Trabajo Fin de Máster Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

ESTRATEGIA DE MODELADO DE UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA VIARIA

Autor: Ignacio Plaja Benítez Tutor: Blas González González

> Dep. Construcciones Arquitectónicas I Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla Sevilla, 2020







Departamento de Construcciones Arquitectónicas 1

Trabajo Fin de Máster Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

ESTRATEGIA DE MODELADO DE UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA VIARIA

Autor: Ignacio Plaja Benítez Tutor: Blas González González

Dep. Construcciones Arquitectónicas I Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universiada de Sevilla Trabajo Fin de Máster: Estrategia de modelado de un Proyecto de infraestructura viaria

Autor: Ignacio Plaja Benítez Tutor: Blas González González

El tribunal nombrado para juzgar el TFM arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2020

El Secretario del tribunal

A mi familia A mis maestros

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a mis padres y a mis hermanos todo el apoyo y la constante preocupación que siempre han tenido hacia mí. Gracias a ellos, soy quien soy y hoy sólo puedo expresar mi sincero agradecimiento por apoyarme durante la etapa académica que hoy culmino.

No puedo olvidarme en este día tan importante para mis de todos mis familiares que no se encuentran con nosotros, y de los cuales siempre los tengo presente. Abuelo Fernando, abuelo Antonio, Tía Julia y Tío Paco.

También me gustaría agradecer la oportunidad que me brindó y me brinda mi profesor y tutor D. Blas González González, ya que gracias a él comencé a aventurarme en esta etapa del BIM.

Muchas Gracias.

RESUMEN

En el presente Trabajo de Fin de Máster se describe la estrategia de modelado llevada a cabo para la gestión del "Proyecto de Construcción Autovía A-11 Tramo: Aranda de Duero" en Soria con metodología BIM, como una puesta en práctica de los procedimientos habituales en el sector que impliquen un cumplimiento de la metodología del proyecto en cuestión.

Para ello se ha desarrollado la metodología empleada, describiendo la documentación de referencia, los conceptos propios de la estrategia escogida además de las herramientas BIM para la ejecución de cada uno de los modelos.

A su vez, se ha elaborado los flujos de trabajo llevados a cabo para la elaboración de los modelos, desde los propios de la obra lineal, como los de las estructura, drenajes, señalización y coordinación.

Tras ello, se ha descrito el paso a paso de la ejecución de los modelos ejecutados con su correspondiente herramienta de la casa Autodesk

Con todo esto, se ha puesto en conocimiento de lo puede englobar un proyecto o incluso una propia asistencia técnica de un proyecto de obra civil con la metodología BIM.

Palabras Clave:

BIM Civil, Modelado de Carreteras, BIM, Carreteras, Estructuras

ABSTRACT

To present the complete methodology, describing the reference documentation, the concepts behind the hermaphroditic BIM strategy have been developed for the execution of one of the models.

In order to improve the flow of water flowing from the bottom to the modeling, from the corridor lines, as well as the structure, drainage, sealing and coordination.

Subsequently, the step of the execution of the models executed with the corresponding hermeneutics of the Autodesk case is described

However, it can be done in conjunction with the fact that a project can be contracted or include a technical assistance project of a civil works project with the BIM methodology.

Keywords:

BIM Civil, Road Modeling, BIM, Roads, Structures

Índice

Agradecimientos	9
Resumen	11
Abstract	13
Índice	15
Índice de Tablas	17
Índice de Figuras	18
Notación	22
1. Objeto y alcance del documento	23
1.1 Alcance del Trabajo	23
1.2 Objetivo del TFM	24
2. El Proyecto de Construcción	25
2.1 Situación Actual	25
2.2 Descripción del Proyecto	25
3. Metodología	27
3.1 Documentación de Referencia	27
3.2 Estrategia de Modelado	29
3.3 Herramientas de Modelado	30
3.3.1 Herramientas para obras lineales	30
3.3.2 Herramientas Utilizadas	31
4. Gestión de la Información	36
5. Flujos de Trabajo	38
5.1 Flujo de Obra lineal	38
5.1.1 Obra lineal tramo 01	39
5.1.2 Obra lineal tramo 02	40
5.1.3 Obra lineal tramo 03	40
5.2 Flujo Estructuras	41
5.2.1 Paso Superior	41
5.2.2 Paso inferior	42
5.2.3 Viaducto	43
5.3 Flujo de Drenaje	44
5.4 Flujo de Senalización	45
5.5 Fiujo de Coordinación	46
6. Plantillas de Trabajo	47
6.1 Plantillas para Autodesk Civil 3D	47

6.2	Plantillas para Revit	51
7. Mo	odelos Efectuados	53
7.1	Modelo Digital del Terreno	53
7.2	Modelo de Obra Lineal	55
7.3	Modelo de Drenaje	68
7.4	Modelo de Estructuras	72
7.5	Modelo de Señalización	81
7.6	Modelo Coordinación	88
8. Cor	nclusión	96
9. Fut	turas Líneas de Mejora	97
10. R	Referencias	99
11. A	Anexo	101
Progr	ama de Puntos de Inspección	101

Tabla 1. Documentos de referencia (Fuente: Proyecto base)	27
Tabla 2. Archivos de referencia (Fuente: Proyecto base)	28
Tabla 3. Hardware (Fuente: Elaboración propia)	35
Tabla 4. Software (Fuente: Elaboración propia)	35
Tabla 5. Estado en Progreso (Fuente: Elaboración propia)	36
Tabla 6. Estado Compartido (Fuente: Elaboración propia)	36
Tabla 7. Estructura de Carpetas (Fuente: Elaboración propia)	37
Tabla 8. Tabla separación tramos (Fuente: Elaboración propia)	54
Tabla 9. Modelo obra lineal (Fuente: AutoCAD Civil3D)	55
Tabla 10. Tolerancias permitidas (Fuente: Elaboración propia)	89
Tabla 11. Flujo trabajo Autodesk (Fuente: Autodesk)	97

Figura 1.Situación actuación proyecto (Fuente: Proyecto base)	26
Figura 2. Autodesk AutoCAD civil 3D (Fuente: AutoCAD Civil 3D)	32
Figura 3. Autodesk Revit (Fuente: Autodesk Revit)	33
Figura 4. Autodesk Navisworks (Fuente: Autodesk Navisworks)	34
Figura 5: Flujo de trabajo Obra Lineal tramo 01 (Fuente: Elaboración Propia)	39
Figura 6: Flujo de trabajo Obra Lineal tramo 02 (Fuente: Elaboración Propia)	40
Figura 7: Flujo de trabajo Obra Lineal tramo 03 (Fuente: Elaboración Propia)	40
Figura 8: Flujo de trabajo Paso Superior (Fuente: Elaboración Propia)	41
Figura 9: Flujo de trabajo Paso Inferior (Fuente: Elaboración Propia)	42
Figura 10: Flujo de trabajo Viaducto (Fuente: Elaboración Propia)	43
Figura 11: Flujo de trabajo Obras de drenaje transversal (Fuente: Elaboración Propia)	44
Figura 12: Flujo de trabajo Señalización vertical (Fuente: Elaboración Propia)	45
Figura 13: Flujo de trabajo Coordinación (Fuente: Elaboración Propia)	46
Figura 14. Paleta de herramientas (Fuente: AutoCAD Civil 3D)	48
Figura 15. Edición de estilos(Fuente: AutoCAD Civil 3D)	48
Figura 16. Paleta de herramientas. Configuración (Fuente: AutoCAD Civil 3D)	49
Figura 17. Estilos de Etiqueta (Fuente: AutoCAD Civil 3D)	50
Figura 18. Modelos genéricos plantilla Revit. (Fuente: Autodesk Revit)	52
Figura 19. Tipos de familias. Propiedades de parámetros (Fuente: Autodesk Revit)	52
Figura 20. Representación Pilote (Fuente: Autodesk Revit)	52
Figura 21. Esquema generación Modelo Cartografía (Fuente: Google)	53
Figura 22. Coordenadas Modelo Cartografía (Fuente: IGN)	53
Figura 23. Adaptación de Coordenadas (Fuente: AutoCAD Civil3D)	
Figura 24. Cartografía Estudio (Fuente: AutoCAD Civil3D)	54
Figura 25. Propiedades Alineación Normativa (Fuente: AutoCAD Civil3D)	56
Figura 26. Desarrollo formación Alineación (Fuente: AutoCAD Civil3D)	
Figura 27. Alineaciones Tramo 01 (Fuente: AutoCAD Civil3D)	
Figura 28. Alineaciones Tramo 02 (Fuente: AutoCAD Civil3D)	
Figura 29. Alineaciones Tramo 03 (Fuente: AutoCAD Civil3D)	

Figura 30.	Perfil Longitudinal 01,02,03 (Fuente: AutoCAD Civil3D)	
Figura 31.	Ejecución Rasante (Fuente: AutoCAD Civil3D)	59
Figura 32.	Representación Perfil Longitudinal Tipo (Fuente: AutoCAD Civil3D)	59
Figura 33.	Sección Tipo (Fuente: AutoCAD Civil3D)	60
Figura 34.	Capas de Firmes (Fuente: AutoCAD Civil3D)	60
Figura 35.	Sección Tipo Autovía (Fuente: AutoCAD Civil3D)	61
Figura 36.	Sección Tipo Autovía con Mediana (Fuente: AutoCAD Civil3D)	61
Figura 37.	Sección Tipo Autovía sin Mediana (Fuente: AutoCAD Civil3D)	61
Figura 38.	Sección Tipo Ramal (Fuente: AutoCAD Civil3D)	61
Figura 39.	Sección Tipo Carril Servicio/ Sección Tipo Vía de servicio (Fuente: AutoCAD Civil3D)	62
Figura 41.	Creación Obra Lineal (Fuente: AutoCAD Civil3D)	
Figura 42.	Parámetros de Línea Base (Fuente: AutoCAD Civil3D)	
Figura 43.	Cambio Sección Eje Central (Fuente: AutoCAD Civil3D)	63
Figura 44.	Asignación de Objetivos (Fuente: AutoCAD Civil3D)	63
Figura 45.	Planta Intersección Viales (Fuente: AutoCAD Civil3D)	64
Figura 46.	3D Sección Viales (Fuente: AutoCAD Civil3D)	64
Figura 47.	Obras Lineales Tramo 01, 02 y 03 (Fuente: AutoCAD Civil3D)	65
Figura 50.	Extracción de Sólidos (Fuente: AutoCAD Civil3D)	65
Figura 51.	Sólido 02_OL_Paso Superior 7.1 (Fuente: AutoCAD Civil3D)	66
Figura 52.	Sólido 03_OL_Reposición (Fuente: AutoCAD Civil3D)	66
Figura 53.	Sólidos Tramo 01, 02 y 03 (Fuente: AutoCAD Civil3D)	67
Figura 56.	Familias generadas para ODT (Fuente: Autodesk Revit)	68
Figura 57.	Arqueta tipo ODT/ Propiedades Arqueta tipo ODT (Fuente: Autodesk Revit)	69
Figura 59.	Embocadura Tipo ODT / Propiedades Embocadura Tipo ODT (Fuente: Autodesk Revit)	69
Figura 61.	Tubería Tipo ODT /. Propiedades Tubería Tipo ODT (Fuente: Autodesk Revit)	70
Figura 63.	ODT tipo (Fuente: Autodesk Revit)	70
Figura 64.	ODT planos de referencia (Fuente: Autodesk Revit)	71
Figura 65.	ODT Tramo 01, 02 y 03 (Fuente: Autodesk Revit)	71
Figura 68.	Neopreno Rectangular (Fuente: Autodesk Revit)	72
Figura 70.	Detalle Localización Neoprenos / Detalle Localización Viga Apoyo (Fuente: Autodesk Revit)	73
Figura 72.	Estribo Completo analítico/ Estribo Completo (Fuente: Autodesk Revit)	73
Figura 74.	Neopreno Circular (Fuente: Autodesk Revit)	73
Figura 76.	Pilas Paso Superior (Fuente: Autodesk Revit)	74
Figura 77.	Bordillos del Tablero (Fuente: Autodesk Revit)	74
Figura 78.	Asfalto del tablero (Fuente: Autodesk Revit)	74
Figura 79.	Viga Artesa Tipo/ Propiedades Viga Artesa Tipo (Fuente: Autodesk Revit)	75

Figura 81. Paso Superior Tipo (Fuente: Autodesk Revit)	75
Figura 82. Aleta Tipo Paso Inferior/ Propiedades Aleta Tipo Paso Inferior (Fuente: Autodesk Revit)	76
Figura 84. Marco Paso Inferior/ Apoyos Paso Inferior (Fuente: Autodesk Revit)	76
Figura 86. Paso Inferior Tipo (Fuente: Autodesk Revit)	77
Figura 87. Estribo Tipo Viaducto / Situación Estribos Viaducto (Fuente: Autodesk Revit)	77
Figura 89. Propiedades Pavimento Viaducto/Propiedades Tablero Viaducto (Fuente: Autodesk Revit)	78
Figura 91. Viga Artesa Viaducto (Fuente: Autodesk Revit)	78
Figura 92. Pilar Tipo Viaducto / Propiedades Pilar Viaducto (Fuente: Autodesk Revit)	78
Figura 94. Viaducto Tipo (Fuente: Autodesk Revit)	79
Figura 95. Colocación en Planta P. Inferior/Colocación en Planta Viaducto (Fuente: Autodesk Revit)	79
Figura 97. Colocación por Secciones P. Inferior (Fuente: Autodesk Revit)	79
Figura 98. Colocación por Secciones P. Superior (Fuente: Autodesk Revit)	80
Figura 99. Pasos Inferiores/Pasos Superiores / Viaductos (Fuente: Autodesk Revit)	80
Figura 102. Cimentación Señales Reglamentación / Propiedades Cimentación S. Reglamentación (Fuer Autodesk Revit)	nte: 81
Figura 104. Señal Prioridad R-1 / Propiedades Señal R-1 (Fuente: Autodesk Revit)	82
Figura 106. Señal Prioridad R-2 / Propiedades Señal R-2 (Fuente: Autodesk Revit)	82
Figura 108. Señal Prohibición Entrada R-101/Propiedades Prohibición Entrada R-101 (Fuente: Autoa Revit)	lesk 82
Figura 110. Señal R-400 a (Fuente: Autodesk Revit)	83
Figura 111. Señal Prohibición o Restricción R-301/Propiedades Señal R-301 (Fuente: Autodesk Revit)	83
Figura 113. Señal Advertencia de Peligro P-1 / Propiedades Señal P-1 (Fuente: Autodesk Revit)	84
Figura 115. Señal Pre-Señalización S-200 / Señal Pre-Señalización S-201 (Fuente: Autodesk Revit)	84
Figura 117. Señal de Dirección S-341/ Señal de Dirección S-301 (Fuente: Autodesk Revit)	85
Figura 119. Señal de Localización S-530 / Señal de Localización S-520 (Fuente: Autodesk Revit)	85
Figura 121. Señal de Confirmación S-602 (Fuente: Autodesk Revit)	85
Figura 122. Colocación en Planta Señales (Fuente: Autodesk Revit)	86
Figura 123. Colocación en Cota de Señales (Fuente: Autodesk Revit)	86
Figura 124. Modelo Señalización (Fuente: Autodesk Revit)	87
Figura 125. Archivo Señalización (Fuente: Autodesk Revit)	87
Figura 126. Esquema Modelo de Coordinación (Fuente: Elaboración propia)	88
Figura 127. Árbol de Selección Modelo (Fuente: Autodesk Navisworks)	89
Figura 128. Visualización Modelo (Fuente: Autodesk Navisworks)	89
Figura 129. Clash Detective P. Superior/Calzada (Fuente: Autodesk Navisworks)	90
Figura 130. Clash Detective Drenaje Long /Calzada (Fuente: Autodesk Navisworks)	90
Figura 131. Clash Detective Viaductos /Calzada (Fuente: Autodesk Navisworks)	90
Figura 130. Clash Detective Drenaje Long /Calzada (Fuente: Autodesk Navisworks)	90
Figura 151. Clash Delective v laducios /Calzada (Fuente: Autoaesk Navisworks)	90

Figura 132. Clash Detective Paso Inferior /Calzada (Fuente: Autodesk Navisworks)	91
Figura 133. Clash Detective Señalización/Calzada (Fuente: Autodesk Navisworks)	91
Figura 134. Tabla Resumen Interferencias (Fuente: Autodesk Navisworks)	91
Figura 135. Ejemplo Informe Conflictos (Fuente: Autodesk Navisworks)	92
Figura 136. Interferencia entre elementos (Fuente: Autodesk Navisworks)	92
Figura 137. Modelo Federado (Fuente: Autodesk Navisworks)	93
Figura 138. Modelo Federado (Fuente: Autodesk Navisworks)	93
Figura 139. Modelo Federado (Fuente: Autodesk Navisworks)	93
Figura 140. Modelo Federado (Fuente: Autodesk Navisworks)	94
Figura 141. Modelo Federado (Fuente: Autodesk Navisworks)	94
Figura 142. Modelo Federación (Fuente: Autodesk Navisworks)	95

NOTACIÓN

TFMTrabajo de Fin de MásterC3DAutoCAD Civil 3DRVTAutodesk RevitBIMBuilding Information ModellingIFCIssued For Construccition

1.OBJETO Y ALCANCE DEL DOCUMENTO

Este documento titulado **ESTRATEGIA DE MODELADO DE UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA VIARIA** se encuentra dentro de la normativa asociada al Trabajo de Fin de Master de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería, centro perteneciente a la Universidad de Sevilla para la obtención de los créditos ECTS de la asignatura "Trabajo Fin de Master" de la titulación de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, por parte del alumno D. Ignacio Plaja Benítez, que ha cursado en dicha escuela los estudios correspondientes a dicha titulación, y tiene como objetivo último mostrar una parte de la capacidades profesionales que dichos estudios universitarios le han permitido adquirir.

Este Trabajo de Fin de Master está dentro de la línea de investigación en materia de Construcción Digital aplicada a la Ingeniería Civil que está desarrollando el **Departamento de CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS I**, siendo el tutor de este trabajo, el ingeniero de caminos, canales y puertos D. Blas González González, profesor del Departamento y que imparte la docencia de varias asignaturas del Master indicado, e investigador en la aplicación de la tecnología BIM en materia de construcciones civiles.

1.1 Alcance del Trabajo

El objetivo básico de este trabajo es investigar en una parte concreta de la **tecnología del modelado de información de construcción** (Building Information Modeling1) como es la de la gestión de la información con la que hay que dotar a los modelos BIM si se quiere que estos tengan una verdadera utilidad en la gestión de activos (información para y de la obra) y no se queden en unas simples presentaciones de la geometría 3D de los proyectos, ya validas de por sí.

La construcción digital, de la cual la tecnología BIM es la más recientemente incorporada al sector profesional AEC, está en continuo avance y permite una evolución no vista hasta ahora tano de la tecnología de redacción de proyectos de construcción como de la gestión. de la propia construcción (obra); que en España se está incorporando con lentitud a la docencia universitaria como se deduce de los estudios universitarios.

Por otro lado la contratación pública de proyectos y obras en España, inicia una evolución hacia la implantación de la tecnología BIM en el ámbito de las administraciones públicas con la modificación de la legislación de contratos del sector público en 2.017 y posterior creación en 2.019 de la Comisión Interministerial para implantación BIM en las administraciones públicas españolas, para cumplir con la

¹ BIM es el acrónimo de esta técnica que se estableció definitivamente por el profesor Eastman en su libro [48] sobre BIM que significo la consolidación de esta tecnología en la arquitectura

Directiva 2004/18/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de marzo de 2004, hace necesario la adopción en el campo del proyecto y la ejecución de obras de ingeniería de la tecnología BIM.

Ante estas necesidades actuales para el profesional de la ingeniería civil, el **Grupo BIM Civil** del Departamento de Construcciones Arquitectónicas I de la Universidad de Sevilla, se ha fijado entre sus objetivos implantar la enseñanza de la construcción digital en las asignaturas de la cual es responsable de su docencia, y fruto de esa línea de trabajo se enmarca la investigación acometida en el desarrollo de este trabajo fin de master.

1.2 Objetivo del TFM

El objetivo inicial de este trabajo es el modelado BIM del "Proyecto de Construcción Autovía A-11 Tramo: Aranda de Duero (Soria)" que se desarrolla con tecnología CAD, como una puesta en práctica de los procedimientos habituales en el sector que impliquen un cumplimiento de la metodología del proyecto en cuestión.

Este TFM pretende encuadrarse en modelado de un proyecto mediante la metodología BIM, para poder detectar los problemas del diseño del proyecto antes de llegar a la ejecución en obra.

Por tanto entre sus objetivos del trabajo es generar un modelo BIM del proyecto de construcción redactado, para su eventual modificación, haciendo empleo de la metodología y herramientas BIM. Para ello se pondrá el foco en los modelos BIM correspondientes para conseguir un proyecto completo.

Se determinará los entregables necesarios para lograr un alcance preciso del proyecto y el flujo de trabajo seguido para su elaboración.

Teniendo presente todo lo anterior, resumimos el trabajo en los siguientes puntos:

- Análisis de las condiciones de partida del proyecto para la planificación.
- Modelado de la topografía en BIM (a partir de la topografía del proyecto modificado existente), Modelo de Trazado, Estructuras, Drenaje, Señalización y Federado que aglutinará todo el ecosistema de trabajo BIM. Los modelos se levantarán a partir de la documentación técnica del proyecto provista

La labor de modelado constituye el punto de partida del empleo de la metodología. Con el modelo (que a la postre, son varios modelos coordinados/federados) se tendrá un esquema de información gráfica y no gráfica que permitirá cumplir con los objetivos planteados. Estos modelos tendrán un nivel de desarrollo acorde para garantizar la representación precisa y aproximada de todo el proyecto constructivo planteado.

2. EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

Este trabajo de fin de máster se basa en el proyecto de la Autovía A-11 Tramo: Aranda de Duero con un tramo de longitud aproximada de unos 12,8 kilómetros a lo lardo de los cuales se proyecta un total de 2 enlaces completos y la reposición de 2 km de la carretera N-122, proponiéndose el uso de la actual nacional como vía de servicio entre las travesías de San Esteban de Gormaz landa de Duero.

2.1 Situación Actual

Actualmente la carretera N-122 discurre de forma sensiblemente paralela al cauce del río Duero entre las localidades de San Esteban de Gormaz y Langa de Duero. Ambos núcleos disponen actualmente de variantes que los circunvalan lateralmente al norte de las mismas.

El origen del trazado se sitúa a la altura de la Fábrica de Baterías existente a la altura del punto kilométrico 228 de la actual nacional, punto en el que termina la actual variante de San Esteban de Gormaz en la intersección que conecta con la actual travesía de dicha población. El acceso a la mencionada Fábrica se realiza actualmente mediante una intersección en T canalizada, que posee carriles centrales para el giro a la izquierda, pero no dispone de las oportunas cuñas de cambio de velocidad.

El trazado de la nacional continúa en paralelo al corredor de la línea de FF.CC. abandonada Valladolid - Ariza, dejando a su margen derecha dos nuevas intersecciones en T que permiten el acceso a Rejas de San Esteban (PK 232), así como el núcleo de Velilla de San Esteban (PK 235).

A partir del PK 237 el trazado de la nacional se separa del corredor ferroviario hacia el norte, acercándose a Corrales de la Solana, en la misma zona en la que se permite el acceso a la localidad de Alcozar (PK 238). En la margen izquierda se ubica una franja de suelo urbanizable industrial que ocupa el área existente entre la propia nacional y la mencionada línea de ferrocarril.

Finalmente, el trazado vuelve a disponerse paralelo al FF.CC. a la altura del cruce con el arroyo del Rebollar. Inmediatamente después (PK 241) comienza la variante de Langa de Duero, la cual dispone en este punto de un semienlace para los tráficos en sentido Burgo de Osma.

2.2 Descripción del Proyecto

El tramo objeto presenta una longitud total aproximada de unos 12,8 kilómetros a lo largo de los cuales se proyectan un total de 2 enlaces completos y la reposición de 2 km de la carretera N-122. La red de caminos que resulta interceptada se repone asegurando la comunicación de todas las fincas adyacentes que resultarán afectadas. De igual manera la permeabilidad transversal queda resuelta mediante el diseño de un total de tres pasos superiores, siete inferiores, y dos viaductos. Estas estructuras permiten simultáneamente la reposición de varias vías pecuarias que resultan interceptadas por el trazado a lo largo de su desarrollo.

Las estructuras se presentan soluciones convencionales mediante vigas artesa prefabricadas, vigas doble T, losas in situ o cajones. El drenaje transversal se soluciona con marcos o tubos, en función del diámetro necesario.

El movimiento de tierras se encuentra muy compensado con aportación nula de material de préstamo. Hay aportación de material en las capas de coronación, base y subbase. La geotecnia de la zona no presenta complicaciones reseñables.

Las obras se completan con actuaciones de reposición de servicios, trabajos de señalización, balizamiento y vallado, así como la ejecución de ciertos trabajos provisionales de reposición y desvíos temporales de la carretera actual.



Figura 1.Situación actuación proyecto (Fuente: Proyecto base)

3. METODOLOGÍA

El desarrollo del trabajo de modelado del "Proyecto de Construcción Autovía A-11 Tramo: Aranda del Duero" se ha basado en la realización de modelos digitales de un tramo de autovía con sus respectivas actuaciones bajo la tecnología BIM.

3.1 Documentación de Referencia

Este modelo ha comenzado a ejecutarse cogiendo de referencia documentación técnica del proyecto, como es la memoria y planos, encontrándose estos en formato PDF y DWG.

El proyecto en sí se compone cuatro partes bien diferenciadas como son:

- La Memoria y 29 Anejos de los cuales se han utilizado 9 de ellos para la ejecución del modelado, tal y como se refleja en la Tabla 1.
- 15 carpetas de planos, de los cuales se han utilizado para la elaboración de los modelos, los comentados en la *Tabla* 2.
- El documento del pliego de prescripciones técnicas particulares,
- El presupuesto de la obra.

Los documentos utilizados han sido los reflejados en la siguiente tabla:

Memoria y Anejos	Documentos Exten	
1.1 Memoria	Memoria	DOC
	0.1 Cartografía y Topografía	DOC
	0.6 Geotecnia	DOC
	07.Trazado	DOC
	08. Movimiento de Tierras	DOC
1.2 Anejos	09.Firmes y Pavimentos	DOC
	10. Drenaje	DOC
	11. Geotécnica de Estructuras	DOC
	12. Estructuras	DOC
	14. Señalización	DOC

Tabla 1. Documentos de referencia (Fuente: Proyecto base)

Tanto en la tabla superior como inferior se reflejan cada uno de los documentos y planos necesarios para la elaboración de los modelos.

Planos	Subcarpeta	Documentos	Extensión
	2.3.1. Planta de Trazado y	2.3.1. Planta de Trazado y	DWG
2 3 Trazado de la Autovía	Replanteo Replanteo		Dirig
	2.3.2. Tronco de la Autovía		DWG
	2.3.2.2. Perfil Longitudinal		DWG
		2.4.1.1. Planta General	DWG
	2.4.1. Enlace 1	2.4.1.4. Glorietas	DWG
		2.4.2.2. Perfil Longitudinal	DWG
		2.4.2.1. Planta General	DWG
2.4. Trazado de	2.4.2. Enlace 2	2.4.2.4. Glorietas	DWG
Intersectiones y Linaces		2.4.2.2. Perfil Longitudinal	DWG
	2.4.3. Reposiciones y Pasos	2.4.3.1. Planta General	DWG
	Transversales	2.4.3.2. Perfil Longitudinal	DWG
		2.4.4.1. Planta General	DWG
	2.4.4. Caminos de Servicios	2.4.4.2. Perfil Longitudinal	DWG
2.5. Secciones Tipo	2.5. Secciones Tipo	2.5. Secciones Tipo	DWG
	2.6.1. Tronco Principal	2.6.1. Tronco Principal	DWG
	2.6.2. Enlace 1	2.6.2. Enlace 2	DWG
2.6. Porfilos Transvorsalos	2.6.3. Enlace 2	2.6.3. Enlace 3	DWG
	2.6.4. Reposición y Pasos	2.6.4. Reposición y Pasos	DWG
	Transversales	Transversales	DWG
	2.6.5. Caminos de Servicio	2.6.5. Caminos de Servicio	DWG
	2.7.1. PI	2.7.1. PI	DWG
	2.7.2. PI	2.7.2. PI	DWG
	2.7.3. PS	2.7.3. PS	DWG
	2.7.4. Viaducto	2.7.4. Viaducto	DWG
	2.7.5. PS	2.7.5. PS	DWG
2.7 Estructuras	2.7.6. PI	2.7.6. PI	DWG
	2.7.7.PS	2.7.7.PS	DWG
	2.7.8. PI	2.7.8. PI	DWG
	2.7.9. PI	2.7.9. PI	DWG
	2.7.10. Viaducto	2.7.10. Viaducto	DWG
	2.7.11. PI	2.7.11. PI	DWG
	2.8.1. Planta Drenaje	2.8.1. Planta Drenaje	DWG
2.8. Drenaje	2.8.2. Drenaje Transversal	2.8.2. Drenaje Transversal	DWG
	2.8.3. Detalles Drenaje	2.8.3. Detalles Drenaje	DWG
2.10. Señalización	2.10.3. Detalles	2.10.3. Detalles	DWG
2.15. Levantamiento Topográfico	2.15. Levantamiento Topográfico	2.15. Levantamiento Topográfico	DWG

Tabla 2. Archivos de referencia (Fuente: Proyecto base)

3.2 Estrategia de Modelado

Según [1], el concepto de estrategia se define como según en un proceso regulable, conjunto de las reglas que aseguran una decisión óptima en cada momento. Por tanto, enfocada a la ejecución de los diferentes modelos que se han generado, se ha considerado una cierta estrategia que se ha desarrollado con mayor grado de detalle en los diferentes flujos que se han ejecutado, que explican la forma de trabajo y los pasos dados para alcanzar el objetivo propuesto de elaborar el tramo de autovía con los diferentes servicios afectados.

Previo al comienzo del modelado, se ha realizado una estrategia de acuerdo con la envergadura del proyecto. Teniendo en cuenta que se iban a utilizar varias herramientas, había que considerar que flujo de trabajo ejecutar de acuerdo con el objetivo del proyecto.

Se observó que para el uso de la herramienta de Revit el flujo de trabajo iba a ser el de generar a partir de la documentación de proyecto, las distintas familias cargables que facilitasen el modelado, además de elaborar de acuerdo con la cantidad de elementos un archivo por elemento o todos los elementos de una misma disciplina en un mismo archivo. Todo esto viene reflejado más adelante en el apartado Modelos Efectuados con mayor grado de detalle.

En cambio, para el flujo de trabajo con AutoCAD Civil 3D, la cosa fue diferente.

La adopción de AutoCAD Civil 3D como herramienta para el modelado, permite la posibilidad de trabajo en grupo, adopción de plantillas para departamentos, mecanización de los procesos, acabado completo de los trabajos con un grado de detalle muy elevado.

El flujo de trabajo en Civil 3D está diseñado para facilitar que una misma persona lleve a cabo el trabajo de diseño, de trazado y de terminación final de planos y listados, de forma sencilla y rápida. Se pueden incluir tablas de datos en los planos con actualización automática vinculada a la geometría u otros parámetros del diseño del proyecto.

La edición final de planos puede hacerse manualmente, o a través de herramientas que automatizan la generación de planos y la impresión de todo el proyecto. Con la solución Civil 3D, se realizan estas tareas de forma automática, pudiendo realizar cambios en los datos básicos que quedarán reflejados de inmediato en los resultados de listados y planos.

Como se ha comentado anteriormente, existen dos maneras de trabajar en AutoCAD Civil 3D:

- Accesos Directos a datos: Una forma más sencilla pasa por la utilización de "Accesos directos" que conceptualmente opera de una forma semejante a las referencias externas.
 - Es una forma sencilla que no precisa de servidor de datos y que principalmente está enfocada al uso de la herramienta en grupos de trabajo de pequeño tamaño, o incluso que son llevados a cabo por una sola persona.
 - Los archivos quedan bien organizados y son fácilmente localizables a través de una plantilla de carpetas configurable, que permite llevar un control racional del almacenamiento de la información.

 Todo en un Dibujo: Existe una segunda forma de desarrollar un proyecto dentro de Civil 3D, que es la realización de todo el trabajo dentro de un único fichero, lo que aporta en principio una gran velocidad de acceso a la información sin necesidad de crear referencias a objetos.

Conceptualmente es el sistema más sencillo e intuitivo y ofrece las ventajas de almacenar toda la información en un solo archivo de dibujo, con la rapidez de acceder y ver información del producto sin tener que crear referencias a los objetos de Civil 3D o abrir otros dibujos. Sin embargo, su principal desventaja es la de limitar el acceso simultáneo de otros usuarios a los elementos de diseño.

Por otro lado, cuando el proyecto tiene una cierta envergadura genera ficheros de tamaño excesivo que limitan la fluidez de las operaciones. Por tanto, este método sólo es aconsejable en pequeños trabajos.

Ante estas dos posibilidades de trabajo, y debido a la falta de experiencia con la forma de trabajo mediante accesos directos, se propuso la elección de todo en un dibujo.

Esta elección tuvo grandes repercusiones, ya que, debido a la gran longitud de la obra, se decidió la división de este en tres partes, separándose en puntos concretos en los que no se viene afectado ningún servicio, o la repercusión fuese lo menor posible. Otro de los inconvenientes fue a la hora del trabajo de los archivos de obra lineal, ya que el peso de los mismos dificultaba su trabajo diario. En cambio, como gran ventaja, fue la rapidez para poder acceder a la información, ya que la forma de trabajo era muy similar a la seguida para la herramienta AutoCAD.

Todo eso conlleva una decisión que en las conclusiones del documento se ha explicado con mayor grado de detalle.

3.3 Herramientas de Modelado

Las herramientas presentes del mercado para el diseño de obras lineales, se encuentra en constante desarrollo, ofreciendo actualizaciones cada año para mejorar y para ser más competitivas.

3.3.1 Herramientas para obras lineales

El panorama de las herramientas BIM para obras lineales es bastante amplia, entre las que podemos mencionar:

- AutoCAD Civil 3D

Herramienta de la casa Autodesk especializada en el trazado de obras lineales y permite que el diseño de ingeniería civil sea más fácil, inteligente y rápido.

- Power Civil

Es una herramienta desarrollada por Bentley, la cual es completa y versátil que ofrece soluciones integrales para el diseño y construcción de todo tipo de proyectos de ingeniería y de obras.

Power Civil automatiza el diseño y modelizado de emplazamientos junto con modelos relacionados para exploraciones de situaciones en tiempo real. Diseñadores, ingenieros

y topógrafos comparten un único entorno.

- Istram

ISTRAM es una aplicación para el diseño de proyectos de ingeniería civil. Permite mecanizar los datos geométricos de los diferentes elementos del proyecto, obteniendo resultados gráficos e información de manera inmediata, sin necesidad de acudir a cuadros de diálogos complejos.

- OpenRoads e Infraworks

Según [5], los desarrolladores Autodesk y Bentley han puesto en el mercado Infraworks y OpenRoads. Ambas están orientadas al campo de la preingeniería y se focalizan en realizar una planificación previa del encaje y en el análisis del impacto de las infraestructuras sobre el terreno. Su utilidad se centra en proporcionar información para la toma de decisiones en las etapas tempranas de diseño. Hay que diferenciar entre ambas que Open Roads es completo como C3D e Infraworks es una herramienta de prediseño.

Estos softwares permiten definir de forma genérica las alineaciones en planta y verticales de obras lineales, las secciones tipo... También pueden introducir estructuras como puentes cuando es necesario salvar desniveles.

Permiten realizar importantes estimaciones para determinar los movimientos de tierras, y su encaje en el terreno. Los datos generados se pueden exportar a otros softwares como AutoCAD Civil 3D, y con ello tener un flujo de trabajo más abierto y poder desarrollar una continuidad en el proyecto en base a la planificación inicial establecida.

No obstante, considero que con las herramientas que hay en el mercado español, se puede alcanzar el objetivo del proyecto:

- AutoCAD Civil 3D

Es la herramienta con la que se ha trabajado este Trabajo de Fin de Maste. C3D permite flujos de trabajo de modelado de la información para la construcción, permitiendo la ejecución de tareas de diseño, análisis e implementación de cambios de manera dinámica.

- Ispol Istram

ISTRAM es una aplicación para el diseño de proyectos de ingeniería civil. A diferencia de otros programas, el entorno de trabajo esta específicamente diseñado para permitir al ingeniero mecanizar los datos geométricos y de los diferentes elementos del proyecto.

La estructura modular permite proyectar todo tipo de obras civiles, desde carreteras, autopistas, hasta proyectos de ferrocarriles y redes de abastecimientos.

Estudiando y viendo los pros y los contras de cada uno, se puede decir que con ambos softwares se puede alcanzar el objetivo de este proyecto, modelar un tramo de autovía con sus diferentes agentes intervinientes, aunque decantación de un software u otro la precipito tanto el hecho de que poseía cierta experiencia ante las herramienta de la casa Autodesk y además por el hecho de que las licencias de la misma las tenía de manera gratuita y en cambio las de la Istram eran de pago.

3.3.2 Herramientas Utilizadas

De acuerdo con lo establecido en el apartado anterior, se decidió establecer el flujo de trabajo propio de la casa Autodesk, en el cual se han utilizado las siguientes

herramientas:

- AutoCAD Civil 3D

AutoCAD Civil 3D es un programa especializado para el diseño de obras civiles que utiliza la plataforma de AutoCAD. Permite que el diseño de ingeniería civil sea más fácil, inteligente y rápido.



Figura 2. Autodesk AutoCAD civil 3D (Fuente: AutoCAD Civil 3D)

Dentro de las **funcionalidades** que posee las herramientas, permite acelerar las tareas de diseño, análisis e implementación de cambios. Entre ellas podemos destacar:

- Modelado de obra lineal: el modelado de la obra lineal ayuda a crear modelos avanzados para diseñar carreteras, autopistas y otros sistemas de transporte.
- Se pueden desarrollar trabajo con superficies, alineaciones, explanaciones e incluso redes de tubería.
- Permite generar la documentación necesaria para las obras lineales, explanaciones, movimiento de tierras o sistemas de tuberías.
- Interoperabilidad con herramienta de modelado BIM 3D. permite exportar los modelos en distintos formatos. Se puede exportar los modelos a Infraworks, una herramienta que permite visualizar la obra.
- Interoperabilidad con herramientas de planificación y costes.

En lo referente a los requisitos de software utilizados, para el desarrollo del modelo de la obra lineal se ha considerado la utilización de la versión 2020 de esta herramienta, algo que se ha hecho constante para las demás herramientas, facilitando así la interoperabilidad y el intercambio de información entre softwares.

- REVIT

Autodesk Revit es un software de diseño inteligente de modelado para arquitectura e ingeniería, que facilita las tares de diseño de proyecto y los procesos de trabajo. Se caracteriza ya que todo lo que se modela es mediante objetos inteligentes (familias paramétricas) y obtenidos en 3d.



Figura 3. Autodesk Revit (Fuente: Autodesk Revit)

Dentro de las **funcionalidades** que posee la herramienta, tiene la capacidad de coordinarse automáticamente, agilizando el tiempo de trabajo y minimizando el riesgo de cometer errores. Entre ellas podemos destacar:

- Diseñar, elaboración de un proyecto desde cero, realización de cambios (modificaciones de proyecto), representar varias fases de proyecto en el mismo archivo, simulaciones... Además, cuenta con herramientas para la consecución de hitos desde cero. Permite no solo la colocación de elementos sino calcular áreas por regiones, por plantas, mostrar varias opciones de diseño de la misma estructura en el mismo archivo, etc.
- Colaborar; Revit cuenta con funcionalidades propias para todas las disciplinas y agentes implicados en el proceso de creación de un proyecto de construcción, trabajando todos de manera unificada en una única plataforma, por tanto, se fomenta el trabajo colaborativo tan importante para la Metodología BIM. Además, permite el trabajo de forma simultánea de varios profesionales sobre un mismo archivo al mismo tiempo.
- Visualizar; Debido a su simulación en 3D permite visualizar de una manera más real el conjunto del trabajo y obtener una visión más realista del proyecto, de su consecución final.

En lo referente a los requisitos de software utilizados, para el desarrollo de los modelos de Estructuras, Drenaje transversal y Señalización se ha considerado la utilización de la versión 2020 de esta herramienta, para facilitar la interoperabilidad entre softwares.

- NAVISWORKS

Autodesk Navisworks es un software que permite la simulación, la coordinación, el análisis y la comunicación 5D, evaluando la viabilidad constructiva de los diseños. Los datos de los diseños multidisciplinares creados en una amplia gama de aplicaciones (modelado digital, diseño de vistas...) se pueden combinar en un único modelo de proyecto integrado.



Figura 4. Autodesk Navisworks (Fuente: Autodesk Navisworks)

Dentro de las **funcionalidades** que posee la herramienta, permite la planificación 4D, cuantificación, coste, animación y visualización para así poder desarrollar los diseños y simular las construcciones. Además, podemos destacar:

- Permite la navegación en tiempo real combinada con un conjunto de herramientas de revisión.
- Permite la publicación de proyectos, para así aportar archivos digitales de gran valor desde la fase de diseño y durante la construcción.
- Permite la detección de errores de modelado, gracias a la administración de interferencias.

En lo referente a los requisitos de software utilizados, para el desarrollo del modelo de Coordinación y federación de todos los anteriores se ha considerado la utilización de la versión 2020 de esta herramienta, para facilitar la interoperabilidad entre softwares.

3.3.2.1 **Requisitos Hardware**

Se ha trabajado con un equipo cuyos componentes son suficientes para poder desarrollar el proyecto.

Formatos generados y soportados	Todos los formatos establecidos en el listado de software	
Sistema Operativo mínimo	Microsoft® Windows 7 de 64 bits	
Unidad Central de Procesamiento (CPU)	Procesador Intel® Pentium, Xeon o i-Series de uno o varios núcleos, o procesadores AMD equivalentes que utilicen la tecnología SSE2.	
	1 TB + 256 GB SSD	
Disco Duro	5-10 GB de espacio libre en disco	
	10.000 + RPM o unidad de estado sólido.	
Memoria RAM	16 GB (Válido para una sesión de edición estándar, con un solo modelo de hasta aproximadamente 200 MB en el disco.	
Gráficos/Adaptador de video	Tarjeta gráfica compatible con DirectX 11 con Shader Model 5	
Resolución de pantalla	una resolución de 1280x1024 px	

Tabla 3. Hardware (Fuente: Elaboración propia)

3.3.2.2 **Requisitos Software**

En cuanto al software y versiones utilizadas para la ejecución de los diferentes modelos han sido los siguientes:

Disciplina/Modelos	Software	Versión	Formato
Topografía	AutoCAD Civil 3D	2020	.dwg
Obra Lineal	AutoCAD Civil 3D	2020	.dwg
Estructuras	Autodesk Revit	2020	.rvt
Drenaje	Autodesk Revit	2020	.rvt
Señalización	Autodesk Revit	2020	.rvt
Coordinación	Navisworks Manage	2020	.nwc/.nwd/.nwf

Tabla 4. Software (Fuente: Elaboración propia)

4. Gestión de la Información

El proceso de gestión de la información, bajo metodología BIM siguiendo la normativa vigente ISO 19650 [6], que incluye su desarrollo y entrega, se ha aplicado durante toda la fase de desarrollo del proyecto.

Considerándose como un punto clave que hace de engranaje para toda la metodología. Es vital que la interoperabilidad sea efectiva con toda la cadena de valor.

Hay que conseguir que la relación entre software, con sus respectivas referencias o archivos enlazados, sea exitosa y fácil de comprender, así como la gestión de alcances entre las distintas disciplinas que garantizarán que el modelo cumple las especificaciones correspondientes y que no tiene interferencias de calado.

Todo el sistema de coordinación estará implementado en una estructura de carpetas donde se encuentra la información dividida por disciplinas. Esta estructura de carpetas locales permitirá la compartición de información cuando se obtenga una cierta calidad en los modelos, ya sea para revisión, para coordinación o finalización de los procesos.

Tomando como referencia los principios básicos de un Entorno Común de Datos, las fases principales que determinan el estado de la información, por los cuales han ido pasando los modelos son las siguientes:

- **En progreso**: Información de diseño no verificada. Corresponde al trabajo en progreso de cada disciplina. Carpeta en la cual se ha estado trabajando cada una de las disciplinas.

En Progreso
Modelo Obra Lineal
Modelo Estructuras
Modelo Drenaje Transversal
Modelo Señalización

Tabla 5. Estado en Progreso (Fuente: Elaboración propia)

En la fase de trabajo, se han ido elaborando cada uno de los modelos de acuerdo a su disciplina.

 Compartido: Información de diseño verificada. Corresponde a la información que es apta para ser compartida con el propósito de habilitar la colaboración multidisciplinar.

Compartido
Modelo Obra Lineal
Modelo Estructuras
Modelo Drenaje Transversal
Modelo Señalización
Modelo Federado

Tabla 6. Estado Compartido (Fuente: Elaboración propia)
En cuanto a la carpeta de compartido, se fue depositando cada uno de los modelos terminados, dándole acceso a la información al director del proyecto para que pudiese detectar errores o confirmar la buena calidad de ejecución de cada uno de los modelos.

Una vez que se confirmó esa calidad de modelos, se pasó a la federación de los mismos, unificándose las disciplinas.

 Publicado: Información de diseño coordinada y validada con el propósito de ser entregada oficialmente.

Una vez que se ha dado por bueno el Modelo Federado, se traslada a la carpeta de Publicado en la cual, aparece toda la estructura de modelos generados.

- Archivado: Información de diseño aprobada y registrada por el cliente. Registro histórico del proyecto.

Se muestra a continuación la estructura de Carpetas enviada, junto con algunos pequeños ejemplos de ello:

Archivado	Subcarpetas	Modelo	Formato
	Tramo 01	1902_PBB_01_OL_CENTRAL	DWG
	Traffic O1	1902_PBB_01_OL_CENTRAL	NWD
Madala Ohra Lingal	Tramo 02	1902_PBB_02_OL_CENTRAL	DWG
	Traffic 02	1902_PBB_02_OL_CENTRAL	NWD
	Trama 02	1902_PBB_03_OL_CENTRAL	DWG
	Tramo 03	1902_PBB_03_OL_CENTRAL	NWD
) (in durate	1902_PBB_01_STR_VIA_3+345	RVT
	Viaducio	1902_PBB_01_STR_VIA_3+346	NWD
Madala Estructuras	Dasa Supariar	1902_PBB_01_STR_PS_5+160	RVT
MOUEIO ESCIUCIUIAS	Paso Superior	1902_PBB_01_STR_PS_5+161	NWD
	Daca Infariar	1902_PBB_01_STR_PI_1+100	RVT
	Paso interior	1902_PBB_01_STR_PI_1+101	NWD
Modelo Dronaio Transvorsal	-	1902_PPB_03_ODT_E2_REP2_0+0239	RVT
would brendje fransversa	-	1902_PPB_03_ODT_E2_REP2_0+0240	NWD
Madala Cañalización	-	1902_PBB_SE	RVT
	-	1902_PBB_SE	NWD
Modelo Federado	-	1902_PBB_COO	NWF

Tabla 7. Estructura de Carpetas (Fuente: Elaboración propia)

Tal y como se define en [2], un flujo de trabajo es "la secuencia de procesos por lo que atraviesa una parte del trabajo, desde su inicio hasta tu finalización", es decir, el método que se establece para lograr terminar una actividad. El objetivo de esos flujos es aumentar la productiva en el trabajo.

A continuación, se muestra una explicación y representación de los flujos seguidos para la generación de cada uno de los modelos que definen el proyecto.

5.1 Flujo de Obra lineal

Debe comentarse que el flujo seguido para la generación de la obra lineal en los tres tramos de separación del proyecto ha sido el mismo, salvando las diferencias en la parte de las secciones paramétricas de cada uno de los subtramos que definen los tramos.

Para su ejecución, se arrancó con la citada herramienta de modelado AutoCAD Civil 3D, incorporando la plantilla de trabajo específica, la cual estaba dotada de la información suficiente para facilitar todo el trabajo de visualización de estilos de objetos y de etiquetas a crear. A continuación, se incorporó el modelo digital del terreno, a partir del cual se pudo trazar cada uno de los ejes de todas las vías pertenecientes al modelo. Tras una aprobación de los mismos, se continuó con la división en subtramos de acuerdo con las distintas secciones previamente definidas por el proyecto base, obligando a generar los distintos ensamblajes, definiendo los carriles, capas, zanjas y demás características. Una vez encajada todas las vías y con sus respectivas secciones, se pasó a la generación de las obras lineales, tantas como ejes se habían definido. Se tuvo que ejecutar distintos procesos específicos para poder refinar cada una de estas obras, para que una vez finalizado, pudiese exportarse la superficie exterior de la carretera y permitiese la integración de superficies junto con la del modelo digital del terreno, obteniendo como resultado final los sólidos de los firmes.

Este flujo de generación de las obras lineales finalizo de esta manera, quedando en ciertos aspectos de la metodología BIM incompleto. Por ello, en Futuras líneas de mejora se ha implementado cada uno de estos aspectos para poder cerrar el círculo acerca de la citada metodología.

5.1.1 Obra lineal tramo 01



Figura 5: Flujo de trabajo Obra Lineal tramo 01 (Fuente: Elaboración Propia)

5.1.2 Obra lineal tramo 02



Figura 6: Flujo de trabajo Obra Lineal tramo 02 (Fuente: Elaboración Propia)

5.1.3 Obra lineal tramo 03



Figura 7: Flujo de trabajo Obra Lineal tramo 03 (Fuente: Elaboración Propia)

5.2 Flujo Estructuras

Para la ejecución de cada una de las estructuras del proyecto, se ha seguido el mismo flujo de trabajo, haciéndose distinción en la generación de familias cargables en función de si era un paso superior, paso inferior o un viaducto, debido a la composición de cada una de las estructuras.

La ejecución de las estructuras se inició abriendo la herramienta Autodesk Revit, cagando la familia de estructuras, vinculando el fichero CAD proveniente de la documentación de proyecto y generando los distintos niveles y rejillas para facilitar su ejecución, teniendo en cuenta que, cada una de ellas era independiente de las demás. Tras ello, se empezaron a generar distintos tipos de familias cargables, tales como pilas, apoyos y estribos para los pasos superiores, pilas y estribos para los viaductos y aletas y marcos para los pasos inferiores, que junto con las distintas familias de sistema o proyecto se pudo generar cada uno de los modelos, tras parametrizar geolocalizar y refinar su geometría.

Este flujo de generación de las estructuras finalizó de esta manera, quedando en ciertos aspectos de la metodología BIM incompleto. Por ello, en Futuras líneas de mejora se ha implementado cada uno de estos aspectos para poder cerrar el círculo acerca de la citada metodología.

5.2.1 Paso Superior



Figura 8: Flujo de trabajo Paso Superior (Fuente: Elaboración Propia)

bizogi Modeler

5.2.2 Paso inferior



Figura 9: Flujo de trabajo Paso Inferior (Fuente: Elaboración Propia)

bizagi Modeler

5.2.3 Viaducto

Figura 10: Flujo de trabajo Viaducto (Fuente: Elaboración Propia)

Powered by bizogi Modeler

5.3 Flujo de Drenaje

Comentarse que el modelado del drenaje en este caso únicamente hace referencia a las Obras de drenaje transversal que se encuentran definidas en el proyecto.

Para la ejecución de estás, al igual que con las estructuras se inició abriendo la herramienta Autodesk Revit, cagando la familia de estructuras, vinculando el fichero CAD proveniente de la documentación de proyecto y generando los distintos niveles y rejillas para facilitar su ejecución, teniendo en cuenta que, cada una de ellas era independiente de las demás. Tras ello, se empezaron a generar las familias cargables, siendo estas arquetas, embocadura y tubería. Una vez creadas se permitió elaborar cada una de las obras de drenaje transversal, asignándole las características de cada una y la ubicación de esta.

De nuevo, como flujos anteriores, finalizó de esta manera, quedando en ciertos aspectos de la metodología BIM incompleto. Por ello, en Futuras líneas de mejora se ha implementado cada uno de estos aspectos para poder cerrar el círculo acerca de la citada metodología.

Figura 11: Flujo de trabajo Obras de drenaje transversal (Fuente: Elaboración Propia)

5.4 Flujo de Señalización

El flujo de señalización tuvo una peculiaridad es que, todas las señales se ejecutaron en un mismo archivo, por lo que este fue uno de los mas laboriosos.

Para la ejecución de estás, se inició abriendo la herramienta Autodesk Revit, cagando la plantilla arquitectónica, por ser la más generalista, vinculando el fichero CAD proveniente de la documentación de proyecto y generando los distintos niveles y rejillas para facilitar su ejecución. Tras ello, se empezaron a generar las familias cargables, siendo estas señales de reglamentación, señales de advertencia de peligro y señales de indicación. Una vez creadas se procedió a elaborar cada una de las señales, asignándole las características de cada una y la ubicación de esta.

De nuevo, como flujos anteriores, finalizó de esta manera, quedando en ciertos aspectos de la metodología BIM incompleto. Por ello, en Futuras líneas de mejora se ha implementado cada uno de estos aspectos para poder cerrar el círculo acerca de la citada metodología

Figura 12: Flujo de trabajo Señalización vertical (Fuente: Elaboración Propia)

5.5 Flujo de Coordinación

Por último, tras haber realizado todos los modelos, tanto de la obra lineal como de los agentes afectados, el siguiente paso fue el de la coordinación de todos ellos para poder generar un único modelo que contuviese todos ellos.

Para ello, se utilizó la herramienta de Autodesk Navisworks, en la cual se fueron introduciendo cada uno de los modelos en el formato nativo .nwc. Los modelos introducidos fueron los 3 tramos de la obra lineal, los 3 modelos de pasos superiores, los 2 viaductos, los 6 pasos inferiores, las 81 obras de drenaje transversal y el modelo de señalización vertical. Tras la unión de todo ellos, comenzó la ejecución de interferencias entre los modelos, teniendo en cuenta cuales eran los puntos críticos de uniones entre modelos, gracias a la matriz de tolerancia de interferencias. Este hecho permitía localizar las imperfecciones del modelo, alcanzando así un modelo federado final del proyecto de calidad.

Figura 13: Flujo de trabajo Coordinación (Fuente: Elaboración Propia)

Según [7], el concepto de plantilla se define como un modelo o guía de un escrito. En este caso que nos incumbe, se va a hablar de varios tipos de plantillas, de acuerdo con la herramienta utilizada.

El proceso de creación y preparación de las plantillas de proyecto, así como la biblioteca de familias es una tarea necesaria para garantizar la calidad de la información en el trabajo. Es importante la limpieza y homogeneización de familias, del propio proyecto y de las plantillas de trabajo, para no arrastrar errores en el proyecto, así como plantear la segregación de archivos definitiva, los niveles de trabajo u otro tipo de información relevante.

A continuación, se desarrolla cada una de las plantillas utilizadas de acuerdo a su software, explicando a detalle el proceso seguido para su consecución.

6.1 Plantillas para Autodesk Civil 3D

La plantilla en Civil 3D sirve para administrar la configuración, las capas, otros compones de dibujo además de asignar estilos ya creados previamente, es decir, los estilos creados en anteriores proyectos o dibujos se pueden unificar en las plantillas para ser utilizados en tantos dibujos como se precise, guardando así el formato de representación de planos.

Cuando se inicia cualquier proyecto en la herramienta Civil 3D, tiene por defecto arrancar sobre una plantilla tipo, la Métrico o la Imperial. Estas plantillas contienen una información básica tanto de estilos de etiquetas como de objetos, como para poder ejecutar cualquier proyecto. Es por ello, por lo que, se decidió invertir al inicio del trabajo, tiempo en adaptar y completar una plantilla lo suficientemente como para que en proyectos en adelante no fuese necesario dedicarle tiempo en la edición de estilos de visualización, de objetos o de planos.

Cabe mencionarse que los estilos controlan el aspecto de los objetos de dibujo, las etiquetas y las tablas. Todos los objetos tienen una capa base en la que reside físicamente el objeto y capas de componente que controlan la visualización de los componentes de objetos, como pueden ser triángulos o incluso curvas de nivel de superficie.

Se pueden crear distintos estilos para la representación de los objetos en función de su uso o visualización de la información para los distintos entes que puedan intervenir en el proyecto.

Se diferencias dos tipos de estilos para esta herramienta:

- Estilos de Objeto:

Contienen la información, las características, el control de su visualización y del comportamiento de un determinado objeto. Con estos estilos se permite el control de como se va a mostrar en pantalla una alineación, una superficie un eje o una obra lineal.

Figura 14. Paleta de herramientas (Fuente: AutoCAD Civil 3D)

Se editaron varios estilos de representación, como puede observarse en la Configuración dentro del Espacio de Herramientas, en este caso dentro del estilo de alineación, se puede observar cómo se editó cierta información tanto en el diseño como en las marcas como en la visualización final.

nacada [baeha] Marcas Visualización Resument thre: Creado por: Fecha de resedui: Bis [b] 20197/2020 141:81:35 Medifacia por Oltima vez por: Pecha de resultaria tino de a Anacada in enterioria. Medifacia por Oltima vez por: Pecha de resultaria Medifacia por Oltima vez por: Pecha de resultaria Pecha de resultaria Pereconfe negaria Pereconfe negar	Estilo de alineación - Alineación - Diseño y Análisis -											
ntere: Creade por: Fecha de rosados: neacos: Duade y Antias - 1 Medicado por última ver; Edela de maticación: Biaja Medicado por última ver; Echa de medicación: Biaja Medicado por última ver; Anaección Distrencoch negaral menta: Medicado por última ver; Anaección Distrencoch negaral menta: Medicado por última ver; Medicado de Bia Distrencoch negaral menta: Medicado por última ver; Medicado de Bia Medicado de componente: Medicado de componente: Med	rmación Diseño Marcas Visualización Resumen				Información D	iseño Marcas Vis	sualización Resu	men				
neede-loefdy Adeltes - 1 Isragedine tripadine tripadin tripadine tripadine tripadine tripadi	ombre:	Creado por: F	echa de creación:		Puntos de ali	neación:						
vorpacki: bio de Aliascán El modelo no es valisie en 30. voltos de paso Partos de paso Partos de paso Partos de paso Partos de paso Partos de paso Partos de paso Comentia - Aliascán Partos de paso Comentia - Aliascán Partos de paso Comentia - Aliascán Comentia - Aliascán Partos de paso Comentia - Aliascán Comentia - Aliascán Partos de paso Comentia - Aliascán Comentia - Aliascán Partos de paso Comentia - Aliascán Partos Comentia - Aliascán Partos	Alineación - Diseño y Análisis - 1	Iplaja :	28/08/2004 20:10:	36	Nombre			Esti	o de marca			
tie de Alleezdin. El modelio no es visible en 30. terren métrico.	escripción:	Modificado por última vez por: F	echa de modificacio	ón:	Vértice			Geo	metria - Alineación			1
terma métrio.	stilo de Alineación. El modelo no es visible en 3D.	iplaja	22/07/2020 14:18:	15	Puntos de pa	so		Geor	metria - Alineación			17
Image: Conceler Aplicar Aplicar <t< td=""><td>listema métrico.</td><td></td><td></td><td></td><td>Punto de ref</td><td>erencia de P.K.</td><td></td><td>Geor</td><td>metria - Alineación</td><td></td><td></td><td>1</td></t<>	listema métrico.				Punto de ref	erencia de P.K.		Geor	metria - Alineación			1
Image: Constant Allencedin Image: Constant Allencedin Image: Constent Allence Image: Constant All					Inicio de alin	eación		Geor	metria - Alineación			1
Image: Second	\checkmark				Fin de alinea	ción		Geor	metria - Alineación			1
Aceptar Cencelar Aplicar Apuda Aceptar Cencelar Aplicar					Intersección	línea espiral		Geor	metria - Alineación			6
Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda Aceptar Cancelar <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Intersección</td> <td>espiral a curva</td> <td></td> <td>Geor</td> <td>metria - Alineación</td> <td></td> <td></td> <td></td>					Intersección	espiral a curva		Geor	metria - Alineación			
Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda Isternación fue apiral inversa Cancelar Aplicar Ayuda Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda Información Diseño y Análisis - 1 — — × X Y: Z:					Intersección	espiral espiral		Geor	metria - Alineación			
Extremo Curve Service Lecometro - Aniescon Extremo Curve Service Extremo Curve Service Tipo: Opciones de tamaño: mm Opciones de tamaño: mm Opciones de tamaño: Muso Opciones de ajuste: X: Y: X: Y: Z: 1.000 1.000 1.000 Aceptar Anceptar Aplicar Visalización de vista: Pietra Y: Visalización de vista: Visalización fesumen Visalización de vista: Visalización de vista: Visalización de vista: Pietra Visalización de vista: Visalización fesumen Visalización de vista: Tipo de componente: Visalización de vista: Pietra Linea C ALINE: PORC. PorCapa PorCapa C ALINE: PORC. PorCapa PorCapa PorCapa Extensiones de linea C ALINE: PORC. PorCapa PorCapa Extensiones de targente C ALINE: PORC. PorCapa PorCapa Una Concorde corda C ALINE: PORC. PorCapa PorCapa Extensiones de targente					Intersección	de espiral inversa		Geor	metria - Alineación			
Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda Escala fija Y: Z: Diaminuir V: 000 1.000 1.000 1.000 Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda Aceptar Cancelar Aplicar Ayu Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda Aceptar Cancelar Aplicar Ayu Imformación Diseño y Análisis - 1 - - × Imformación Diseño y Análisis - 1 - - × Imformación Diseño y Análisis - 1 - - × Visualización de vitat: - - × - - × Información Orientación de vitat: - - - × -					Interseccion	curva espiral		[Geoi	metria - Alineacion			m
Image: Second Figure Second					Extremo de	cota		Oneinnend	la tamaño.			
Cancelar Aplicar Ayuda Concepa Cancelar Aplicar Ayuda Cancelar Aplicar Ayuda Cancelar Aplicar Ayuda Cancelar Aplicar Ayuda Concepa Cancelar Aplicar Ayuda Cancelar Aplicar Ayuda Concepa Cancelar Aplicar Ayuda Cancelar Aplicar Ayuda Cancelar Ayuda Concepa Cancelar Aplicar Ayuda Cancelar Aplicar Ayuda Concepa Cancelar Aplicar Ayuda Cancelar Aplicar Ayuda Cancelar Aplicar Ayuda Concepa Cancelar Aplicar Ayuda Concencepa Ca					Tipo:			Opciones d	le da dibuía		0.005	
Opcones de ajuste: Piscula fija X: Y: X: Y: 1.000 1.000 Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda Aceptar Cancelar Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda Aceptar Cancelar Y: Y: Y:					D Cerra	do en blanco	~	Usar esca	la de dibujo	~	0.005	
Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda X: Y: Z: IL000 IL000 IL000 IL000 IL000 IL000 Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda Aceptar Cancelar Aplicar Ayu Image: Static de alineación - Alineación - Diseño y Análisis - 1 - - X Image: Static de alineación - Alineación - Diseño y Análisis - 1 - - X Image: Static de alineación - Alineación - Diseño y Análisis - 1 - - X Image: Static de visita: - - - X Image: Static de visita: - - - - - Visualización de componente: -									Escala fija			
Acceptar Cancelar Aplicar Ayuda Acceptar Cancelar Aplicar Ayu Acceptar Cancelar Aplicar Ayuda Acceptar Cancelar Aplicar Ayu Estilo de alineación - Diseño y Análisis - 1 - - × Información Divisito Parcas Visualización fesumen - × Orientación de vita: - - × - - × Visualización de componente: - </td <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Opciones</td> <td>de ajuste:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>14</td> <td></td> <td></td>					Opciones	de ajuste:				14		
Aceptar Cancelar Aglcar Ayuda Aceptar Cancelar Aglcar Ayu					Disminuir		\sim		X:	Y:	Z:	
Acceptor Cancelar Aplicar Ayuda Acceptor Cancelar Aplicar Ayu Estilo de alineación - Diseño y Análisis - 1 — X Aplicar Ayu Ayu									1.000	1.000	1.000	
Orientación de vista: Florita Visible Calar Crosor-, Estilo Línea Q C-ALINE. PORC., PorCapa 1 PorCapa PorCapa Línea Q C-ALINE. PORC., PorCapa 1 PorCapa PorCapa Espriral Q C-ALINE. PORC., PorCapa 1 PorCapa Flecha Q C-ALINE. PORC., PorCapa 1 PorCapa Extensiones de línea Q C-ALINE. PORC., PorCapa 1 PorCapa Extensiones de línea Q C-ALINE. PORC., PorCapa 1 PorCapa Extensiones de tangente Q C-ALINE. PORC., PorCapa 1 PorCapa Extensiones de davertencia Q PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa Extensiones de davertencia Q C-ALINE. PORC., DorCapa PorCapa PorCapa Símbolo de advertencia Q C-ALINE. <t< th=""><th></th><th>Aceptar Cancelar</th><th>Aplicar ión - Alineación -</th><th>Ayuda Diseño y</th><th>Análisis - 1</th><th></th><th></th><th></th><th>Aceptar Ca</th><th>ancelar</th><th>Aplicar</th><th>Ay</th></t<>		Aceptar Cancelar	Aplicar ión - Alineación -	Ayuda Diseño y	Análisis - 1				Aceptar Ca	ancelar	Aplicar	Ay
Planta Visualización de componente: Tipo da componente: Visible Capa Color Tipo d Escala Grosor Estala Línea Q C-ALINE. PORCPorCapa 1 PorCapa PorCapa Curva Q C-ALINE. PORCPorCapa 1 PorCapa PorCapa Espiral Q C-ALINE. PORCPorCapa 1 PorCapa PorCapa Flecha Q C-ALINE. PORCPorCapa 1 PorCapa PorCapa Extensiones de línea Q C-ALINE. PORC PorCapa PorCapa Extensiones de curva Q C-ALINE. PORC PorCapa PorCapa Extensiones de curva Q C-ALINE. PORC PorCapa PorCapa Símbolo de advertencia Q 0 PORC PorCapa PorCapa		Aceptar Cancelar C Estilo de alineac Información Diseño	Aplicar ión - Alineación - Marcas Visualizaci	Ayuda - Diseño y ión Resum	Análisis - 1			- ×	Aceptar Ca	ancelar	Aplicar	Ayu
Visualización de componente: Tipo de componente Vísible Capa Color Tipo d. Escala Grosor Estilo Línea C -ALINE PORCPorCapa 1 POrCapa PorCapa Curva Q C-ALINE PORCPorCapa 1 PorCapa Espiral Q C-ALINE PORCPorCapa 1 PorCapa Fiecha Q C-ALINE PORCPorCapa 1 PorCapa Estensiones de línea Q C-ALINE PORCPorCapa 1 PorCapa Extensiones de curva Q C-ALINE PORCPorCapa 1 PorCapa Extensiones de tangente Q C-ALINE PORC PorCapa PorCapa Símbolo de advertencia Q C-ALINE		Aceptar Cancelar C Estilo de alineac Información Diseño Orientación de vista:	Aplicar ión - Alineación - Marcas Visualizaci	Ayuda - Diseño y ión Resurr	Análisis - 1			- ×	Aceptar Ca	ancelar	Aplicar	Ayu
Tipo de componente Visible Capa Color Tipo d. Escala Grosor. Estilo Línea Q C-ALINE. PORCPorcapa 1 Porcapa Porcapa Curva Q C-ALINE. PORCPorcapa 1 Porcapa Porcapa Espiral Q C-ALINE. PORCPorcapa 1 Porcapa Porcapa Flecha Q C-ALINE. PORCPorcapa 1 Porcapa Porcapa Extensiones de línea Q C-ALINE. PORCPorcapa 1 Porcapa Porcapa Extensiones de curva Q C-ALINE. PORCPorcapa 1 Porcapa Porcapa Extensiones de curva Q C-ALINE. PORCPorcapa 1 Porcapa Porcapa Símbolo de advertencia Q Q PORC		Aceptar Cancelar C Estilo de alineac Información Diseño Orientación de vista: Planta	Aplicar ión - Alineación - Marcas Visualizaci :	Ayuda - Diseño y ión Resurr	Análisis - 1			- ×	Aceptar Ca	ancelar	Aplicar	Ауис
Linea Cora Forcana Cora Forcana Porcana Porcana Cura Forcana Porcana Porcana Espiral C -ALINE. PORC. Porcana 1 Porcana Porcana Porcana Espiral C -ALINE. PORC. Porcana 1 Porcana Porcana Porcana Extensiones de línea C -ALINE. PORC. Porcana 1 Porcana Porcana Extensiones de curva C -ALINE. PORC. Porcana 1 Porcana Porcana Extensiones de curva C -ALINE. PORC. Porcana 1 Porcana Porcana Extensiones de curva C -ALINE. PORC. Porcana 1 Porcana Porcana Extensiones de curva C -ALINE. PORC. Porcana 1 Porcana Porcana Struttura C -ALINE. PORC. Porcana 1 Porcana Porcana Extensiones de curva C -ALINE. PORC. Porcana 1 Porcana Porcana Struttura C -ALINE. PORC. Porcana 1 Porcana Porcana Porcana Extensiones de curva C -ALINE. PORC. PorcBana 1 Porcana Porciana Porciana Struttura C -ALINE. PORC. PorcBana 1 Porcana Porciana Porciana Porcana Porcana I Porcana Porcana Porciana Porcana Porcana Porciana Porcana Porca		Aceptar Cancelar C Estilo de alineac Información Diseño Orientación de vota: Visualización de ror	Aplicar ión - Alineación - Marcas Visualizaci :	Ayuda - Diseño y ión Resurr	Análisis - 1			- ×	Aceptar Ca	ancelar	Aplicar	Ayu
Curva Q C-ALINE PORC. Proc. Pape 1 Proc. Capa Expiral Q C-ALINE PORC. Proc. Pape 1 Proc. Capa Piecha Q C-ALINE PORC. Proc. Pape 1 Proc. Capa Piecha Q C-ALINE PORC. Proc. Pape 1 Proc. Capa Extensiones de línea Q C-ALINE PORC. Proc. Pape Proc. Capa Extensiones de curva Q C-ALINE PORC. Proc. Pape Proc. Capa Extensiones de targente Q C-ALINE PORC. Proc. Pape Proc. Capa Simbolo de advertencia Q 0 PORC. Prof. Porlaque Porlaque		Aceptar Cancelar C Estilo de alineac Driemtación Diseño Orientación de vista: Planta Vissualización de com	Aplicar ión - Alineación - Marcas Visualizaci : 	Ayuda - Diseño y ión Resum	Análisis - 1	Ting d Fac	-		Aceptar Ca	ancelar	Aplicar	Ayud
Espiral Q C-ALINE. PORC., PorCapa 1 PorCapa PorCapa Flecha Q C-ALINE. PORC., PorCapa 1 PorCapa PorCapa Extensiones de línea Q C-ALINE. PORC., PorCapa 1 PorCapa Extensiones de curva Q C-ALINE. PORC., PorCapa 1 PorCapa Extensiones de curva Q C-ALINE. PORC., PorCapa 1 PorCapa Símbolo de advertencia Q O PORC., PorBloq., 1 PorCapa PorBloq		Aceptar Cancelar Estilo de alineac Información Dueño Orientación de vida: Planta Visualización de compor Tipo de compor Linea	Aplicar ión - Alineación - Marcas Visualizaci : 	Ayuda - Diseño y ión Resum	Análisis - 1 Ren Capa Color	Tipo d Esca	ala Grosor	Estilo	Aceptar Ca	ancelar	Aplicar	Ayud
Flecha Q C-ALINE		Aceptar Cancelar C Estilo de alineac Información Diseño Orientación de vista: Planta Visualización de com Tipo de compor Línea Curva	Aplicar ión - Alineación - Marcas Visualizaci : 	Ayuda - Diseño y ión Resum Visible	Análisis - 1 een Capa Color C-ALINE. PORR	Tipo d Esca PorCapa 1 PorCapa 1	ala Grosor PorCapa PorCapa	Estilo PorCapa PorCapa	Aceptar C	ancelar	Aplicar	Ayuc
Extensiones de línea Q C-ALINE. III/PORC PorCapa 1 PorCapa Extensiones de curva Q C-ALINE. III/PORC PorCapa 1 PorCapa Extensiones de tangente Q C-ALINE. III/PORC DASHED2 1 PorCapa PorBloq Símbolo de advertencia Q 0 II/PORC PorBloq 1 PorCapa PorBloq		Aceptar Cancelar C Estilo de alineac Información Dueño Orientación de vista: Planta Visualización de com Tipo de compor Línea Curva Espiral	Aplicar ión - Alineación - Marcas Visualizaci : v aponente: nente	Ayuda - Diseño y ión Resurr Visible	Análisis - 1 en Capa Color C-ALINE POR C-ALINE POR C-ALINE POR	Tipo d Esca PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1	ala Grosor PorCapa PorCapa PorCapa	Estilo PorCapa PorCapa PorCapa	Aceptar Ca	ancelar	Aplicar	Ayud
Extensiones de curva Extensiones de tangente Extensiones de tangente Símbolo de advertencia Q 0 PORC PorBlog 1 PorCapa PorBlog		Aceptar Cancelar C Estilo de alineac Información Diseño Orientación de vista: Planta Visualización de com Tipo de compor Línea Curva Espiral Fiecha	Aplicar ión - Alineación - Marcas Visualizaci : : : : : : : : : : : : : : : : : : :	Ayuda - Diseño y ión Resum Visible	Análisis - 1 een C-ALINE_ POR C-ALINE_ POR C-ALINE_ POR C-ALINE_ POR C-ALINE_ POR	Tipo d Esca PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1	ala Grosor PorCapa PorCapa PorCapa	Estilo PorCapa PorCapa PorCapa	Aceptar C	ancelar	Aplicar	Ayud
Extensiones de tangente V C-ALINE. III PORC. DASHED2 1 PorCapa PorBlog Símbolo de advertencia V 0 PORC PorBlog 1 PorCapa PorBlog		Aceptar Cancelar C Estilo de alineac Información Dueño Orientación de visita: Planta Visualización de com Tipo de compor Línea Curva Espiral Fiecha Extensiones de lín	Aplicar ión - Alineación - Marcas Visualizaci : 	Ayuda - Diseño y ión Resum Visible	Capa Color C-ALINE POR C-ALINE POR C-ALINE POR C-ALINE POR C-ALINE POR	Tipo d Esca PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1	ala Grosor PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Estilo PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Aceptar Ca	ancelar	Aplicar	Ауис
Zimpolo de advertencia A n El horcre totalor il fotoraba fotbioder		Aceptar Cancelar Estilo de alineac Información [Dueño] Orientación de vista: Visualización de com Tipo de compor Línea Curva Espiral Fiecha Extensiones de lí Extensiones de lí	Aplicar ión - Alineación - Marcas Visualizaci : 	Ayuda - Diseño y ión Resurr Visible	Análisis - 1 Análisis - 1 Capa Color C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR	Tipo d Esca	ala Grosor PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Estilo PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Aceptar C	ancelar	Aplicar	Ayu
		Aceptar Cancelar E Estilo de alineac Información Diseño Orientación de vista: Planta Visualización de com Tipo de compor Lúnea Curva Espiral Flecha Extensiones de la Extensiones de la	Aplicar ión - Alineación - Marcas Visualizaci : 	Ayuda - Diseño y ión Resum Visible - O - O - O - O - O - O - O - O	Capa Color C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR	Tipo d Esc - PorCapa 1 - DASHED2 1	ala Grosor PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Estilo PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Aceptar C	ancelar	Aplicar	Ayu
		Aceptar Cancelar E Estilo de alineac Información [Diseño] Orientación de vista: Planta Visualización de com Tipo de compor Línea Curva Espiral Flecha Extensiones de la Extensiones de la Extensiones de la	Aplicar ión - Alineación - Marcas Visualizaci : 	Ayuda - Diseño y sión Resum Visible 	Análisis - 1 wn Capa Color C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR 0 POR	Tipo d Esca PorCapa 1 PorCapa 1	ala _ Grosor PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Estilo_ PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Aceptar C	ancelar	Aplicar	Ayua
		Aceptar Cancelar Estilo de alineac Información Diseño Orientación de vista: Planta Visualización de com Tipo de compor Línea Curva Espiral Fiecha Extensiones de la Extensiones de la Símbolo de adve	Aplicar ión - Alineación - Marcas Visualizad : 	Ayuda - Diseño y ión Resum Visible - O - O - O - O - O - O - O - O	Análisis - 1 een Capa Color C-ALINE. PORC C-ALINE. PORC C-ALINE. PORC C-ALINE. PORC C-ALINE. PORC C-ALINE. PORC 0 PORC	Tipo d Esca - PorCapa 1 - PorCapa 1	ala Grosor PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Estilo PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Aceptar C	ancelar	Aplicar	Ayud
		Aceptar Cancelar Estilo de alineac Información Diseño Orientación de vista: Planta Tipo de compor Línea Curva Espiral Flecha Extensiones de lín Extensiones de la Extensiones de du Extensiones de du	Aplicar initialization of the second	Ayuda - Diseño y ión Resurr Visible - O - O - O - O - O - O - O - O	Capa Color C-ALINE PORK C-ALINE PORK C-ALINE PORK C-ALINE PORK C-ALINE PORK C-ALINE PORK 0 PORK	Tipo d Esca PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 DASHED2 1 DASHED2 1 DOSHED2 1	ala Grosor PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Estilo PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Aceptar C	ancelar	Aplicar	Ayud
		Aceptar Cancelar Estilo de alineac Información Diseño Orientación de vista: Planta Visualización de com Tipo de compor Línea Curva Espiral Flecha Extensiones de la Extensiones de la Símbolo de adve	Aplicar	Ayuda - Diseño y ión Resurr Visible 	Análisis - 1 Men Capa Color C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR 0	Tipo d Esca Portapa 1 Portapa 1 Portapa 1 Portapa 1 Portapa 1 Portapa 1 Portapa 1 Portapa 1 Portapa 1 Portapa 1	ala Grosor PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Estilo – PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Aceptar C	ancelar	Aplicar	Ауиа
		Aceptar Cancelar Estilo de alineac Información [Dueño] Orientación de vista: Visualización de com Tipo de compor Línea Curva Espiral Fiecha Extensiones de lí Extensiones de la Extensiones de la Extensiones de du	Aplicar initialization of the second	Ayuda - Diseño y ión Resum Visible - O - O - O - O - O - O - O - O	Capa Color C-ALINE POR C-ALINE POR C-ALINE POR C-ALINE POR C-ALINE POR C-ALINE POR C-ALINE POR C-ALINE POR C-ALINE POR 0	Tipo d Escc PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 DASHED2 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1	ala Grosor PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Estilo - PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Aceptar C	ancelar	Aplicar	Аушс
		Aceptar Cancelar Estilo de alineac Información Diseño Orientación de vista: Pianta Visualzación de com Tipo de compor Línea Curva Espiral Flecha Extensiones de lí Extensiones de da Extensiones de da	Aplicar	Ayuda - Diseño y ión Resum Visible 	Análisis - 1 wn Capa Color C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR C-ALINE. POR 0 POR	Tipo d. Esca PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 DASHED2 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1	ala _ Grosor_ PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Estilo PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Aceptar C	ancelar	Aplicar	Ауис
		Aceptar Cancelar Estilo de alineac Información Diseño Orientación de vida: Planta Visualización de compor Línea Curva Espiral Ficha Ficha Extensiones de lín Extensiones de lín Extensiones de la Símbolo de adve	Aplicar	Ayuda - Diseño y sión Resurr Visible O O O O O O O O O O O O O	Análisis - 1 een Ccapa Color CcALINE PORC	Tipo d Esca DerCapa 1 DerCapa 1	ala Grosor PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Estilo - PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Aceptar C	ancelar	Aplicar	Ауц
		Aceptar Cancelar Estilo de alineac Información Diseño Orientación de vista: Planta Tipo de compor Línea Curva Espiral Flecha Extensiones de la Extensiones de la Símbolo de adve	Aplicar initialization of the second	Ayuda Diseño y Vísible O O O O O O O O O O O O O	Análisis - 1 wen Capa Color C-ALINE PORC C-ALINE PORC C-ALINE PORC C-ALINE PORC C-ALINE PORC 0 PORC	Tipo d Esci PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 PorCapa 1 DASHED2 1 DASHED2 1 DASHED2 1	ala Grosor PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Estilo Porćapa Porćapa Porćapa Porćapa Porćapa Porćapa Porćapa Porćapa Porćapa Porćapa Porćapa	Aceptar C	ancelar	Aplicar	Ауш
		Aceptar Cancelar Estilo de alineac Información Diseño Orientación de vista: Planta Visualización de com Tipo de compor Línea Curva Espiral Extensiones de lín Extensiones de la Extensiones de adve	Aplicar	Ayuda - Diseño y Visible - O - O - O - O - O - O - O - O	Análisis - 1 een Capa Color C-ALINE PORC C-ALINE PORC C-ALINE PORC C-ALINE PORC C-ALINE PORC C-ALINE PORC 0 PORC	Tipo d Esca Porcapa 1 Porcapa 1	ala Grosor PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Estilo _ PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa PorCapa	Aceptar C	ancelar	Aplicar	Ауш

Figura 15. Edición de estilos(Fuente: AutoCAD Civil 3D)

En la pestaña "Marcas" se puede personalizar la visualización de los distintos puntos por lo que se define una alineación.

La pestaña "Visualización" controla individualmente el color y/o las capas de los objetos de las entidades. También refleja la manera de representación de cada uno de los objetos, tanto en una planta o en sección o en una vista 3D.

Por último, la pestaña "Resumen" contiene una vista rápida de los ajustes que contienen las pestañas anteriores.

- Estilos de Etiqueta

Controlan el comportamiento y la apariencia de las etiquetas de texto. Todas esas etiquetas tienen un estilo asociado y la modificación de estos aparece de manera inmediata en las etiquetas del dibujo. Siempre que se actualiza el objeto una vez que el contenido de la etiqueta se modifique.

Las etiquetas pueden reflejar textos, bloques, líneas y marcas. Se permite la crear y guardar conjunto de etiquetas para las alineaciones, los perfiles, las secciones o cualquier objeto del programa.

Figura 16. Paleta de herramientas. Configuración (Fuente: AutoCAD Civil 3D)

Se editaron varios estilos de representación, como puede observarse en la Configuración dentro del Espacio de Herramientas, en este caso dentro del estilo de alineación en la representación de las Líneas, se puede observar cómo se editó cierta información tanto en la Composición como en las opciones de etiqueta arrastrada.

Por tanto, como se ha ido comentando, se fue actualizando las plantillas de trabajo permitiendo que el trabajo a realizar fuese menos laborioso a la hora de la representación de los objetos.

Todas estas modificaciones de estilos se fueron guardando en la siguiente plantilla, la cual, servirá para futuros trabajos con la herramienta comentada.

Autocad_Civil_3d_2019_IPB_esp

6.2 Plantillas para Revit

Por otro lado, la herramienta de Revit, se han tenido que ir generando diferentes familias de acuerdo con los distintos modelos que se han definido.

Se debe comentar que existen tres tipos de familias en Revit,

- Las familias de sistema, que contienen tipos de familias que se utilizan para la creación de elementos básicos del modelo de construcción, como pueden ser muros, suelos y techos. No se permite copiar, modificar ni suprimir este tipo de familias de sistema, pero si se pueden duplicar modificar los tipos que contienen para crear tipos de familias de sistemas personalizados.
- Otro tipo es cuando se crea un elemento in situ, creándose para ese elemento una familia compuesta de un solo tipo de familia.
- El tercer tipo son las familias cargables o personalizables, cuya diferencia con las familias de sistema es que las cargables se crean en archivos con extensión. rfa externos y se cargan en los proyectos.

Previamente debería de comentarse que según [9], una familia es un grupo de elementos con un conjunto de propiedades comunes (llamadas parámetros) y una representación gráfica relacionada. Los distintos elementos que pertenecen a una familia pueden tener valores diferentes en algunos o todos sus parámetros, pero tienen el mismo conjunto de parámetros (sus nombres y significados). Estas variaciones dentro de la familia reciben el nombre de tipos de **familia o tipos**.

Aunque estas familias tengan un propósito diferente y estén compuestas de materiales diferentes, tienen un uso relacionado. Cada tipo en la familia tiene una representación gráfica relacionada y un conjunto idéntico de parámetros, los parámetros de tipo de familia. Cuando se crea un elemento en un proyecto con una familia y un tipo de familia específico, se puede crear un ejemplar del elemento. Cada ejemplar de elemento tiene un conjunto de propiedades, en el que puede cambiar algunos parámetros de elemento independientes de los parámetros de tipo de familia. Estos cambios se aplican solo al ejemplar del elemento, el único elemento en el proyecto. Si cambia los parámetros de tipo de familia, los cambios se aplicarán a todos los ejemplares de elemento que haya creado con ese tipo.

Por lo que, en este caso, el ejercicio de preparación de familias cargables ha sido mas laborioso, ya que han ido creando distintas familias de acuerdo con las disciplinas de las que consta el proyecto.

A continuación, se representa un ejemplo de Familias cargables, en este caso las familias para los viaductos. Cada una de ellas se ha explicado en el modelo que le corresponde.

Figura 18. Modelos genéricos plantilla Revit. (Fuente: Autodesk Revit)

Se toma como ejemplo de creación de plantillas cargables de un pilar cilíndrico, necesario para el sostenimiento de los viaductos.

En este caso, se tuvieron que crear varios tipos de familias, indicando parámetros tanto de altura del pilote superior como de la profundidad del mismo,

Figura 19. Tipos de familias. Propiedades de parámetros (Fuente: Autodesk Revit)

A continuación, se fue definiendo tanto el cabecero del pilote como el encepado del pilar, dejándolo todo parametrizado para una rapidez en el modelado.

Figura 20. Representación Pilote (Fuente: Autodesk Revit)

7. MODELOS EFECTUADOS

7.1 Modelo Digital del Terreno

Partiendo de la idea de la búsqueda de un modelo digital del terreno que pueda servir de base para los demás modelos, para su obtención, se tomó como referencia los documentos del proyecto base, entre ellos, un documento que contenía las coordenadas obtenidas por el topógrafo de la zona de estudio. Debido a problemas de gran relevancia en el proyecto, se procedió a la unión de la información a partir de la búsqueda mediante datos del IGN (Instituto Geográfico Nacional).

Figura 21. Esquema generación Modelo Cartografia (Fuente: Google)

El archivo de coordenadas, para poder trabajar con él, tuvo que ser tratado, limpiado y organizado, obteniendo un archivo con formato TXT.

Para su organización, se estructuró por columnas, indicándole a cada uno de los puntos obtenidos, un código o ID, y unas coordenadas X, Y, Z, tal y como se refleja en la *Figura* 9. Entre cada una de las columnas, se introdujo una coma, todo ello dependiente del formato indicado en el programa que permita su lectura, formato PEZN (delimitado por comas).

```
Código/ID, X, Y, Z
1,1549.271,1341.1074,279.5753,
2,1692.5154,1300.6455,287.6464,
3,1667.8422,1274.3003,272.9307,
4,1656.0835,1379.5279,286.5126,
5,1666.3011,1288.5528,276.0518,
6,1627.0519,1335.5826,0,
7,1713.4665,1241.7125,0,
8,1746.3123,1284.2957,0,
9,1735.9945,1321.8105,0,
```

Figura 22. Coordenadas Modelo Cartografía (Fuente: IGN)

En nuestro caso, para la lectura de las coordenadas de las pinchadas topográficas, se utilizó la herramienta CIVIL 3D, que una vez importadas, se procedió a una limpieza de los puntos, líneas o capas que no tengan valor en el proyecto.

Posteriormente, se agruparon todos los puntos en distintos grupos de puntos en función de su definición. Estos fueron, grupos de puntos de topografía y grupos de puntos de ríos.

л	Númer	o de pu	Abscisa	Ordenada	Elevación de
Puntos	-@-	1	470.7826m	4605.1160m	0.840m
🖗 Grupos de puntos	\$	2	470.7681m	4605.1212m	0.839m
ter diupos de puntos	\$	3	470.7442m	4605.1301m	0.839m
Puntos Rios	\$	4	470.7305m	4605.1349m	0.839m
	\$	5	470.7116m	4605.1420m	0.839m
IERRENO NATURAL	\$	6	470.6931m	4605.1496m	0.839m
•	÷	7	470.6745m	4605.1567m	0.839m
	\$	8	470.6558m	4605.1637m	0.839m
	\$	9	470.6371m	4605.1708m	0.839m
	\$	10	470.6184m	4605.1779m	0.839m
	-@-	11	470.5910m	4605.1882m	0.839m
	\$	12	470.5672m	4605.1972m	0.839m
	\$	13	470.5461m	4605.2051m	0.839m
	\$	14	470.5287m	4605.2114m	0.839m
	\$	15	471.1268m	4605.0470m	0.840m
	\$	16	471.1624m	4605.0340m	0.839m

Figura 23. Adaptación de Coordenadas (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Una vez definido y estructurado todos los puntos pertenecientes a la topografía de la zona de estudio, se procedió a la generación de las superficies.

Para ello, se creó una Superficie TIN, asignándole la capa y estilo adecuado, definiéndole los grupos de puntos indicados previamente. Tras asignarse tanto el estilo de objeto como el de etiqueta, esa superficie ya está lista para poder trabajar con ella a la hora de comenzar con los modelos restantes.

Figura 24. Cartografía Estudio (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Cabe mencionar, que, debido al gran tamaño del archivo generado, se escogió la división de todo el proyecto en tres tramos, efectuando dichos cortes en puntos estratégicos para evitar que se vienen afectados ciertos servicios.

РК	TRAMO
0+000 - 3+760	01
3+760 - 8+200	02
8+200 - 12+850	03

Tabla 8. Tabla separación tramos (Fuente: Elaboración propia)

7.2 Modelo de Obra Lineal

Para la realización del modelo de obra lineal se utilizó la herramienta de AutoCAD Civil 3D, con la idea de crear un modelo tridimensional de una carretera configurable y flexible.

Un modelo de obra lineal se crea mediante diversos datos y objetos de la herramienta, en los que se incluyen superficies, alineaciones, ensamblajes, subensamblajes, líneas características y perfiles. La obra lineal gestiona los datos, uniendo diversos ensamblajes a las líneas base y a sus correspondientes perfiles longitudinales de rasante.

 Tabla 9. Modelo obra lineal (Fuente: AutoCAD Civil3D)
 Image: AutoCAD Civil3D

Teniendo en mente la búsqueda de una obra lineal, hay que saber que estas se basan y se crean a partir de cuatro objetos de la herramienta de trabajo:

- Alineaciones o Líneas Características: Utilizadas como eje por una obra lineal.
- **Perfil Longitudinal**: Utilizados para poder definir elevaciones de superficie a lo largo de una alineación.
- **Superficies**: Utilizándose para establecer elevaciones en las alineaciones mediante perfiles longitudinales, y como objetivos de obra lineal.
- Ensamblajes: Representan una sección tipo de una obra lineal. Los ensamblajes comprenden uno o varios subensamblajes conectados entre sí. Los Subensamblajes es un componente fundamental de un modelo de obra lineal. Estos definen la geometría de una sección tipo (Ensamblaje). Cada uno de los subensamblajes de definen independientemente.

Para la elaboración de este modelo, se siguió el flujo de trabajo comentado en anteriores apartados, y tras haber definido una superficie de terreno sobre la que proceder a trabajar, se efectuó el diseño de la alineación o eje central de cada uno de los ejes del proyecto.

Las **Alineaciones** o ejes centrales están formadas por subentidades que la componen, siendo estas rectas o curvas. Esas subentidades pueden ser fijas, flotantes y libres.

- Fijas: son definidas por puntos de paso y parámetros característicos.
- Flotantes: Son subentidades con vínculo de tangencia con una subentidad adyacente.
- Libres: Estas están definidas por vínculos de tangencia en ambos extremos.

Por tanto, tomando el "anejo 07. Trazado" del proyecto como referencia, se procedió a definir cada uno de los ejes de los que se componía el proyecto, comenzando con, con las subentidades fijas, ya que, debido al flujo de trabajo en trazado, son las primeras que hay que trazas por tratarse de puntos de paso.

Tras definirse los puntos fijos, se procedió a la incorporación de las flotantes y seguidamente las libres, introduciendo los valores de Longitud y de Valor de A, tanto para la espiral de entrada como la de salida.

Cabe mencionarse que además de la definición geométrica de estas, también se especificaron parámetros entre otros como la velocidad e de proyecto, las normas de diseño a utilizadas.

Información Control de P.K. Máscara de texto Vértice Edición de restricciones Normas de diseño Velocidades de proyecto Image: Control de P.K. Inicial Número P.K. Inicial Velocidad de Comentario 1 0+000.00m 120 km/h Propiedad Valor Tabla de radios mínimos AASHTO 2011 Metric eM. Tabla de longitudes de t 2 Lane Método de definición de AASHTO 2011 Crowned Image: Vuelocidad de series Image: Velocidad de comprobaciones de diseño Image:	Propiedade	s de alineación	- ALI_REP_2					×
Velocidades de proyecto Velocidades de proyecto Image: State of the st	ormación Cor	ntrol de P.K. Más	cara de texto Vé	értice Edición de	restricciones Normas de diseño	p		
Número P.K. inicial Velocidad de Comentario 1 0+000.00m 120 km/h Propiedad Valor Tabla de radios mínimos AASHTO 2011 Metric eM. Tabla de longitudes de t 2 Lane Método de definición de AASHTO 2011 Crowned . Vusar conjunto de comprobaciones de diseño Basic Comprobar tangencia entre elementos Comprobar tangencia entre elementos	Velocidades d	le proyecto			✓ Usar diseño según norma ✓ Usar archivo de normas	as de diseño		
Propiedad Valor Tabla de radios mínimos AASHTO 2011 Metric eM. Tabla de longitudes de t 2 Lane Método de definición de AASHTO 2011 Crowned . Usar conjunto de comprobaciones de diseño	Número	P.K. inicial	Velocidad de	Comentario	C:\ProgramData\Autodes	k\C3D 2020\es	p\Data\	•••
Tabla de radios mínimos AASHTO 2011 Metric eM. Tabla de longitudes de t 2 Lane Método de definición de AASHTO 2011 Crowned . V Usar conjunto de comprobaciones de diseño Image: Comprobaciones de diseño Image: Sasic Image: Comprobaciones de diseño Image: Comprobar tangencia entre elementos Image: Comprobar tangencia entre elementos	1	01000.0011	120 KHyH		Propiedad	Valor		
Método de definición de AASHTO 2011 Crowned . Usar conjunto de comprobaciones de diseño Basic Comprobar tangencia entre elementos					Tabla de radios mínimos Tabla de longitudes de t	AASHTO 201 2 Lane	1 Metric el	м
Usar conjunto de comprobaciones de diseño Basic Comprobar tangencia entre elementos					Método de definición de	AASHTO 201	1 Crowned	1
					 ✓ Usar conjunto de compro ✓ Basic ✓ Comprobar tangencia en 	tre elementos	iseño	•

Figura 25. Propiedades Alineación Normativa (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Como se puede observarse en la Figura 12, se fueron definiendo una gran cantidad de información para poder ir representado en planta toda la información relevante del anejo de trazados, como era la PK de entrada y salida, tipo de curva, restricciones de tangencia, longitud etc.

													2 ×
No	De	efinición de espi	ral	P.K. de PI_espiral	Ordenada de PI_espiral	Absc	sa de PI_espiral	Ángulo incluido de	PI_espiral	Ordenada de centro arco	Absc	isa de centro a	arco
	1												*
	2.1	Clotoide		0+054.85m	4603861.2283m		479662.6870m	151.3	510 (a)	4603908.6887m		479685.902	29m
	2.2	Clotoide		0+125.45m	4603841.2075m		479731.2784m	173.6	556 (g)	4603598.5712m		479650.614	42m
	3								(0)				
	4	Clotoide		0+165.25m	4603825.7279m		479767.9977m	173.6	i557 (q)	4603598.5712m		479650.614	42m 2
	5												ÂM
													l R
													AN
													-
<													> C
													12
Nº Nº	A		Número	Índice de grupo de curva:	s Índice de subentidad de Tip	00	Restricción de tangencia	Bloqueo de restri	cción paramétrica	Restricción paramétrica	Longitud	Orientación	P.K. inicial
**	1		1			Curva	No restringido (fijo)		8	Tres puntos	37.774m		0+000.00m
	2.1	50.000m	2		Esp	oiral a e	Restringido por ambos lados	(li	8	Relación de parámetros	50.001m		0+037.77m
	2.2	120.001m	2		Esp	piral a e	Restringido por ambos lados	(11		Relación de parámetros	56.472m		0+087.78m
	3		3			Curva	Restringido por el siguiente (fl	lot		Radio y longitud	2.158m		0+144.25m
	4	120.000m	4			Espiral	Restringido por el siguiente (fi	lot		Radio inicial y longitud de espiral	56.471m	000 5540455	0+146.41m
	2		5			Linea	No restringido (fijo)		LU	Dos puntos	17.123m	S00.554815E	0+202.88m
PANORÂMICA													
C <													>

Figura 26. Desarrollo formación Alineación (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Por tanto, ejecutando de igual manera cada una de las alineaciones de las que constaba este proyecto, se obtuvo el trazado en planta del Modelo de obra lineal.

Figura 27. Alineaciones Tramo 01 (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Figura 28. Alineaciones Tramo 02 (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Figura 29. Alineaciones Tramo 03 (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Una vez que se diseñaron los ejes en planta, para que quedasen claramente definidos, se debía realizar el diseño en alzado.

Por lo que para ejecutar ese diseño se representó el **Perfil Longitudinal**, siendo este una sección de una superficie correspondiente a lo largo de cada una de las alineaciones. Por tanto, se generaron tantos perfiles como alineaciones se crearon.

Figura 30. Perfil Longitudinal 01,02,03 (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Una vez realizado cada uno de los perfiles longitudinales de cada una de las alineaciones, se efectuó el diseño de sus **Rasantes** o lo que es lo mismo, la definición vertical del eje. Esta rasante se representó sobre el mismo perfil longitudinal, indicando cada una de las configuraciones de los acuerdos verticales tanto para los cóncavos como para los convexos, indicando el dato inicial para la definición de la curva mediante la longitud o mediante el valor de "k", toda esa información como se ha ido comentando, gracias a la información aportada por el cliente.

Crear perfil - Dibujar nuevo X	C Propiedades de	perfil	- RASAN	TE_R_0								\times
Alineación:	Información Datos de	perfil	Normas d	le diseño Blo	oqueo de p	perfil						
Nombre: RASANTE_R_O	Nombre	Or	. Desfase	Modo de	Сара	Estilo	P.K.		Elevación		Alineacio	ón
Descripción:							Inicio	Finalizar	Mínima	Máxima		
Rasante Perfil Longitudinal	RASANTE_R_0	I	0.000m			Design Pr	0+000.00m	0+122.46m	862.023m	867.629m	ALI_R_0	
General Normas de diseño												
Estilo de perfil:												
🕍 Design Profile 🗸 📝 🔣												
Capa de perfil:	<											>
0 🛃	Alineación horizont	al de	nivel superi	or								
Conjunto de etiquetas de perfil:	Nombre:											
🐔 Complete Label Set 🗸 🛛 🗸	ALI_R_0											
	Etiquetado en fo	mato	Р.К.									
	Inicio:		Fin:									
	0+000.00m		0+122.46	m								
Aceptar Cancelar Ayuda							Aceptar	Cance	lar	Aplicar	Ayu	da

Figura 31. Ejecución Rasante (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Por tanto, a continuación, se representa un Perfil Longitudinal junto con la Rasante calculada y el movimiento de tierras que se ha efectuado. Esta representación y cálculo se efectuó para cada uno de los ejes proyectados.

Figura 32. Representación Perfil Longitudinal Tipo (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Tras la ejecución de la división en subtramos de la carretera, se pasó al modelado de los Ensamblajes o secciones paramétricas. Estas secciones contienen y administran una gran cantidad de subensamblajes, que se conforman para formar la estructura de un modelo, como una sección tipo que se ajusta a lo largo de un eje.

Los ensamblajes y los subensamblajes funcionan conjuntamente para formar una obra lineal aplicándose sobre la alineación.

Para la realización de estos, se tomó de referencia el anejo 09. Firmes y pavimentos, además del plano 2.5 Secciones tipo, generándose ensamblajes por cada una de las secciones tipo.

Figura 33. Sección Tipo (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Se debía tener claro cada una de las capas firmes de la que constaba cada vía, aunque predominaba la siguiente estructura de firmes:

	CAPA RODADURA	0.030m
	CAPA INTERMEDIA	0.070m
	CAPA BASE	0.100m
¢	SUELO CEMENTO	0.200m

Figura 34. Capas de Firmes (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Se han efectuado una gran cantidad de secciones tipo, aunque todas ellas pueden clasificarse en:

- Tronco Central Autovía (CENTRAL)
- Carriles de Servicio (CS)
- Reposición (REP)
- Ramal (RAMAL)
- Vía de Servicio (VSERVICIO)

Como eje principal y más completo, se procede a describir el modelado del Tronco central de la autovía.

El tronco principal adopta una sección tipo compuesta de una Calzada de 2x 7,00 m, unos Arcenes Interiores de 2 x 1,00 m, unos arcenes exteriores de 2 x 2,50 m, un ancho de berma de 1,00m.

La mediana que separa ambas calzadas es de 10 m de ancho, con taludes de seguridad en la cuneta interior T \ge 6.

En cuanto a los taludes de desmonte y terraplén siguen en su gran mayoría la siguiente estructura, talud de Desmonte 3H/2V y Talud de Terraplén 2H/1V.

Figura 35. Sección Tipo Autovía (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Se tiene en cuenta que esta Figura únicamente muestra el lado izquierdo de nuestra sección para poder observar con mayor grado de detalle las partes de la que se compone y además poder detectar las distintas capas de firmes modeladas.

Se muestran a continuación las secciones tipo que se han generado, aunque dentro de cada una de ellas, hay gran tipo de variedades de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

Figura 38. Sección Tipo Ramal (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Figura 39. Sección Tipo Carril Servicio/ Sección Tipo Vía de servicio (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Tras el modelado de las Secciones transversales o Ensamblajes, tal y como lo define Autodesk Civil 3D, ya están todos los elementos definidos para poder ejecutar la Obra Lineal correspondiente a cada uno de los viales de estudio.

Esos elementos definidos tienen que quedar bastante claros por que será la base de cada obra lineal, por tanto, debe asignarse cada alineación con su perfil longitudinal y con su ensamblaje correspondiente para que interactúe contra el terreno seleccionado.

- Alineación
- Perfil Longitudinal
- Ensamblaje
- Superficie del Terreno

Alineación:	
ALI_CENTRAL_02	~
Perfil:	
PL_ALI_CENTRAL_02	~ E
Ensamblaje:	
串 P_CENTRAL_0-1520 (2)	~
	^
	\sim
Superficie de objetivo	
💮 TN	~

Figura 40. Creación Obra Lineal (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Ello dará lugar a la representación de la obra lineal del vial correspondiente, recogiéndose en la siguiente tabla cada uno de los parámetros de líneas base y región.

Nor	nbre		Línea base horizo	Línea base vertical	Ensamblaje	P.K. inicial	P.K. final	Frecuencia	Objetivo	Modificacio
- e	a" 🔽	- ALI_CENTRAL_03 - (1)	ALI_CENTRAL_03	RASANTE_CENTRAL_03		8+200.00m	12+820.00m	[
		RG - P_CENTRAL_7340-PKF (3			P_CENTRAL_7340-PKF (3)	8+200.00m	🕆 8+245.00m	-🕃 5.000m [- I	
		RG - P_CENTRAL_7340-PKF (3			P_CENTRAL_7340-PKF (3)	8+245.00m	🕆 8+252.50m	🕆 5.000m		
		RG - P_CENTRAL_7340-PKF (3			P_CENTRAL_7340-PKF (3)	8+252.50m	🕆 8+460.00m	🖧 5.000m [
		RG - P_CENTRAL_7340-PKF (3			P_CENTRAL_7340-PKF (3)	8+460.00m	🕆 8+920.00m	🖧 5.000m [
		RG - P_CENTRAL_7340-PKF (3			P_CENTRAL_7340-PKF (3)	8+920.00m	🐴 9+015.00m	🖧 5.000m [
		RG - P_CENTRAL_7340-PKF (3			P_CENTRAL_7340-PKF (3)	9+015.00m	🕆 9+055.00m	-🕃 5.000m [
		RG - P_CENTRAL_7340-PKF (3			P_CENTRAL_7340-PKF (3)	9+055.00m	🕆 9+432.50m	🕆 5.000m [
		RG - PERFIL_CENTRAL SIN CU			PERFIL_CENTRAL SIN CUNETA	9+432.50m	🐴 9+522.50m	🖧 5.000m [
		RG - P_CENTRAL_7340-PKF (3			P_CENTRAL_7340-PKF (3)	9+522.50m	🐴 11+092.26	🖧 5.000m [
		RG - PERFIL_CENTRAL SIN CU			PERFIL_CENTRAL SIN CUNETA	11+092.26	🐴 11+182.50	🖧 5.000m [
		RG - P_CENTRAL_7340-PKF (3			P_CENTRAL_7340-PKF (3)	11+182.50	🕆 12+650.61	🖧 5.000m [
		RG - PERFIL_CENTRAL SIN CU			PERFIL_CENTRAL SIN CUNETA	12+650.61	***************************************	🖧 5.000m [
		RG - P_CENTRAL_7340-PKF (3			P_CENTRAL_7340-PKF (3)	12+740.06	12+820.00	💱 5.000m 👘		• •

Figura 41. Parámetros de Línea Base (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Figura 42. Cambio Sección Eje Central (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Puede observarse como los cambios de sección se van adaptando, quedando un modelo ajustado. Con todo ello, se han establecido todos los objetivos, eligiéndose la superficie, desfase o elevación correspondiente contra la que interseccionará cada subensamblaje. Estos objetivos son necesarios para poder definir la geometría.

Objetivo	Nombre de objeto	Subensamblaje	Grupo de ensamblajes	
□- Superficies	<haga aquí="" clic="" definir="" para="" td="" tod<=""><td></td><td></td><td>^</td></haga>			^
- Superficie de objetivo	â TN	Desm-Terra	Derecha	
 Superficie de objetivo 	n TN	Desm-Terra	Izquierda	
Superficie de objetivo	ft TN	Desm-Terra	Derecha	
Objetivos de anchura o desfase				
 Objetivo de anchura 	JFL - OL_CENTRAL_03 - EPS - 1	LaneSuperelevationAOR	Izquierda	
 Objetivo de anchura 	<ninguno></ninguno>	LaneSuperelevationAOR	Derecha	
 Objetivo de anchura de arcén 	<ninguno></ninguno>	Talud Ext	Derecha	
- Anchura de talud exterior de cuneta	<pre></pre>	CUNETA	Derecha	
- Anchura de talud exterior de cuneta	<pre></pre>	CUNETA	Derecha	
 Desfase de objetivo 	<ninguno></ninguno>	COND ENCONTRADO DER	Derecha	
 Desfase de objetivo 	<ninguno></ninguno>	COND NO ENCONTRADO DER	Derecha	
 Desfase de alineación 	<ninguno></ninguno>	TALUD INTER DER	Derecha	
 Objetivo de anchura 	<ninguno></ninguno>	LaneSuperelevationAOR	Izquierda	
 Objetivo de anchura 	<ninguno></ninguno>	LaneSuperelevationAOR	Izquierda	
 Objetivo de anchura de arcén 	<ninguno></ninguno>	Talud Ext	Izquierda	
 Desfase de objetivo 	<ninguno></ninguno>	COND ENCONTRADO IZQ	Izquierda	
 Desfase de objetivo 	<ninguno></ninguno>	COND NO ENCONTRADO IZQ	Izquierda	
 Desfase de alineación 	<ninguno></ninguno>	TALUD INTER IZQ	Izquierda	
 Objetivo de anchura 	<ninguno></ninguno>	LaneSuperelevationAOR	Derecha	
 Objetivo de anchura de arcén 	<ninguno></ninguno>	Talud Ext	Derecha	
- Anchura de talud exterior de cuneta	. <ninguno></ninguno>	CUNETA	Derecha	
- Anchura de talud exterior de cuneta	. <ninguno></ninguno>	CUNETA	Derecha	
 Desfase de objetivo 	<ninguno></ninguno>	COND ENCONTRADO DER	Derecha	
 Desfase de objetivo 	<ninguno></ninguno>	COND NO ENCONTRADO DER	Derecha	
Desfase de alineación	<ninguno></ninguno>	TALUD INTER DER	Derecha	
Objetivos de talud o elevación				
 Objetivo de elevación exterior 	JFL - OL_CENTRAL_03 - EPS - 1	LaneSuperelevationAOR	Izquierda	
 Objetivo de elevación exterior 	<ninguno></ninguno>	LaneSuperelevationAOR	Derecha	
 Elevación de talud exterior de cunet 	<ninguno></ninguno>	CUNETA	Derecha	~

Figura 43. Asignación de Objetivos (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Las imágenes que se muestran a continuación representan tres obras lineales correspondientes al tramo 03 del proyecto. En ellas se puede observar como la frecuencia de colocación de los ensamblajes es menor, debido a que se ha realizado un enlace mediante objetivos.

Figura 44. Planta Intersección Viales (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Figura 45. 3D Sección Viales (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Se tuvo que ir adaptando los desmontes y terraplenes en función de las interacciones con las estructuras, modificando los valores de las secciones en puntos singulares para apreciar mejor los detalles y ajustar las rasantes tanto de las intersecciones como de las glorietas del proyecto.

A continuación, se representan todas las Obras lineales generadas separadas por los tres tramos comentados anteriormente:

Figura 46. Obras Lineales Tramo 01, 02 y 03 (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Cada una de estas obras lineal han sido exportadas como Sólidos, generándose un archivo nuevo por cada obra lineal generada. Cada una de ellas en el proceso de exportación, podrá indicarse las características oportunas de visualización, además de permitir la adicción de parámetros de información.

Este hecho de los parámetros cobra una gran relevancia en la metodología de estudio, ya que permite incorporar todo tipo de información a los distintos sólidos de los que se componen las obras lineales.

Extraer sólidos de obra lineal					
Obra lineal					
OL_PASO_SUPERIOR_7.1					
Image: Construction of the second					
Nombre	Tipo de	Lado	P.K. inicial	P.K. final	Color
BL - ALI_PSUPERIOR_7.1 - (11)					ByLayer
			0+000.00	0+174.65m	
			0+174.65	0+180.00m	
🖶 🗹 Región: 0+180.00m - 0+241.32m			0+180.00	0+241.32m	
			0+241.32	0+403.30m	
× ·					>

Figura 47. Extracción de Sólidos (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Figura 48. Sólido 02_OL_Paso Superior 7.1 (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Figura 49. Sólido 03_OL_Reposición (Fuente: AutoCAD Civil3D)

Por tanto, se ha llegado al objetivo de este modelo, la obtención de cada uno de los sólidos de los que se componen las distintas obras lineales del proyecto, para que a continuación, pueda ejecutarse un modelo Coordinado de cada una de estas.

Figura 50. Sólidos Tramo 01, 02 y 03 (Fuente: AutoCAD Civil3D)

7.3 Modelo de Drenaje

Para el modelo de drenaje, se propuso la utilización de la herramienta de Revit, con la idea de crear un archivo por cada una de las obras transversales que aparecen en el proyecto.

Inicialmente, para la generación de estos, comenzó cargándose la plantilla estructural propia de la herramienta. Seguidamente, se vinculó toda la documentación dwg, generándose los distintos niveles y rejillas de acuerdo con cada una de las obras.

Una vez fijado, comenzó a elaborarse las distintas familias cargables relacionadas con las Obras de drenaje transversal, con el objetivo de la parametrización de estás, y para una mayor rapidez de ejecución del modelado.

Estas familias no son más que un grupo de elementos con un conjunto de propiedades comunes y una representación gráfica que los relaciona. Por lo que, se han creado para estas obras dos tipos de familias, una encuadrada en modelos genéricos y otra en Tuberías.

Figura 51. Familias generadas para ODT (Fuente: Autodesk Revit)

Por tanto, los distintos elementos que pertenecen a una familia pueden tener valores diferentes en algunos parámetros, pero tienen un mismo conjunto de parámetros, referido a su nombre, recibiendo el nombre de tipos de familias o simplemente *tipos*.

Los tipos que se han generado, junto con sus propiedades para la generación de todo tipo de ODT son los siguientes:

- Arqueta: Dentro de esta puede definirse tanto la Altura de arqueta, altura desde eje de la tubería, base, Radio de tubería y espesor de esta.

	Propiedades	X		
PROVIAL ST	ARQUETA_MEDIANA_2	•		
	Modelos genéricos (1) 🗸 🗄 Editar	tipo		
	Restricciones	*		
	Nivel 854.462			
	Anfitrión Tipos de tubería : HORMI			
	Desfase 0.8500			
	Se mueve con elementos			
	Cotas	Cotas *		
	A 3.0000			
	ALT_EJE_TUB 0.7483			
	AR 0.4483	11		
	B 2.4000			
	H 3.5000			
	RADIO TUBERIA 0.3000			
	RADIO_HUECO 0.9000			
	e 0.3000			
	Volumen 9.317 m ^a			

Figura 52. Arqueta tipo ODT/ Propiedades Arqueta tipo ODT (Fuente: Autodesk Revit)

- Embocadura: Para esta definición debe indicarse dimensiones de aletas, anchura de apertura de estas, longitud de la misma y el radio de la tubería.

	Propiedades >	
		RA 👻
	Modelos genéricos (1)	Editar tipo Editar Editar tipo Editar Editar
and a sum	Restricciones	\$
	Desfase	0.0000
	Plano de trabajo	Plano de referencia : ODT
	Cotas	\$
	ALTURA	2.8500
	ALTURA1_ALETA	2.6500
	ALTURA2_ALETA	2.6500
	ALTURA_EJE_TUBERIA	0.9500
	ANCHURA	2.9000
	ANCHURA_2	6.3600
	ANGULO_APERTURA_ALE	30.00°
	AUXILIAR_TUB	1.8000
	DIAMETRO_TUBERIA	1.8000
	LONGITUD_ALETA	3.1000
	LONGITUD_LOSA	2.6847
	RADIO_TUBERIA	0.9000
	Volumen	9.696 m ³

Figura 53. Embocadura Tipo ODT / Propiedades Embocadura Tipo ODT (Fuente: Autodesk Revit)

- Tubería:

	Propiedades	×			
	Tipos de tub HORMIGON	ería 🗸			
	Tuberías (1)	✓			
	Restricciones	\$			
	Justificación horizontal	Centro			
	Justificación vertical	Parte inferior			
	Nivel de referencia	854.462			
	Desfase	0.9000			
FROM AL ADDISON	Desfase de inicio	0.9000			
	Desfase final	0.8200			
	Pendiente	0.1965%			
	Cotas *				
	Diámetro exterior	1800.0 mm			
	Diámetro interno	1700.0 mm			
	Tamaño	1800 mmø			
	Longitud	40.7061			
	Mecánica	۴.			
	Mecánico - Flujo	*			
	Datos de identidad	¥			
	Proceso por fases	¥			
	Aislamiento	¥			

Figura 54. Tubería Tipo ODT /. Propiedades Tubería Tipo ODT (Fuente: Autodesk Revit)

Con todo ello, permitió la generación de cada una de las Obras de drenaje transversal que se incluían en el proyecto, generándose un archivo independiente para cada una de ellas.

Para la composición de cada una, se han ajustado mediante puntos colocados en cada uno de los tipos, quedando una ODT tipo de siguiente forma:

Figura 55. ODT tipo (Fuente: Autodesk Revit)

Para su correcta geolocalización, se colocaron inicialmente en planta, mediante la inserción de la topografía de estudio, y una vez colocado en planta, mediante planos de referencia se dio la correspondiente pendiente.

Figura 56. ODT planos de referencia (Fuente: Autodesk Revit)

Por lo tanto, el resultado final es un archivo de cada una de las ODT generadas de manera independiente, con la característica de que el propio nombre indica tanto el tramo como en el pk que se localiza.

Todos estos archivos se exportaron a formato Nwc, para que tras el modelado de cada uno de los modelos se procediese a la coordinación mediante la herramienta Navisworks.

1902_PBB_03_ODT_8+475

			R	1902_PBB_03_ODT_8+667
			R	1902_PBB_03_ODT_8+774
R	1902_PBB_01_ODT_0+039		R	1902_PBB_03_ODT_8+956
R	1902_PBB_01_ODT_0+471	M 1902_PBB_02_0D1_3+941	Ŗ	1902_PBB_03_ODT_9+117
R	1902_PBB_01_ODT_0+727	1902_PBB_02_ODT_4+281	R	1902_PBB_03_ODT_9+231
R	1902 PBB 01 ODT 0+843	1902_PBB_02_ODT_4+746	Ŗ	1902_PBB_03_ODT_9+425
R	1902 PBB 01 ODT 1+374	1902_PBB_02_ODT_5+125	R	1902_PBB_03_ODT_9+698
R	1002 DPR 01 ODT 1, 591	1902_PBB_02_ODT_5+199		1902_PBB_03_ODT_10+128
		1902 PBB 02 ODT 5+352		1902_PBB_03_ODT_10+503
	1902_PBB_01_OD1_1+811	■		1902_PBB_03_ODT_10+878
ivi	1902_PBB_01_ODT_1+941			1902_PBB_03_ODT_11+184
	1902_PBB_01_ODT_2+063			1902_PBB_03_ODT_11+429
R	1902_PBB_01_ODT_2+502	M 1902_PBB_02_OD1_5+833		1902_PBB_03_0DT_11+901
R	1902_PBB_01_ODT_2+955	1902_PBB_02_ODT_6+271		1902_PBB_03_0DT_12+340
R	1902_PBB_01_ODT_3+249	1902_PBB_02_ODT_6+485	R	1902_PBB_03_0DT_12+737
R	1902 PBB 01 ODT 3+340	1902_PBB_02_ODT_6+509	R	1902 PBB 03 ODT F2 GLO 0+004
R	1902 PBB 01 ODT 3+509	1902_PBB_02_ODT_7+156	R	1902 PBB 03 ODT E2 GLO 0+102
R	1902 PRP 01 ODT 2+641	1902 PBB 02 ODT 7+230	R	1902 PBB 03 ODT E2 GLO 0+301
TAT D		R 1902 PBB 02 ODT 7+456	R	1902_PBB_03_ODT_E2_R1_1+425
₩ ■	1902_PBB_01_0D1_E1_K0_0+017		Ŗ	1902_PBB_03_ODT_E2_R2_2+023
w	1902_PBB_01_ODT_E1_R4_4+019	1902_PBB_02_0D1_7+890	R	1902_PBB_03_ODT_E2_R4_4+026
RVI	1902_PBB_01_ODT_E1_R4_4+191	1902_PBB_02_ODT_7+897	Ŗ	1902_PBB_03_ODT_E2_REP1_0+229
R	1902_PBB_01_ODT_E1_REP1_0+032	1902_PBB_02_ODT_CS_0+108	R	1902_PBB_03_ODT_E2_REP2_0+042
R	1902_PBB_01_ODT_E1_REP1_0+137	1902_PBB_02_ODT_CS_0+300	Ŗ	1902_PBB_03_ODT_E2_REP2_0+239
R	1902_PBB_01_ODT_E1_REP2_0+041	1902_PBB_02_ODT_CS_0+382	Ŗ	1902_PBB_03_ODT_E2_REPOS_0+156
R	1902 PBB 01 ODT E1 VS 0+011	1902 PBB 02 ODT CS 5.8 0+128	R	1902_PBB_03_ODT_E2_REPOS_0+542
R	1902 PBB 01 ODT F2 0+364	1902 PBB 02 ODT CS 6.3 0+169	R	1902_PBB_03_ODT_E2_REPOS_0+741
R	1002 PRP 01 ODT E2 0+549		R	1902_PBB_03_ODT_E2_REPOS_1+402
TRT R				1902_PBB_03_ODT_E2_REPOS_1+622
RVT	IA05_6RR_01_OD1_62_311_0+018	1902_PBB_02_ODT_CS_AUX_0+013	ų,	1902_PBB_03_ODT_E2_VS_1+049

Figura 57. ODT Tramo 01, 02 y 03 (Fuente: Autodesk Revit)

7.4 Modelo de Estructuras

Para la realización del modelo de estructuras, se efectuó mediante la herramienta de Revit, con la idea de crear un archivo por cada una de las estructuras incluidas en el modelo. Todas estas estructuras serían configurables y flexibles, permitiendo, una vez modeladas todas ellas, su coordinación junto con los demás modelos.

El modelo de estructuras contiene tres partes diferenciadas, las estructuras Superiores, las Inferiores y los Viaductos. Para cada uno de ellos se consideró la misma estrategia de modelado, diferenciándose en la creación de distintos tipos de familia, de acuerdo con su composición.

Para la estrategia de estos modelos, se consideró el mismo principio que para el modelo de Obras de drenaje, es decir, arrancó con las plantillas de estructuras, vinculación de los ficheros CAD correspondientes a las estructuras, generación de niveles y rejillas y seguidamente la generación de las familias cargables.

Los **Pasos Superiores** son las que mayor complejidad llevaron, debido a la complejidad de tipos de familias que se tuvieron que generar. Estos tipos de familias se modelaron considerando como elementos clave los Estribos, las Pilas y el Tablero.

- Estribos:
 - Apoyos de Neopreno Cuadrados. Para su definición debe estipularse ciertas restricciones tanto de alturas, ancho y largo.

Figura 58. Neopreno Rectangular (Fuente: Autodesk Revit)

• Apoyo viga del estribo: ejecutado como un barrido, debiendo elegir las dimensiones de este.


Figura 59. Detalle Localización Neoprenos / Detalle Localización Viga Apoyo (Fuente: Autodesk Revit)

• Estribo: Elemento principal. Se ha modelado cada uno de los elementos que lo componen, aletas, muro de contención, zapatas, pilotes y apoyos.



Figura 60. Estribo Completo analítico/Estribo Completo (Fuente: Autodesk Revit)

- Pilas:
 - Apoyos de Neopreno Circulares. Para su definición debe estipularse ciertas restricciones tanto de alturas, radios, ancho y largo.



Figura 61. Neopreno Circular (Fuente: Autodesk Revit)

 Pilas de Paso Superior. Elemento principal, compuesto de la pila, zapata y sus pilotes. Debe de definirse la longitud de las pilas.



Figura 62. Pilas Paso Superior (Fuente: Autodesk Revit)

- Tablero:
 - Bordillo. Ejecutado como un barrido, debiendo elegir las dimensiones de este.



Figura 63. Bordillos del Tablero (Fuente: Autodesk Revit)

 Asfalto. Elemento tipo suelo ejecutado de acuerdo a las dimensiones de longitud, anchura y espesor.



Figura 64. Asfalto del tablero (Fuente: Autodesk Revit)

Gráficos Visible Modificaciones de visibili. Editar Materiales y acabados Material Hormigón - Hormigón Datos de identidad Subcategoría <Ninguno> Sólido/Vacío Sólido Perfil Perfil PERFIL_PS_5+160 : PERFIL Desfase de perfil horizont... -0.0002 Desfase de perfil vertical 0.0000 Ángulo 90.00° El perfil está volteado $\overline{}$ Otros Segmentación de trayect... Ángulo de segmento máx... 360.00

0

elemento sólido.

Viga Artesa. Elemento principal del elemento tablero. Definido como un

Figura 65. Viga Artesa Tipo/ Propiedades Viga Artesa Tipo (Fuente: Autodesk Revit)

Por tanto, una vez que se definió cada uno de los tipos de familias que componían cada uno de los Pasos superiores, pudo generarse el modelo completo del paso superior.



Figura 66. Paso Superior Tipo (Fuente: Autodesk Revit)

Para los **Pasos Inferiores**, se tuvieron que generar tres tipos de familias, siendo estas las aletas, el marco y los apoyos. Al considerarse dos de ellas como extrusiones de elementos propios de la herramienta, tenía una complejidad menor que los pasos superiores.

A continuación, se muestran cada uno de estos tipos comentados:

 Aletas. Elemento con mayor complejidad de los pasos a la hora del modelado ya que se tuvieron que definir parámetros de longitud, espesor y ángulos con respecto al marco.



Figura 67. Aleta Tipo Paso Inferior/ Propiedades Aleta Tipo Paso Inferior (Fuente: Autodesk Revit)

- Marco y apoyos. Ambos elementos se modelaron mediante una extrusión, debiendo indicar las dimensiones de estos.



Figura 68. Marco Paso Inferior/Apoyos Paso Inferior (Fuente: Autodesk Revit)

Por tanto, una vez que se definió cada uno de los tipos de familias que componían los Pasos Inferiores, pudo generarse cada estructura, creándose un archivo por cada una de ellas.



Figura 69. Paso Inferior Tipo (Fuente: Autodesk Revit)

Para la ejecución de los **Viaductos**, al igual que con los pasos superiores e inferiores, se tuvo que crear varios tipos de familias, para poder parametrizar cada uno de estos.

En este caso los tipos de familias que definían estas estructuras fueron los estribos, el tablero, que incluía el asfalto y la viga artesa, y las pilas.

- Estribos. Estos elementos se han ido generando mediante distintas extrusiones.



Figura 70. Estribo Tipo Viaducto / Situación Estribos Viaducto (Fuente: Autodesk Revit)

- Tablero. Para la modelización de este, se ha generado tanto una familia de tipo suelo definiendo con ello el elemento tablero como el pavimento y además se ha generado otro tipo familia para la viga artesa sobre el que se sustenta este.

Propiedades	×	< Contract of the second se	Propiedades	
Suelo Pav 8 cm			Suelo Tablero- 25cm	
Suelos (2)	🗸 🔠 Editar tipo		Suelos (1)	🗸 🔠 Editar tip
Restricciones	\$	1	Restricciones	
Nivel	NSM		Nivel	NSM
Desfase de altura desde n			Desfase de altura desde n	851.8410
Delimitación de habitación	\checkmark		Delimitación de habitación	
Relacionado con masa			Relacionado con masa	
Estructura	¥		Estructura	
Edición de forma de losa	¥		Edición de forma de losa	
Cotas	\$		Cotas	
Pendiente			Pendiente	
Perímetro			Perímetro	229.5951
Área			Área	1002.759 m ²
Volumen			Volumen	250.690 m ⁸
Elevación en parte superior	Varía		Elevación en parte superior	Varía
Elevación en parte inferior	Varía		Elevación en parte inferior	Varía
Grosor	0.0800		Grosor	0.2500

Figura 71. Propiedades Pavimento Viaducto/ Propiedades Tablero Viaducto (Fuente: Autodesk Revit)



Figura 72. Viga Artesa Viaducto (Fuente: Autodesk Revit)

- Pilas. Para las pilas se fueron generando distintas extrusiones de acuerdo a su composición, ya fuese el pilar circular, con ensanchamiento o elementos singulares del mismo.

		Propiedades		×
Horra and	PILAR		-	
		Pilares estructurales (1)	~	🔠 Editar tipo
10		Restricciones		*
		Marca de ubicación de p	1	
A CO		Nivel	PILA 2_CD_EX	Т
10 M		Anfitrión	Nivel : PILA 2	CD_EXT
		Desfase	0.0000	
		Estilo de pilar	Vertical	
100		Se mueve con rejillas	\checkmark	
1.1		Delimitación de habitació	ón 🔽	
1.6		Materiales y acabados		¥
17:25		Estructura		¥
		Cotas		\$
		GT_ALTURA	4.0000	
		PROFUNDIDAD PILOTE	8.0000	
		Volumen	14.999 m³	

Figura 73. Pilar Tipo Viaducto / Propiedades Pilar Viaducto (Fuente: Autodesk Revit)

Por tanto, una vez que se definió cada uno de los tipos de familias que componían los Viaductos, pudo generarse cada estructura, creándose un archivo por cada una de ellas.



Figura 74. Viaducto Tipo (Fuente: Autodesk Revit)

Para la colocación de cada uno de los tipos de estructuras generaros, en su coordenada correspondiente, se colocaron igual que el modelo de obras de drenaje transversal, es decir, inicialmente en planta, mediante la inserción de la topografía de estudio, y una vez colocado en planta, mediante planos de referencia se dio la correspondiente pendiente.



Figura 75. Colocación en Planta P. Inferior/ Colocación en Planta Viaducto (Fuente: Autodesk Revit)



Figura 76. Colocación por Secciones P. Inferior (Fuente: Autodesk Revit)



Figura 77. Colocación por Secciones P. Superior (Fuente: Autodesk Revit)

Por lo tanto, el resultado final es un archivo de cada una de las estructuras generadas de manera independiente.

Cabe recordar que la nomenclatura identifica el tipo de estructura que es, ya sea Paso Superior, Paso Inferior o Viaducto, además de indicar el punto kilométrico sobre el que se encuentra.

Todos estos archivos se exportaron a formato Nwc, para que tras el modelado de cada uno de los modelos se procediese a la coordinación mediante la herramienta Navisworks.



Figura 78. Pasos Inferiores/ Pasos Superiores / Viaductos (Fuente: Autodesk Revit)

7.5 Modelo de Señalización

La ejecución del modelo de Señalización se realizó de manera diferente a los demás modelos, ya que se incluyeron cada una de las señales verticales en un mismo archivo, de acuerdo con la estrategia de modelado pensada.

Se efectuó mediante la herramienta de Revit, con la idea de crear en ese archivo las diferentes familias de acuerdo con los tipos de señalética incluida en el proyecto. Al igual que anteriores modelos, se partió de una plantilla arquitectónica, vinculándose los dicheros CAD y generándose los distintos niveles y rejillas que permitan la generación de las familias cargables gracias al anejo de señalización.

La clasificación de familias se realizó de acuerdo con el Catálogo oficial de señales de circulación, incluidas en el [4] "Reglamento General de Circulación" siendo las familias generadas, Señales de Reglamentación, Señales de Indicación y Señales de Advertencia de peligro. Dentro de cada una de ellas se generaron varios tipos de familia para abarcar todo el ámbito de señales existentes. Las familias no son más que un grupo de elementos con un conjunto de propiedades comunes y una representación gráfica que los relaciona.

 Señales de Reglamentación. Estas señales tienen por objeto indicar a los usuarios de la vía las obligaciones, limitaciones o prohibiciones especiales que deben observar (Articulo 151 del Reglamento General de Circulación, s.f.). Para esta familia se ha generado un tipo de familia común a cada una de las señales:

Cimentación. Quedando como propiedades adaptables a cada elemento el ancho, largo y profundidad de la cimentación.

210 aug	Propiedades	×
FEORTAL 1991	CIMENTAC	CIÓN
	Modelos genéricos (1)	Editar tipo Editar tipo
	Restricciones	\$
	Gráficos	¥
	Cotas	\$
	ANCHO_CIM	500.0
	LARGO_CIM	500.0
	PROFUNDIDAD_CIM	800.0
	Volumen	0.201

Figura 79. Cimentación Señales Reglamentación / Propiedades Cimentación S. Reglamentación (Fuente: Autodesk Revit)

Esta Familia de señales se ha subdividido en varios tipos de acuerdo con (Articulo 151 del Reglamento General de Circulación, s.f.):

 Señal de Prioridad. Este tipo de familia corresponde a la R-1, pudiendo modificar las dimensiones del cartel.

\bigtriangledown	FRONTAL			
		Propiedades		×
		PRE		•
		Modelos genéricos (1)	Elita	r tipo
		Restricciones		\$
		Desfase	-17.1	
		Plano de trabajo	Plano de referencia : SE	ÑAL
		Gráficos		¥
		Cotas		\$
		TAMAÑO SEÑAL	900.0	
		Volumen	0.006	

Figura 80. Señal Prioridad R-1 / Propiedades Señal R-1 (Fuente: Autodesk Revit)



Figura 81. Señal Prioridad R-2 / Propiedades Señal R-2 (Fuente: Autodesk Revit)

• Señales de Prohibición de entrada. Este tipo de familia corresponde a la R-101, pudiendo modificar las dimensiones del cartel.

	FRONTAL			
		Propiedades		X
$\mathbf{1}$		PROHIBID	0	•
		Modelos genéricos (1)	Editar ti	ipo
		Restricciones		\$
		Desfase	-17.1	
		Plano de trabajo	Plano de referencia : SEÑA	4L
		Gráficos		¥
		Cotas		\$
		RADIO SEÑAL	600.0	=
		Volumen	0.019	

Figura 82. Señal Prohibición Entrada R-101/Propiedades Prohibición Entrada R-101 (Fuente: Autodesk Revit)

• Señales de Obligación. Este tipo de familia corresponde a la R-400 a, pudiendo modificar las dimensiones del cartel.



Figura 83. Señal R-400 a (Fuente: Autodesk Revit)

 Señales de Prohibición o Restricción. Este tipo de familia corresponde a la R-301, pudiendo modificar las dimensiones del cartel y contenido del texto.



Figura 84. Señal Prohibición o Restricción R-301/Propiedades Señal R-301 (Fuente: Autodesk Revit)

Señales de Advertencia de Peligro. Estas señales tienen por objeto indicar a los usuarios de la vía la proximidad y la naturaleza de un peligro difícil de ser percibido a tiempo, con objeto, de que se cumplan las normas de comportamiento que, en cada caso, sean procedentes. (Articulo 149 del Reglamento General de Circulación, s.f.). Para esta familia se ha generado un tipo de familia común a cada una de las señales, al igual que para las Señales de Reglamentación, la cimentación.



Figura 85. Señal Advertencia de Peligro P-1 / Propiedades Señal P-1 (Fuente: Autodesk Revit)

Señales de Indicación. Tienen por objeto facilitar al usuario de las vías ciertas indicadores que pueden serle de utilizad. Esta Familia de señales se ha subdividido en varios tipos de acuerdo con (Articulo 158 del Reglamento General de Circulación, s.f.). Cada una de ellas se permite la edición de los parámetros de texto, además de las dimensiones tanto de los soportes como del cartel que lo define.

Se muestran a continuación algunos ejemplos de las señales generadas:



• Señales de Pre-señalización:

Figura 86. Señal Pre-Señalización S-200 / Señal Pre-Señalización S-201 (Fuente: Autodesk Revit)

• Señales de Dirección:



Figura 87. Señal de Dirección S-341/ Señal de Dirección S-301 (Fuente: Autodesk Revit)

• Señales de Localización:



Figura 88. Señal de Localización S-530 / Señal de Localización S-520 (Fuente: Autodesk Revit)

• Señales de Confirmación:



Figura 89. Señal de Confirmación S-602 (Fuente: Autodesk Revit)

Para la colocación de cada uno de la señalización, se efectuó siguiendo la misma estrategia seguida para los anteriores modelos, es decir, inicialmente se coloca en planta. En este caso, la colocación en planta es más exacta gracias a la documentación de referencia que permitía una colocación directa. Para la colocación de la señal en el eje vertical, únicamente se tuvo que entrar en cada una de ellas y colocar en el parámetro Desfase la cota correspondiente de cada una.



Figura 90. Colocación en Planta Señales (Fuente: Autodesk Revit)

Propiedades	X
SEÑAL_ORIENT (15) S-200	TACION_PRESEÑALIZACION_
Mobiliario (1)	Editar tipo Editar Editar tipo Editar Editar
Restricciones	\$
Nivel	NSM
Anfitrión	Nivel : NSM
Desfase	866.5000
Se mueve con elementos	

Figura 91. Colocación en Cota de Señales (Fuente: Autodesk Revit)



Figura 92. Modelo Señalización (Fuente: Autodesk Revit)

Por lo tanto, el resultado final es un archivo que contiene cada una de las Señales verticales del proyecto. Este se ha exportado, al igual que cada uno de los modelos generados, a formato Nwc, para que tras el modelado de cada uno de los modelos se procediese a la coordinación mediante la herramienta Navisworks.

1902_PBB_SE

Figura 93. Archivo Señalización (Fuente: Autodesk Revit)

7.6 Modelo Coordinación

Para la ejecución del modelo de coordinación se utilizó el software de la casa Autodesk Navisworks. Este es un software que de acuerdo con lo establecido en [8], permite la combinación de diferentes modelos 3D, navegar sobre ellos, revisarlos, añadir comentarios, detectar colisiones y hasta generar mediciones o simulaciones 4D de planificación.

Además, nos permite realizar una coordinación del proyecto entre cada una de las disciplinas generadas, resolviendo conflictos y planificando los proyectos antes de comenzar una obra.

Por lo tanto, lo que se efectuó para su ejecución fue la revisión de los modelos parciales generados de cada una de las diciplinas, buscando con ello obtener un modelo Federado que unificase todas ellas.

Para ello, cada uno de los modelos se fueron exportando en formado .nwd, formato de lectura de la herramienta, con el fin de poder unificarlos y así proceder a la detección de errores de modelado.

A continuación, se muestra aquellos archivos que conformaron este modelo:



Figura 94. Esquema Modelo de Coordinación (Fuente: Elaboración propia)

Tras la unión de cada uno de los modelos generados, el siguiente proceso fue el de detección de interferencias. Para esta detección, había que evaluar el grado de tolerancia de las interferencias entre modelos, por lo que se efectuó una matriz de interferencias.

La matriz de interferencias consiste en un sistema de comprobación de todas las colisiones que se pueden producir entre los diferentes elementos que componen el modelo. Mediante la metodología BIM podemos comprobar de una forma más inmediata todos los conflictos e interferencias que ocurren entre los elementos de una misma disciplina y los elementos de diferentes disciplinas entre sí, facilitando y resolviendo muchos problemas de coordinación entre los distintos agentes.

Se debe de velar por tener controladas todas las interferencias que se generen en los modelos, de manera que cuando se unifiquen dichos modelos, la coordinación más importante radique en comprobar las interferencias de todas las disciplinas en conjunto.

Por tanto, de acuerdo con los siguientes criterios, se realizó en el Anexo I. Matriz de interferencias, donde en base a los siguientes criterios, se pudo reflejar los puntos de revisiones entre modelos, enfatizando en colisiones de importancia crítica.

	TOLERANCIA	DISTANCIA
IMPORTANCIA CRÍTICA	<5	cm
IMPORTANCIA MEDIA	<50	cm
IMPORTANCIA NULA	>100	cm

Tabla 10. Tolerancias permitidas (Fuente: Elaboración propia)

Á	Árbol de selección	_ <u>⊮</u> ×
	Estándar	\sim
		^
	- E 🖻 1902_01_0L_CS_MD_1.4.nwc	
	-⊕@1902_02_0L_CS_MD_MI_5.8.nwc	
	-⊕@1902_02_0L_CS_MI_5.0.nwc	
	-⊕@ 1902_02_0L_CS_MI_6.3.nwc	

Figura 95. Árbol de Selección Modelo (Fuente: Autodesk Navisworks)



Figura 96. Visualización Modelo (Fuente: Autodesk Navisworks)

Estas colisiones de importancia crítica tienen una tolerancia de desviación mínima con respecto a su correcta georreferenciación, por lo que se procedió a comprobar que los choques entre modelos no producían errores. Para ello se utilizó la herramienta de Clash Detective, dentro del software comentado, relacionando los elementos críticos de los modelos.

A continuación, se muestran los distintos casos de estudio efectuado para la resolución de estas interferencias.

A Paso Superior/Ca	Izada							Última ejecución: sábado, 9 de mayo de	2020 12:0	04:44	
								Conflictos: Total: 2 (abiertos:	0 cerrado:	is: 2)	
Nombre	Estado	Conflictos	Nuev	o Activo	Revisad	io Aproba	do Resuelt	elto			
Paso Superior/Calza	ida Terminado	2	0	0	0	0	2			1	
Añadir prueba	🕼 Añadir prueba Restablecer todo Compactar todo Suprimir todo 🔞 Actualizar todo										
Reglas Seleccionar R	esultados Inform	e									
Suevo grupo]	har 🔐						Ninguno 👻 🔄 🛃 🖉 Volver a	ejecutar pr	rueba	
Nombre 🙆	🖵 Estado	Encontrado	Apro /	Aprobado	Descripción	Asignado a	Distancia	Resaltado	^	>	
Conflicto127	1 Resuelto 📼	19:03:26 04	iplaja 1	9:09:04 0	Estático	Coordinad	-0,045 m	Elemento 1 🛑 Elemento 2		Confi	
 Conflicto128 	1 Resuelto 🔻	19:03:26 04	iplaja 1	9:08:54 0	Estático	Coordinad	-0,044 m	Utilizar colores de elemento	~	gurad	
								Resaltar todos los conflicto	s	dión c	
								Aislamiento		e	

Figura 97. Clash Detective P. Superior/Calzada (Fuente: Autodesk Navisworks)

Drenaje Long./ Caizad	a							Ultima ejecución: sábado, 9 de mayo de 2020 12:57:33
								Conflictos: Total: 0 (abiertos: 0 cerrados: 0)
Nombre	Estado	Conflictos	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto	
Drenaje Long./ Calzada	Terminado	0	0	0	0	0	0	
Añadir prueba Restabl	ecer todo Co	ompactar todo	Suprimir todo	Act	ualizar todo			B •

Figura 98. Clash Detective Drenaje Long /Calzada (Fuente: Autodesk Navisworks)

 Viaductos/Calzada 							Última ejecución: sábado. 9 de mayo de 2020 12:59:47
							Conflictos: Total: 5 (abiertos: 0 cerrados: 5)
Nombre	Estado	Conflictos	Nuevo	Activo Revisa	do Aprobado	Resuelto	
Viaductos/Calzada	Terminado	5	0 0	0	3	2	
🕞 Añadir prueba 🛛 Rest	tablecer todo C	ompactar todo	Suprimir todo	C Actualizar todo	5		₽ •
Reglas Seleccionar Res	ultados Inform	e					
[⁹ Nuevo grupo [응] [승]	Asign	har 🚉 🗔					Ninguno 👻 🖾 🛃 🖉 Volver a ejecutar prueba
Nombre	Estado	Encontrado	Apro Aprot	bado Descripción	Asignado a D	stancia	Resaltado
O Conflicto1	Resuelto 👻	12:59:47 09	iplaja 13:01:	51 0 Estático		-0,175 m	Elemento 1 📕 Elemento 2 🍯
Conflicto2	Resuelto 🔻	12:59:47 09		Estático		-0,120 m	Utilizar colores de elemento ~
Conflicto3	Aprobado 🔹	12:59:47 09	iplaja 13:02:	02 0 Estático		-0,070 m	Resaltar todos los conflictos
Conflicto4	Aprobado 💌	12:59:47 09	iplaja 13:02:	01 0 Estático		-0,064 m	
Conflicto5	Aprobado 👻	12:59:47 09	iplaja 13:01:	59 0 Estático		-0,051 m	Aislamiento
							Atenuar otros Ocultar otros Atenuación con transparencia Mostrar automáticamente
							Punto de vista
							Actualización automática 👻
							Animar transiciones
							Foco en conflicto 🗸 🗸

Figura 99. Clash Detective Viaductos /Calzada (Fuente: Autodesk Navisworks)

 Paso Inferior/ 	/Calzada								Última ejecución: sábado, 9 de mayo de 2020 12:23:42		
									Conflictos: Total: 11 (abiertos: 0 cerrados: 11)		
Nombre		Estado	Conflictos	Nue	evo Activ	o Revisad	do Aproba	ado Resuelto	,		
Paso Inferior/C	Calzada	Terminado	11	0	0	0	3	8			
🛃 Añadir prueba Restablecer todo Compactar todo Suprimir todo 🖏 Actualizar todo											
Reglas Selecciona	Reglas Seleccionar Resultados Informe										
Suevo grupo	6] [6] [्रे 🖉 Asig	nar 🚉 🖵						🖓 Ninguno 👻 🔄 🛃 🛃 Volver a ejecutar prueba		
Nombre	07	Estado	Encontrado	Apro	Aprobado	Descripción	Asignado a	Distancia	^ Resaltado ^ ≫		
Conflicto11	F	Resuelto 🛛	12:23:42 09			Estático		-0,110 m	Elemento 1 📕 Elemento 2 🖷		
 Conflicto10 	i F	Resuelto 🔹	12:23:42 09			Estático		-0,138 m	Utilizar colores de elemento		
Conflicto9	0 /	Aprobado 👻	12:23:42 09	iplaja	12:25:20 0	Estático		-0,143 m	Resaltar todos los conflictos		
 Conflicto8 	F	Resuelto 👻	12:23:42 09			Estático		-0,239 m	de de		
Conflicto7	0 /	Aprobado 🗸	12:23:42 09	iplaja	12:25:17 0	Estático		-0,263 m	Aislamiento		
Conflicto6	4	Aprobado 🗸	12:23:42 09	iplaja	12:25:16 0	Estático		-0,338 m	Atenuar otros Ocultar otros		
 Conflicto5 	1 F	Resuelto -	12:23:42 09			Estático	Coordinad	-0,394 m	Atenuación con transparencia Mostrar automáticamente		

Figura 100. Clash Detective Paso Inferior /Calzada (Fuente: Autodesk Navisworks)

							Conflicto	os: Total: 41 (abiertos: 0 cerrados:
Nombre	Estado	Conflictos	Nuevo	Activo Revisad	do Aprobado	Resuelto		
Señalización V/Cal	Izada Terminado	41	0 0	0	21 2	0		
🖪 Añadir prueba	Restablecer todo	Compactar todo S	uprimir todo	Actualizar todo	0			
Reglas Seleccionar	Resultados Inform	ne						
⁹ Nuevo grupo [%]	[6] [6] 2 _R Asig	gnar 🚉 🖓					Salar Ninguno ~	🗐 📥 🖉 Volver a ejecutar pro
lombre 🖸	🕽 💭 Estado	Encontrado	Apro Aprob	oado Descripción	Asignado a Dista	ancia	<u>^</u>	esaltado
Conflicto7	Resuelto	12:31:13 09		Estático	-(0,146 m	ſ	Elemento 1 📕 Elemento 2 📒
 Conflicto9 	Resuelto	· 12:31:13 09		Estático	-(0,135 m		Utilizar colores de elemento 👻
Conflicto10	Aprobado -	12:31:13 09	iplaja 12:48:	50 0 Estático	-(0,133 m	T T	Resaltar todos los conflictos
Conflicto11	Aprobado	· 12:31:13 09	iplaja 12:48:	51 0 Estático	-(0,129 m		
Conflicto12	Aprobado	12:31:13 09	iplaja 12:48:	53 0 Estático	-(0,127 m		islamiento
Conflicto13	Aprobado •	12:31:13 09	iplaja 12:48:	54 0 Estático	-(0,125 m		Atenuar otros Ocultar otros
Conflicto14	Resuelto	12:31:13 09		Estático	-(0,124 m		Atenuación con transparencia Mostrar automáticamente
Conflicto15	Resuelto	12:31:13 09		Estático	-(0,124 m		, mean a second de mente
Conflicto16	Resuelto •	12:31:13 09		Estático	-(0,121 m	F	unto de vista
Conflicto17	Aprobado •	· 12:31:13 09	iplaja 12:48:	36 0 Estático	-(0,121 m		Actualización automática 👻
Conflicto18	Aprobado -	12:31:13 09	iplaja 12:48:	39 0 Estático	-(0,120 m		Animar transiciones
							~	Foco en conflicto

Figura 101. Clash Detective Señalización/Calzada (Fuente: Autodesk Navisworks)

Nombre	Estado	Conflictos	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto
Drenaje Long./ Calzada	Terminado	0	0	0	0	0	0
Paso Inferior/Calzada	Terminado	11	0	0	0	3	8
Paso Superior/Calzada	Terminado	2	0	0	0	0	2
Señalización V/Calzada	Terminado	41	0	0	0	21	20
Viaductos/Calzada	Terminado	5	0	0	0	3	2

Figura 102. Tabla Resumen Interferencias (Fuente: Autodesk Navisworks)

Una vez resueltos todos los conflictos de importancia crítica, se generaría un informe de conflictos, reflejando tanto la distancia permitida, los elementos de cruce y quien es el encargado de solucionar dicho conflicto.

Informe de conflictos



Figura 103. Ejemplo Informe Conflictos (Fuente: Autodesk Navisworks)

Hay casos excepcionales como puede ser la Señalización Vertical frente a las distintas capas de la calzada, debido a que el programa siempre detectará que hay una cierta interferencia, es ahí donde el criterio personal ha actuado.

Como se puede observar en la siguiente Figura, la interferencia de la señalización cumple con la tolerancia programada, ya que lo que realmente nos interesa es que la cimentación de esta no se eleve sobre el nivel del Pavimento de la calzada.



Figura 104. Interferencia entre elementos (Fuente: Autodesk Navisworks)

Tras solucionar cada una de estas interferencias, y considerar como validas ciertos desvíos del propio de la tolerancia propuesta, se podría pasar a considerarse como Modelo Federado, definiéndose [3], como "Aquel que se compone de la adicción de varios modelos de diferentes disciplinas, que han de ser trabajados de forma independiente para que se puedan producir los cabios en el modelo". (Terminología BIM, s.f.)

Por lo tanto, a continuación, se muestras ilustraciones del modelo final generado.



Figura 105. Modelo Federado (Fuente: Autodesk Navisworks)



Figura 106. Modelo Federado (Fuente: Autodesk Navisworks)



Figura 107. Modelo Federado (Fuente: Autodesk Navisworks)



Figura 108. Modelo Federado (Fuente: Autodesk Navisworks)



Figura 109. Modelo Federado (Fuente: Autodesk Navisworks)



Figura 110. Modelo Federación (Fuente: Autodesk Navisworks)

8. CONCLUSIÓN

En este capítulo, se establecen las conclusiones obtenidas, tras el proceso de desarrollo y modelado de un tramo de autovía mediante el uso de la metodología BIM con la utilización de herramientas de la casa Autodesk, se puede extraer la gran dificultad que conlleva y lo laborioso que es el hecho de efectuar todos los modelos de un proyecto de manera independiente sin ayuda de otro colaborador o alumno.

El hecho de la elaboración de todos estos modelos, sé que no define el ámbito completo de los servicios afectados por la vía, pero se ha considerado abarcar un menor número de ellos, pero los que se modelasen fuesen los de mayor importancia y complejidad.

Uno de los puntos en contra, para la ejecución de estos modelos, ha sido que el tiempo de ejecución se han extendido en el tiempo. En la fase de modelado estos modelos deben de alcanzar un grado de detalle elevada para que puedan ser utilizados en fases posteriori. Por tanto, ese grado de detalle siempre implica un aumento en las horas de dedicación final, por lo que se reitera que la ejecución de estos tipos de proyectos, de acuerdo a la metodología BIM, debe ejecutarse de manera colaborativa, con personas especializadas por disciplinas.

Cabe mencionar, que la ejecución de este modelo, para que realmente fuese de valor, no debería de quedar únicamente en el modelado, sino que, de acuerdo con la establecido en la metodología de estudio, sería un modelo ideal para la puesta en marcha de una asistencia técnica. Es por ello que estos modelos estarían preparados para una incorporación de información complementaria que ayudaría al control y seguimiento en obra.

En lo referente a la gestión de la información de acuerdo con la ISO 19650, se habla siempre de trabajo colaborativo, hecho que en este caso se tuvo que descartar como consecuencia de que en la escuela politécnica superior de ingeniería de Sevilla no se tiene admitido la ejecución de un trabajo de finde máster de esa forma. Por ello, se efectuó considerando un único rol para la ejecución de cada uno de los modelos o disciplinas que definían todo el proyecto.

Otra de las conclusiones obtenidas y citados en anteriores apartados, es el hecho de haber trabajado mediante "Todo en el dibujo", efectuado debido al desconocimiento al iniciar el proyecto de los diferentes métodos o formas de trabajo con la herramienta. Junto a este hecho, además de la limitación del equipo informático con una tarjeta de memoria gráfica no lo suficientemente elevada provocaba paradas continuadas en el tiempo.

Es por ello, que una vez avanzado y estudiado todas las alternativas posibles, puedo considerar que no se tomó la alternativa más eficiente, ya que, una vez estudiado y trabajado mediante accesos directo a datos, puedo concluir que el tema del exceso de información de los archivos a la hora de poder trabajar con ellos sería mucho menor, facilitando su uso diario.

9. FUTURAS LÍNEAS DE MEJORA

En este capítulo, tras el desarrollo de este Trabajo de Fin de Máster, se proponen nuevas líneas de mejora que podrían mejorar el trabajo realizado hasta la actualidad.

Ejecución del modelo mediante accesos directos a datos

Como se ha indicado en las conclusiones para líneas futuras de trabajo la elaboración de futuros proyectos deben ejecutarse mediante accesos directos a datos, permitiendo de esa manera trabajar con algo relativo a las referencias externas, pero con la ventaja poder editar y trabajar con ellas.

El flujo de trabajo para este flujo de trabajo sería el siguiente, tal y como recomienda la propia casa Autodesk.



Tabla 11. Flujo trabajo Autodesk (Fuente: Autodesk)

Incorporación de parámetros a los modelos

De acuerdo con las necesidades del trabajo, el hecho de incorporación de parámetros se dejó sin completar, debido a su gran extensión en el tiempo. No quita que se mencione como uno de los puntos más relevantes de acuerdo a la metodología BIM comentada. Este hecho permite reflejar su potencial y poder definir y valorar cada uno de los modelos efectuados, permitiendo el control y seguimiento de cualquier obra.

Abarcar todos los servicios afectados por el proyecto

No todos los servicios afectados han sido reflejados y modelados en este trabajo debido a lo comentado anteriormente, que el tiempo para su ejecución era demasiado elevado. Por lo que, para una completa elaboración del proyecto, mirando en líneas futuras, algunos de los aspectos que faltaron fueron, tanto la señalización horizontal como el balizamiento.

Este último debe ejecutarse mediante la herramienta **SUBASSAMBLY COMPOSER**, propia del software AutoCAD Civil 3D. Para ello, deberá diseñarse una sección tipo de los balizamientos y una parametrizada, debe incorporarse al modelo de Obra lineal de las vías, generándose como una obra lineal situada al borde de la calzada.

10. REFERENCIAS

- [1] estrategia | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE ASALE. (n.d.). Retrieved August 25, 2020, from https://dle.rae.es/estrategia
- [2] ¿Qué es un flujo de trabajo y para qué se usa? (n.d.). Retrieved September 2, 2020, from https://blog.trello.com/es/que-es-un-flujo-de-trabajo-ejemplo
- [3] Terminología BIM. (n.d.).from https://seystic.com/Seys-diccionario-Terminologia-BIM.pdf?utm_campaign=diccionariobim&utm_medium=email&utm_source=acumbamail
- [4] RCL 2003\2997 Legislación (Disposición Vigente a 30/12/2008). (2006)
- [5] Monar González, J., & González González, B. (n.d.). Trabajo Fin de Grado Ingeniería Civil Modelado BIM para Proyecto AS-BUILT de Infraestructuras Lineales.
- [6] REDACTORES DE ESTE DOCUMENTO. (2019) from https://www.buildingsmart.es/recursos/en-iso-19650/
- [7] Acerca de los dibujos y las plantillas de dibujo | Civil 3D 2019 | Autodesk Knowledge Network. (n.d.). Retrieved September 2, 2020, from https://knowledge.autodesk.com/es/support/civil-3d/learnexplore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ESP/Civil3D-UserGuide/files/GUID-BEECDB8A-96FC-453B-B1F7-D7C9066F10E6-htm.html
- [8] ¿Para que sirve Autodesk Navisworks? Guía para su uso. (n.d.-a). Retrieved September
 2, 2020, from https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/autodesk-navisworks/
- [9] ¿Qué son las familias en Revit y qué tipos de familia existen? | Ip21. (n.d.). Retrieved September 2, 2020, from http://ip21ingenieria.com/que-son-las-familias-en-revit-y-quetipos-de-familia-existen/

11. ANEXO

Programa de Puntos de Inspección

DISCIPLINAS/ SUBDISCIPLINAS	TOPOGRAFIA	Topografía	OBRA LINEAL	Pavimento de Calzada	ESTRUCTURAS	Pasos Superiores	Pasos Inferiores	Viaductos	SEÑALETICA	Señalización V	DRENAJES	ODT	Drenaje Longitundinal
TOPOGRAFIA													
Topografía													
OBRA LINEAL													
Pavimento de Calzada													
ESTRUCTURAS													
Pasos Superiores													
Pasos Inferiores													
Viaductos													
SEÑALETICA													
Señalización V													
DRENAJES													
ODT													
Drenaje Longitudinal													

	TOLERANCIA	DISTANCIA
IMPORTANCIA CRÍTICA	<5	cm
IMPORTANCIA MEDIA	<50	cm
IMPORTANCIA NULA	>100	cm