Cockpit de la empresa Sim Rally Team

5.5. PRE FACTIBILIDAD

5.5.1. Factibilidad Técnica:

En cuanto a los aspectos técnicos se puede decir que no son un impedimento para la realización del proyecto, dado que para la obtención de los datos necesarios para desarrollar los caminos virtuales por los que transita el rally por nuestro país, existen herramientas informáticas al alcance de los desarrolladores, las cuales son de licencias libres y algunos con licencias de muy bajo costo comparado con la magnitud de los proyectos que pueden desarrollarse, que facilitan la captura y recolección de datos necesarios para la obtención de los MDE (Modelos de elevación digital). Estos modelos obtenidos pueden ser implementados en varios motores gráficos 3d, los mismos pueden ser de licencia libre en caso de no necesitar demasiado detalle en el producto final, como así también en motores gráficos más poderosos o de mayor rendimiento para proyectos de mayor envergadura que en este caso si habría que adquirir las licencias comerciales de dichos productos.

Por estos motivos mencionados se puede decir que se cuenta con los medios tecnológicos y lo que es más importante aún con los conocimientos necesarios para desarrollar y concretar el proyecto.

5.5.2. Factibilidad Operativa:

En este punto se puede decir que al ser un proyecto que está basado en una situación real del mundo, como lo son las carreras de Rally, no existen mayores dificultades a la hora de la puesta en marcha, ya que el mismo está dirigido a pilotos profesionales los cuales están muy familiarizados con la conducción de automóviles de carreras, por supuesto que esto como toda nueva herramienta necesitará tiempo de práctica y entrenamiento, para su mejor utilización y para cumplir con el objetivo principal, que es la de proveer a los equipos de rally la posibilidad de conocer los tramos por donde se desarrolla la carrera sin tener que trasladarse al lugar físico con todo los costos de movilización que esto implica.

Para corroborar si el proyecto cumple con los requerimientos necesarios, existe la posibilidad concreta de que un piloto profesional pruebe y compruebe el proyecto para de esta manera cotejar el escenario virtual con el real. Vale recalcar que, como instrumento de evaluación, se puede utilizar la hoja de ruta real del copiloto y que este mismo le puede dictar la misma al piloto mientras el conduce en el simulador.

5.5.3. Factibilidad Económica:

En cuanto a la factibilidad económica del proyecto es de cierta forma viable, ya que los costos son mucho menores a los que necesitarían los equipos de rally para trasladarse al lugar en donde se desarrolla la carrera para el entrenamiento de los pilotos, lo que implicaría costos de traslado, de vehículos, mantenimiento de los mismos, hospedajes de todo el equipo de trabajo, etc.

En el siguiente punto se detallan los costos necesarios para el desarrollo:

5.5.4. Presupuesto de Inversión para Desarrollo:

Se estima un tiempo de 16 hrs. por kilómetro de desarrollo, considerando todas las etapas por la cuales transita el Rally Mundial en Traslasierra (cinco) se llega a la siguiente tabla de costos:

Etapas	Costo en \$
Relevamiento	\$ 4800
Análisis	\$ 9900
Modelado	\$ 15200
Exportación	\$ 4500
Prueba	\$ 7800
TOTAL COSTO DEL PROYECTO	\$ 42200

El proyecto es realizable tomando en cuenta los recursos económicos, aunque vale recalcar que, en el caso de que se tengan que diseñar más tramos de los propuestos, se debe apelar a conseguir cierto apoyo financiero, los cuales podrían ser reintegrados mediante publicidad estática dentro de los tramos a través de carteles de publicidad estratégicamente incorporados en las etapas.

5.6. CONCLUSIONES

Como ya se menciona con anterioridad un modelo es un objeto, concepto o conjunto de relaciones que se utiliza para representar y estudiar de forma simple y comprensible una porción de la realidad empírica.

Para que los modelos puedan decirnos algo sobre el objeto que representan, es necesario que se construyan estableciendo una relación con la realidad que debe ser simétrica, es decir, la relación de correspondencia entre el objeto real y el modelo debe ser al menos parcialmente reversible y debe permitir la traducción de algunas propiedades del modelo a la realidad.

Así, cuando se construye un modelo, estamos construyendo un sistema cuyos componentes (partes e interrelaciones) se han reducido a una cantidad manejable para simplificar el sistema real. Para que los resultados sean aceptables es necesaria una precisa selección de los componentes importantes, cada uno de los cuales debe ser un modelo adecuado del componente real.

Para el desarrollo de los modelos de los caminos virtuales por donde se corre el Rally Mundial se han tenido en cuenta los componentes más importantes y se han dejado de lado otros, que a nuestro entender, no son tan relevantes para la funcionalidad que tendrá el simulador, que en este caso sería la de permitirle conocer, a los pilotos de rally, el trazado de los tramos lo más exacto posible.

Teniendo en cuenta las exigencias necesarias para cumplir con los requerimientos de los equipos de rally se ha llegado a la conclusión de que mediante los Modelos de Elevación Digital y con la debida ambientación mediante herramientas de diseño 3D se pueden conseguir escenarios de gran calidad, con una gran concordancia con la realidad, hecho que se pudo comprobar con la prueba realizada en el simulador por un piloto profesional y su acompañante quien dictaba la hoja de ruta real que se utiliza para la competencia.

El contraste experimental nos sirvió no solo como método de control de calidad sino también como mecanismo de realimentación para realizar ajustes, tanto en los elementos que componen el modelo como en las relaciones que se establecen entre ellos.

Además para la obtención de los modelos digitales mediante los MDE se puede decir que el margen de error con el que se obtienen no supera al 0.05% ya que la diferencia máxima con la realidad es de unos pocos centímetros.

Los modelos digitales de terrenos son una herramienta que tienen una gran cantidad de aplicaciones en el mundo real. Nos permiten realizar procesos de simulación del funcionamiento de un sistema dinámico real. Manipulando los datos de MDT o complementándolos con otras descripciones de fenómenos físicos se accede a un medio de investigación de gran potencialidad.

Estos modelos aplicados sobre el motor gráfico y físico adecuado nos permiten obtener una gran herramienta de calidad para el entrenamiento de los pilotos de rally, minimizando costos, reduciendo tiempos, evitando traslados y mantenimiento de los vehículos, etc.

Al final se habrá mostrado que el manejo de los MDT en los sistemas de información geográfica abre las puertas a un conjunto de métodos de representación de la realidad y de simulación de procesos que complementan de forma importante la capacidad clásica de los SIG para el manejo de la información temática.

REFERENCIAS

- 1 - Nota Publicada el 29 de Noviembre de 2010 en el blog de la empresa 2Pez encargada del desarrollo del Simulador de Turismo Carretera (Anexo 4).
- 2 – **Libro:** DirectX Programación de Gráficos 3D. CAP. 3 PROGRAMACIÓN DE GRAFICOS 3D.
- 3- **Tutorial:** “About Track Design with GPS Devices” Link:
rallysim.gamenavigator.ru/forum/attachment.php?attachmentid=
- 4-<http://www.lavoz.com.ar/cordoba/reclaman-preservar-viejo-camino-altas-cumbres>–
Nota Reclaman preservar el viejo camino de las Altas Cumbres (Anexo 3)
- 5 – **Libro:** DirectX Programación de Gráficos 3D. CAP. 12 MESHES. RELACIÓN DIRECTA ENTRE CANTIDAD DE POLIGONOS Y VELOCIDAD DE PROCESAMIENTO.
- 6- **Libro:** Caminos del Rally- Cap. Historia Rally Argentino
- 7- **Libro:** Pa´ Recalde
- 8- **Libro:** Caminos del Rally
- 9- **Wikipedia** – Historia del rally
- 10- **Nota** Blog empresa 2Pez a Agustín Canapino
- 11-<http://www.lavoz.com.ar/cordoba/reclaman-preservar-viejo-camino-altas-cumbres>
- 12- **Revista** Red Users Power- Nota Desarrolladores tuercas.
- 13 – **Libro:** DirectX Programación de gráficos 3D. CAP. 2 LOS MOTORES GRAFICOS BAJO DIRECTX 9.
- 14- **Libro:** DirectX Programación de gráficos 3D. CAP. 2 LOS MOTORES GRAFICOS BAJO DIRECTX 9.
- 15- **Wikipedia:** Silicon Graphics
- 16- **Libro:** DirectX Programación de gráficos 3D. CAP. 4
- 17- **Libro:** DirectX Programación de gráficos 3D. CAP. 6
- 18- **Libro:** DirectX Programación de gráficos 3D. CAP. 6
- 19- **Libro:** DirectX Programación de gráficos 3D. CAP. 8
- 20- **Wikipedia:** Autodesk Maya
- 21- **Rhinoceros** – Nurbs modeling for windows.
- 22- **Etérea** – Introducción al modelado por subdivisión.
- 23- **Wikipedia** – Sistemas de información geográfica.

- 24- Ángel Felícimo** – Modelos digitales del terreno. Cap 1 Conceptos básicos, modelos y simulación.
- 25- J.K Berry** – Computer assisted map analysis.
- 25- F. Joly** – La Cartografía.
- 26- Karl R. Popper** – La lógica de la investigación científica.
- 27- <http://www.thedigitalmap.com/EasyDEM>** -¿Qué es un modelo digital de elevación (MDE)?
- 28- <http://mapserver.inegi.org.mx>** Introducción a los modelos de elevación digital.
- 29- Ángel Felícimo** – Modelos digitales del terreno. Cap 2 Definición y estructura del Modelo digital de elevaciones.
- 30- Ángel Felícimo** – Modelos digitales del terreno. Cap 2 Definición y estructura del Modelo digital de elevaciones.
- 31- <http://mapserver.inegi.org.mx>** Descripción de los MDE.
- 32- Ángel Felícimo** – Modelos digitales del terreno. Cap. 3 La construcción de del MDE: Captura de datos.
- 33- M. Claus** - Digital terrain models through digital stereo correlation. *Photogrammetria*,
- 34- Manuel de Usuario EasyDem** - The Digital Map Ltda. Cap. Entendiendo modelos de elevación digital.
- 35- Ángel Felícimo** – Modelos digitales del terreno. Cap. 3 La construcción de del MDE: Captura de datos.
- 36- Ángel Felícimo** – Modelos digitales del terreno. Cap. 3 La construcción de del MDE: Captura de datos.

BIBLIOGRAFIA

- 1- MODELOS DIGITALES DEL TERRENO. Ángel M. Felícimo
- 2- MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN PARA TODOS LOS PUBLICOS.
Miguel Ángel Sanz Santos
- 3- PA' RECALDE. Miguel Ángel Motta
- 4- LA PASION DEL RALLY. Misión Córdoba.
- 5- DIRECTX PROGRAMACIÓN DE GRÁFICOS 3D. Red Users.
- 6- APRENDE 3D STUDIO MAX V9. Tecnobook.
- 7- MANUAL PDF OFICIAL GOOGLE SKETCH UP.
- 8- MANUALES PDF:
[HTTP://RBR.ONLINERACING.CZ/TRACKS/MANUALS.PHP#50](http://RBR.ONLINERACING.CZ/TRACKS/MANUALS.PHP#50)
- 9- ADOBE PHOTOSHOP CS 2 EN UN SOLO LIBRO.

GLOSARIO

FPS: Frecuencia con la que aparecen los fotogramas de video. La calidad de video de transmisión suele ser de 30 fotogramas por segundo. Las videoconferencias normalmente ofrecen video en el rango de 10 a 15 fotogramas por segundo. Para un videojuego oscila entre los 30 y 60 fotogramas por segundo.

Polígono: porción de plano limitada por una línea poligonal cerrada. Un polígono queda determinado por sus lados, que son los segmentos, y por sus ángulos, que son los que forman cada dos lados consecutivos.

Motor Gráfico: Un motor de videojuego es un término que hace referencia a una serie de rutinas de programación que permiten el diseño, la creación y la representación de un videojuego.

Sketchpad: primer programa informático que permitía la manipulación directa de objetos gráficos; o sea el primer programa de dibujo por computadora.

Maquina LISP: Una máquina Lisp (en inglés Lisp Machine) es una computadora de uso general destinada, gracias a su particular hardware, a ejecutar eficientemente programas escritos en Lisp.

Paintbox Computer: Fue un equipo de trabajo dedicado a la composición de video para televisión y gráficos. Después de su lanzamiento inicial en 1981, revolucionó la producción de gráficos en televisión.

NURBS: (acrónimo inglés de la expresión Non Uniform Rational B-splines) es un modelo matemático muy utilizado en la computación gráfica para generar y representar curvas y superficies.

Modelado Polimodal: es un enfoque para el modelado de objetos mediante la representación o la aproximación de sus superficies con polígonos.

Silicon Graphics: también conocida como SGI, o históricamente citada como Sistemas Computacionales Silicon Graphics (SGCS), comenzó como fabricante de terminales gráficas en 1982. Fue fundada por Jim Clark y Abbey Silverstone. Los productos iniciales estaban basados en el trabajo de Jim Clark con *geometry pipelines*, software especializado y hardware que acelera la exhibición de imágenes tridimensionales.

Sombreadores o Shading: El proceso de sombreado o shading (en el contexto de los gráficos realizado por computadora) implica la simulación de computadora (o más exactamente; el cálculo) como las caras de un polígono se comportarán cuando es iluminado por una fuente de la luz virtual. El cálculo exacto varía según no sólo que datos están disponibles sobre la cara sombreada, sino también la técnica de sombreado.

Texturing o Texturizado: Las superficies poligonales (secuencia de caras) pueden contener datos correspondientes de más de un color, pero en el software más avanzado, pueden ser una lona virtual para una imagen, u otra imagen rasterizada. Tal imagen es colocada en una cara, o la serie de caras y es llamada Textura.

Rasterizado: Una imagen rasterizada, también llamada mapa de bits, imagen matricial o bitmap, es una estructura o fichero de datos que representa una rejilla rectangular de píxeles o puntos de color, denominada **raster**, que se puede visualizar en un monitor de computadora, papel u otro dispositivo de representación.

Subdivisión de Superficies: En el mundo de los gráficos 3D generados por computadora, es un método para representar una superficie suave mediante la especificación de una malla poligonal menos detallada. La superficie subdividida puede calcularse a partir de una malla más burda, iterando el proceso de dividir cada cara poligonal en caras más pequeñas que se aproximan mejor a la superficie suavizada.

Modelos icónicos: la relación de correspondencia se establece a través de las propiedades morfológicas.

Modelos análogos: poseen algunas propiedades similares a los objetos representados pero sin ser una réplica morfológica de los mismos.

Modelos simbólicos: el objeto real queda representado mediante una simbolización matemática (geométrica, estadística, etc.). Se llega a un nivel superior de abstracción.

Vectores: En física, matemáticas e ingeniería, un vector es una herramienta geométrica utilizada para representar una magnitud física definida por un módulo (o longitud) y una dirección (u orientación).

Se llama vector de dimensión n a una tupla de n números reales (que se llaman componentes del vector). El conjunto de todos los vectores de dimensión n se representa como \mathbb{R}^n (formado mediante el producto cartesiano).

Así, un vector v perteneciente a un espacio \mathbb{R}^n se representa como: $v = (a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$, donde $v \in \mathbb{R}^n$.

Un vector también se puede ver desde el punto de vista de la geometría como vector geométrico (usando frecuentemente el espacio tridimensional \mathbb{R}^3 ó bidimensional \mathbb{R}^2).

Matrices: En matemáticas, una matriz es un arreglo bidimensional de números, y en su mayor generalidad de elementos de un anillo. Las matrices se usan generalmente para describir sistemas de ecuaciones lineales, sistemas de ecuaciones diferenciales o representar una aplicación lineal (dada una base). Las matrices se describen en el campo de la teoría de matrices.

Conjuntos: En matemáticas, un conjunto es una colección de objetos considerada como un objeto en sí. Los objetos de la colección pueden ser cualquier cosa: personas, números, colores, letras, figuras, etc. Cada uno de los objetos en la colección es un elemento o miembro del conjunto.

Fotografía estereoscópica: es cualquier técnica capaz de recoger información visual tridimensional y crear la ilusión de profundidad en una imagen. La ilusión de la profundidad en una fotografía u otra imagen bidimensional se crea presentando una imagen ligeramente diferente para cada ojo, como ocurre en nuestra forma habitual de ver.

ANEXOS

Anexo N°1 Planificación

PLANIFICACIÓN DEL PROCESO

Considerando el modelo de ciclo de vida escogido (tipo Incremental), teniendo en cuenta además que se pueden hacer tareas en paralelo conforme avanza el desarrollo, se definen las siguientes etapas:

PRIMERA ETAPA:

Relevamiento: En esta etapa se lleva a cabo una captura de requerimientos mediante fotografías, documentos impresos y filmaciones. Luego se interpretan los resultados obtenidos, se visita los caminos con un vehículo apropiado equipado con un sistema de GPS de manera de lograr las coordenadas exactas en cuanto a latitud-longitud y altura respecto al nivel del mar.

DURACIÓN: 14 días.

SEGUNDA ETAPA:

Análisis: En esta etapa se importan los nodos correspondientes a cada etapa de los caminos, se trazan los límites correspondientes. Se procede a lograr la altitud exacta respecto al nivel del mar, haciendo uso de librerías dll con código de C#. Una vez limitado el camino, se realiza el mallado sobre el terreno en base a los datos obtenidos por el GPS.

DURACIÓN: 45 días

TERCERA ETAPA:

Modelado: Se comienza con el modelado de componentes en 3d, se prosigue con la ambientación de los tramos. Se programan las diferentes distancias para toma de tiempos.

DURACIÓN: 180 días

CUARTA ETAPA:

Exportación: se lleva a cabo el proceso necesario para exportar el tramo al formato admitido por el Motor Gráfico escogido. Se tiene en cuenta aspectos tales como librerías de DirectX.

DURACIÓN: 12 días

QUINTA ETAPA:

Prueba: En esta última etapa se realizan los cálculos necesarios, tales como números de polígonos por kilómetro, en post de determinar los requerimientos mínimos para la aplicación. Este paso es muy importante ya que, de momento, **no hay juego de rally en el mundo** que incluya los tramos reales por donde transita el Rally Mundial. Por último se coteja el camino virtual creado con una hoja de ruta del camino real.

DURACIÓN: 21 días.

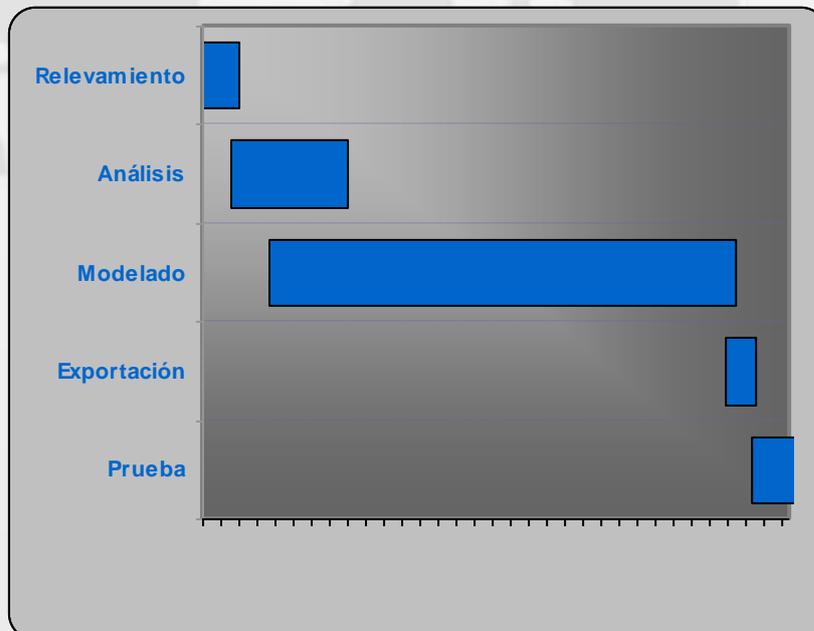
TOTAL: 272 DÍAS.

DIAGRAMA DE GANTT

Conceptos	Inicio	Duración (Días)	Fin
Relevamiento	01/03/2011	14	15/03/2011
Análisis	21/03/2011	45	06/05/2011
Modelado	10/04/2011	180	10/10/2011
Exportación	03/10/2011	12	15/10/2011
Prueba	18/10/2011	21	09/11/2011

Total de días asignados

272



Anexo Nº 2 Captura de datos del MDE del tramo Las Rosas- El Pueblito
 (100 nodos)

Point(100001) = {-4337.135081, -5521.144555, 699.936821, 1};
Point(100002) = {-4337.135081, -5496.193216, 700.101335, 1};
Point(100003) = {-4337.135081, -5471.131472, 700.266684, 1};
Point(100004) = {-4337.135081, -5446.180133, 700.431199, 1};
Point(100005) = {-4337.135081, -5421.228794, 700.595806, 1};
Point(100006) = {-4337.135081, -5396.167051, 700.761109, 1};
Point(100007) = {-4337.135081, -5371.215712, 700.925670, 1};
Point(100008) = {-4337.135081, -5346.153969, 701.075629, 1};
Point(100009) = {-4337.135081, -5321.202630, 701.134963, 1};
Point(100010) = {-4337.135081, -5296.140887, 701.135010, 1};
Point(100011) = {-4337.135081, -5271.189547, 701.134963, 1};
Point(100012) = {-4337.135081, -5246.127804, 701.134963, 1};
Point(100013) = {-4337.135081, -5221.176465, 701.134963, 1};
Point(100014) = {-4337.135081, -5196.225126, 701.135010, 1};
Point(100015) = {-4337.135081, -5171.163383, 701.135010, 1};
Point(100016) = {-4337.135081, -5146.212044, 701.134963, 1};
Point(100017) = {-4337.135081, -5121.150301, 701.135010, 1};
Point(100018) = {-4337.135081, -5096.198961, 701.135010, 1};
Point(100019) = {-4337.135081, -5071.137218, 701.460238, 1};
Point(100020) = {-4337.135081, -5046.185879, 701.135010, 1};
Point(100021) = {-4337.135081, -5021.124136, 701.135010, 1};
Point(100022) = {-4337.135081, -4996.172797, 701.134963, 1};
Point(100023) = {-4337.135081, -4971.221458, 701.097277, 1};
Point(100024) = {-4337.135081, -4946.159715, 701.368269, 1};
Point(100025) = {-4337.135081, -4921.208376, 701.697437, 1};
Point(100026) = {-4337.135081, -4896.146632, 702.027996, 1};
Point(100027) = {-4337.135081, -4871.195293, 702.379647, 1};
Point(100028) = {-4337.135081, -4846.133550, 702.710252, 1};
Point(100029) = {-4337.135081, -4821.182211, 703.039374, 1};
Point(100030) = {-4337.135081, -4796.230872, 703.692102, 1};
Point(100031) = {-4337.135081, -4771.169129, 704.353266, 1};
Point(100032) = {-4337.135081, -4746.217790, 705.011510, 1};
Point(100033) = {-4337.135081, -4721.156046, 705.291356, 1};
Point(100034) = {-4337.135081, -4696.204707, 705.620524, 1};
Point(100035) = {-4337.135081, -4671.142964, 705.951083, 1};
Point(100036) = {-4337.135081, -4646.191625, 705.764735, 1};
Point(100037) = {-4337.135081, -4621.129882, 705.434176, 1};
Point(100038) = {-4337.135081, -4596.178543, 705.105008, 1};
Point(100039) = {-4337.135081, -4571.227204, 704.506748, 1};
Point(100040) = {-4337.135081, -4546.165460, 703.845630, 1};

MODELADO DE TRAMOS REALES GENERADOS POR MDE – SIMULADOR DE RALLY
 INGENIERÍA DE SISTEMAS
 INSTITUTO UNIVERSITARIO AERONÁUTICO

Point(100041) = {-4337.135081, -4521.214121, 703.187340, 1};
Point(100042) = {-4337.135081, -4496.152378, 703.868205, 1};
Point(100043) = {-4337.135081, -4471.201039, 704.855617, 1};
Point(100044) = {-4337.135081, -4446.139296, 705.847433, 1};
Point(100045) = {-4337.135081, -4421.187957, 706.541556, 1};
Point(100046) = {-4337.135081, -4396.126213, 707.202720, 1};
Point(100047) = {-4337.135081, -4371.174874, 707.861010, 1};
Point(100048) = {-4337.135081, -4346.223535, 708.089958, 1};
Point(100049) = {-4337.135081, -4321.161792, 708.090005, 1};
Point(100050) = {-4337.135081, -4296.210453, 708.090005, 1};
Point(100051) = {-4337.135081, -4271.148710, 707.862493, 1};
Point(100052) = {-4337.135081, -4246.197371, 707.533418, 1};
Point(100053) = {-4337.135081, -4221.135628, 707.202812, 1};
Point(100054) = {-4337.135081, -4196.184288, 707.739003, 1};
Point(100055) = {-4337.135081, -4171.232949, 708.726415, 1};
Point(100056) = {-4337.135081, -4146.171206, 709.718231, 1};
Point(100057) = {-4337.135081, -4121.219867, 710.705597, 1};
Point(100058) = {-4337.135081, -4096.158124, 711.697366, 1};
Point(100059) = {-4337.135081, -4071.206785, 712.684778, 1};
Point(100060) = {-4337.135081, -4046.145042, 712.676434, 1};
Point(100061) = {-4337.135081, -4021.193703, 712.018144, 1};
Point(100062) = {-4337.135081, -3996.131959, 711.356980, 1};
Point(100063) = {-4337.135081, -3971.180620, 711.134938, 1};
Point(100064) = {-4337.135081, -3946.229281, 711.134985, 1};
Point(100065) = {-4337.135081, -3921.167538, 711.134985, 1};
Point(100066) = {-4337.135081, -3896.216199, 711.391468, 1};
Point(100067) = {-4337.135081, -3871.154456, 712.052679, 1};
Point(100068) = {-4337.135081, -3846.203117, 712.710922, 1};
Point(100069) = {-4337.135081, -3821.141373, 713.141052, 1};
Point(100070) = {-4337.135081, -3796.190034, 713.470174, 1};
Point(100071) = {-4337.135081, -3771.128291, 713.800779, 1};
Point(100072) = {-4337.135081, -3746.176952, 713.610120, 1};
Point(100073) = {-4337.135081, -3721.225613, 712.622755, 1};
Point(100074) = {-4337.135081, -3696.163870, 711.630939, 1};
Point(100075) = {-4337.135081, -3671.212531, 710.852357, 1};
Point(100076) = {-4337.135081, -3646.150787, 710.191147, 1};
Point(100077) = {-4337.135081, -3621.199448, 709.532903, 1};
Point(100078) = {-4337.135081, -3596.137705, 709.134990, 1};
Point(100079) = {-4337.135081, -3571.186366, 709.134943, 1};
Point(100080) = {-4337.135081, -3546.124623, 709.134990, 1};
Point(100081) = {-4337.135081, -3521.173284, 709.134943, 1};
Point(100082) = {-4337.135081, -3496.221945, 709.135036, 1};
Point(100083) = {-4337.135081, -3471.160201, 709.134943, 1};
Point(100084) = {-4337.135081, -3446.208862, 709.048074, 1};

MODELADO DE TRAMOS REALES GENERADOS POR MDE – SIMULADOR DE RALLY
INGENIERÍA DE SISTEMAS
INSTITUTO UNIVERSITARIO AERONÁUTICO

Point(100085) = {-4337.135081, -3421.147119, 708.717515, 1};
Point(100086) = {-4337.135081, -3396.195780, 708.388393, 1};
Point(100087) = {-4337.135081, -3371.134037, 708.225037, 1};
Point(100088) = {-4337.135081, -3346.182698, 708.224991, 1};
Point(100089) = {-4337.135081, -3321.231359, 708.225037, 1};
Point(100090) = {-4337.135081, -3296.169615, 708.445642, 1};
Point(100091) = {-4337.135081, -3271.218276, 709.433007, 1};
Point(100092) = {-4337.135081, -3246.156533, 710.424777, 1};
Point(100093) = {-4337.135081, -3221.205194, 711.179949, 1};
Point(100094) = {-4337.135081, -3196.143451, 711.179949, 1};
Point(100095) = {-4337.135081, -3171.192112, 711.179996, 1};
Point(100096) = {-4337.135081, -3146.130369, 711.202895, 1};
Point(100097) = {-4337.135081, -3121.179029, 711.861185, 1};
Point(100098) = {-4337.135081, -3096.227690, 712.519522, 1};
Point(100099) = {-4337.135081, -3071.165947, 713.237332, 1};
Point(100100) = {-4337.135081, -3046.214608, 714.224744, 1};

Anexo 3: Reclaman preservar el viejo camino de las Altas Cumbres

Reclaman preservar el viejo camino de las Altas Cumbres

Profesionales de la UNC piden que la Provincia lo declare Patrimonio Histórico y que se encaren obras de reconstrucción y conservación. Aseguran que está en riesgo.

07/08/2011 00:01 , por [Fernando Colautti](#)



□ El viejo Camino de las Altas Cumbres, en su traza original, apenas sobrevive. A pesar de representar una de las obras más emblemáticas en la historia de la provincia de Córdoba, la falta de trabajos de preservación lo va desdibujando del mapa y de la memoria. En ese marco, el Grupo Interdisciplinar de la Universidad Nacional de Córdoba (Gi-UNC), conformado por profesionales que de manera voluntaria vienen desarrollando estudios y propuestas en materia de recursos naturales, inició una movida con el fin de que la Provincia declare como “patrimonio histórico” esa vía de comunicación.

Ese reconocimiento oficial, entre otras cuestiones, debería garantizar las tareas de preservación de lo que queda de esa obra que es símbolo de Córdoba.

Según recuerda el grupo promotor de la idea, en 1883 el sacerdote José Gabriel del Rosario Brochero (el cura Brochero) comenzaba un largo peregrinar ante el Gobierno provincial, gestionando la construcción de un camino que uniera la ciudad de Córdoba con “el otro lado de las sierras”, condenado al aislamiento.

Más de tres décadas pasaron hasta que en 1915 se inició la obra, inspirada en la traza de la senda que utilizaban caminantes y jinetes.

El camino de 90 kilómetros se abrió a pico y pala, con cinco a seis metros de ancho, pircas de defensa en piedra, y entre cientos de curvas, quebradas, subidas y bajadas, cinco pintorescos y artesanales puentes colgantes.

La obra se adjudicó a Dámaso García, Agustín Maury, Pedro Ortiz y Osvaldo Payer, ingenieros y arquitectos de la Universidad Nacional de Córdoba y de la Dirección Provincial de Vialidad.

Calidad. “Los especialistas viales que la recorren suelen asombrarse de la calidad técnica del proyecto y del espectacular mimetismo con el paisaje, que se traduce en un muy bajo impacto paisajístico y ambiental y que incluye detalles de resolución estética difícilmente observables en una obra de la actualidad”, grafica el geólogo Ernesto Abril, integrante del grupo Gi-UNC.

En 1918 quedó habilitada, y desde entonces las Sierras Grandes ya no dividieron en dos a Córdoba.

El informe también recuerda que “el sentir de los cordobeses respecto del Camino fue expresado años atrás, en una votación en la que fue elegida entre las Siete Maravillas Construidas por el Hombre en esta provincia, en el marco de una iniciativa de la Agencia Córdoba Turismo y La Voz del Interior.

Nueva ruta. El paso del tiempo, además de un trazado sinuoso y angosto, con precipicios y pendientes pronunciadas, y el incremento del tránsito logrado entre uno y otro lado de las sierras, generó la necesidad de una nueva vía. Finalmente se construyó, pavimentada, entre 1964 y 1993, la que hoy se conoce como camino de las Altas Cumbres.

Su traza, en gran parte, corre paralela a la original, que le marcó la huella.

Pero aquella histórica vía subsiste. Sus dos tramos más reconocidos y pintorescos están en los extremos y suelen ser escenario de pruebas especiales del Rally Mundial: el de Copina a El Cóndor y el que une el paraje Giulio César con Mina Clavero.

Para Abril, aquel camino que está por cumplir 100 años, representa junto al muro del primer dique San Roque, la obra civil más importante por su significado histórico en Córdoba.

Argumentando que representa un capital turístico y paisajístico, además de un símbolo de la ingeniería y la cultura de su época, y de estar enclavado en medio de una reserva natural e hídrica provincial, es que solicitan su reconstrucción y una adecuada preservación, dado su estado de “avanzado deterioro”.

Anexo 4: Blog de la empresa 2Pez - Simulador de Turismo Carretera.

Ganamos Todos

November 29th, 2010

Comments Off



Agustín Canapino

Suelen ser pocos y raros los casos donde la simulación y la realidad se juntan y muestran que pueden ir de la mano exitosamente. Casos donde la realidad demuestra que necesita de la simulación y la simulación demuestra que hoy es una realidad. Nos llena de alegría y orgullo, vivir en carne propia uno de esos casos.

Esta vez no hablamos de un concurso de una empresa que premia a un usuario de video juegos prestándole un auto de carreras, ni hablamos de una herramienta de software que ayuda a un piloto de fórmula uno o a un sponsor de alguna categoría demostrando mediante la simulación que un stand puede ser concurrido.

Esta vez, y con mayor orgullo que las anteriores, donde hemos visto a grandes promesas de nuestro automovilismo utilizar nuestros productos u otros similares para aprenderse una curva o conocer un trazado, festejamos un campeonato! Si, festejamos que uno de los nuestros, un simracer, con grandes dotes de piloto real; pero simracer hecho y derecho,

festeja su primer triunfo en la categoría más importante de nuestro país y de paso cañazo, sale campeón!

Conocido como Cabezón, Canapa, simplemente Agustín o algún que otro apodo que ahora no recuerdo, el joven Agustín Canapino alcanza a cumplir su sueño y el sueño de muchos otros. Muchos otros que lo han conocido en alguna comunidad de simracing, muchos otros que comparten afición por los “jueguitos” que hasta hace poco no se tomaban en serio, muchos otros que atrás de un monitor más de una vez han soñado con llegar por lo menos a manejar un auto de carreras de verdad... Hoy, todos ellos festejan que al menos a uno de los simracers se le dio!

Nadie puede negar las condiciones del nuevo campeón del TC, nadie puede negar que ha tenido un gran auto, que tiene un gran preparador y que como decía Fangio, también a tenido la suerte que se necesita; pero para orgullo nuestro, lo mejor es que nadie pueda negar que este pibe haya empezado su ascendente carrera deportiva con un simulador. Y en especial para 2Pez, aunque sabemos que Agustín juega (y bien) a todos los simus que existen, la satisfacción es más grande porque es un frecuente usuario de nuestro Simu TC, que nosotros ESTAMOS SEGUROS, que le ha servido para ser campeón del TC de verdad!

Nuestras felicitaciones y el agradecimiento al simracer campeón y su equipo “real”...

Y al resto de los simracers, a seguir soñando y girando, que hoy más que nunca está claro que se puede pasar de la silla a la butaca y no desentonar!!!