

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Civil

Aplicación del software AutoCad Civil 3D al diseño
de la presa de Alcolea (Huelva)

Autor: José Luis Casado Martos

Tutores: Francisco Cabezas García

Manuel Morato Moreno

Departamento de Ingeniería Gráfica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Civil

Aplicación del software AutoCad Civil 3D al diseño de la presa de Alcolea (Huelva)

Autor:

José Luis Casado Martos

Tutores:

Francisco Cabezas García

Profesor Titular de Escuela Universitaria

Manuel Morato Moreno

Profesor Titular de Escuela Universitaria

Departamento de Ingeniería Gráfica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017

Trabajo Fin de Grado: Aplicación del software AutoCad Civil 3D al diseño de la presa de Alcolea (Huelva)

Autor: José Luis Casado Martos

Tutores: Francisco Cabezas Gracia
Manuel Morato Moreno

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

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2017

El Secretario del Tribunal

A mi familia y amigos

A mis maestros

Agradecimientos

Agradecer a toda mi familia que me ha apoyado desde el principio en esta nueva etapa de formación, a mis padres que me han permitido llegar hasta aquí y me han animado a superar cualquier adversidad. A mis hermanos que siempre han estado cuando los he necesitado para transmitirme fuerzas y ganas. A mis amigos y compañeros que han hecho todo este viaje más ameno y digno de ser vivido. A mis profesores por transmitirme todos los conocimientos, ganas y entusiasmo para alcanzar todas las metas que me proponga.

José Luis Casado Martos

Sevilla, 2017

Este documento tiene como finalidad comprobar la idoneidad del Software AutoCad Civil 3D ante proyectos de presas, teniendo en cuenta que sus aplicaciones mayoritarias se centran en la resolución de obras lineales. Para ello se han analizado las diversas opciones y posibilidades que el software nos proporciona y las hemos aplicado a un proyecto específico de una presa. Nos hemos centrado en el proyecto de construcción de la presa de Alcolea en Huelva, analizando el software y sus diferentes posibilidades aplicadas al diseño de esta presa. Finalmente presentaremos los resultados obtenidos, evaluando de esta forma la idoneidad del software ante este tipo de proyectos para los que no están en el ámbito de sus aplicaciones habituales: explanaciones, caminos, puentes, balsas, canalizaciones...

Abstract

This document is intended to verify the suitability of the AutoCad Civil 3D Software to projects of dam. For this we have analyzed the various options and possibilities that the software provides us and we have applied them to a specific project of a dam. We have focused on the Alcolea dam construction project in Huelva, we have analyzed the software and its different possibilities applied to the design of this dam and finally we will present the obtained results, evaluating in this way the suitability of the software before this type of projects for which it is not normally used: Levelling, roads, bridges, ponds, scoring...

Índice

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Abstract	xiii
Índice	xiv
Índice de Tablas	xvi
Índice de Ilustraciones	xviii
1 Introducción	
1.1. <i>Tipos de presas.</i>	1
1.1.1 Definición de presa	1
1.1.2 Tipología de presas	1
1.2. <i>Objeto del trabajo</i>	9
1.3. <i>Necesidad de construcción de la presa</i>	10
1.4. <i>Contaminación de las aguas</i>	11
2 Especificaciones Técnicas	15
2.1. <i>Forma y Sección de la presa</i>	15
2.2. <i>Especificaciones del embalse</i>	19
2.3. <i>Ubicación</i>	20
2.4. <i>Geología de la cerrada</i>	21
3 Modelado en AutoCad Civil 3D	23
3.1. <i>Terreno</i>	23
3.1.2. Modelo de elevaciones	24
3.2. <i>Embalse y Volumen</i>	25
3.2.1. Modelado de la presa	25
3.2.2. Zona inundable	26
3.2.3. Volumen del embalse	29
3.3. <i>Cuenca del embalse</i>	30
3.4. <i>Modelado 3D de la presa</i>	31
3.4.1. Ensamblajes	31
3.4.2. Excavación	33
3.4.3. Cuerpo de presa	35
3.4.4. Ajuste de la excavación	36
3.4.5. Creación de la presa cómo superficie	37
3.4.6. Volumen de excavación necesario	37
3.4.7. Volumen de hormigón necesario	39
3.4.8. Vistas 3D	41
3.5. <i>Carreteras de acceso</i>	43
3.5.1. Introducción	43

3.5.2. Diseño de la carretera	43
3.5.3. Modelado de la carretera	45
3.4.1. Perfiles transversales y volumen de tierra.	47
4 Conclusiones	51
4.1. <i>Conclusión del trabajo</i>	51
4.2. <i>Trabajos futuros.</i>	52
Anexo A: Volumen excavación para la presa	53
Anexo B: Volmen de homigón para la presa	55
Anexo C: Informe de cubicación carretera derecha	57
Anexo D: Informe de cubicación carretera izquierda	61
Índice de planos	65
Bibliografía y fuentes consultadas	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Presencia de materiales pesados en las aguas del río Odiel	12
Tabla 2: Características carretera derecha en planta.	44
Tabla 3: Características carretera izquierda en planta.	44
Tabla 4: Características de la rasante derecha	45
Tabla 5: Características de la rasante izquierda	45

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Presa de la Puebla de Cazalla con aliviadero en coronación	2
Ilustración 2: Presa del pintado con aliviadero independiente	2
Ilustración 3: Presa de gravedad	3
Ilustración 4: Presa de Arco Bóveda	3
Ilustración 5: Presa de arco gravedad.	4
Ilustración 6: Presa de La Fernandina (Jaén)	5
Ilustración 7: Presa de Béznar (Granada)	5
Ilustración 8: Presa de Víboras (Jaén)	6
Ilustración 10: Presa de Aracena (Huelva)	6
Ilustración 11: Presa Daniel Johnson (Canadá)	7
Ilustración 12: Esquema presa de materiales sueltos homogénea	7
Ilustración 13: Esquema presa de materiales sueltos con núcleo central	8
Ilustración 14: Esquema presa de materiales sueltos con pantalla impermeable	8
Ilustración 15: Planta de la presa con cotas en metros.	15
Ilustración 16: Sección de coronación de presa y taludes con cotas en metros	16
Ilustración 17: Sección de presa por la zona del aliviadero con cotas en metros.	18
Ilustración 18: Ubicación de la presa de Alcolea	20
Ilustración 19: Emplazamiento de la presa de Alcolea	20
Ilustración 20: Mapa de la litología de la zona de Huelva	21
Ilustración 21: Modelo de la presa como obra de explanación.	26
Ilustración 22: Superficie de lámina de agua erróneamente definida.	27
Ilustración 23: Superficie de lámina de agua totalmente adaptada a la cota 56.	28
Ilustración 24: Cuencas en el programa Qgis con sus áreas.	30
Ilustración 25: Imagen del programa 'Subassembly Composer' en la definición del subensamblaje de la presa con castillete.	31
Ilustración 26: Imagen del programa 'Subassembly Composer' en la definición del subensamblaje de la zona de aliviadero de la presa	32
Ilustración 27: Imagen del programa 'Subassembly Composer' en la definición del subensamblaje de la excavación para el cajeadado de la presa	32
Ilustración 28: Imagen de los diferentes perfiles que aparecen la cerrada de la presa	33

Ilustración 29: Planta de la excavación inicial sin ajustar.	34
Ilustración 30: Imagen 3D de la excavación inicial sin ajustar.	35
Ilustración 31: Imagen 3D de la presa con la excavación sin ajustar.	36
Ilustración 32: Imagen 3D de la presa con la excavación óptima ajustada a su superficie.	37
Ilustración 33: Planta de Presa definiendo zonas de perfiles transversales	38
Ilustración 34: Sección transversal en la que se muestra la excavación necesaria.	39
Ilustración 35: Sección transversal de la presa delimitando la sección de hormigón necesaria.	41
Ilustración 36: Vista 3D de la presa con aplicación de materiales a la presa.	42
Ilustración 37: Imagen del ensamblaje de la carretera.	46
Ilustración 38: Líneas de muestreo y P.K.'s de cada línea.	47
Ilustración 39: Sección transversal en terraplén.	48
Ilustración 40: Sección transversal en desmonte	48

1. INTRODUCCIÓN

1.1. TIPOS DE PRESA.

1.1.1 Definición de presa.

Una presa se puede definir como una estructura cuya finalidad es contener el agua en un cauce natural generalmente con dos fines, alternativos o simultáneos:

- Elevación del nivel del agua para que pueda derivarse por una conducción o para obtener un salto hidráulico y usarlo como aprovechamiento hidroeléctrico.
- Formación de un depósito para regulación de caudales, es decir, retener los excedentes de agua para suministrar en periodos de escasez. O la formación de un depósito para laminar las puntas de caudal durante las avenidas.

En conclusión la función mecánica esencial de una presa es elevar el nivel natural del río, por lo tanto la sobrecarga fundamental que tendrá que soportar será el empuje del agua, este empuje determinará su concepto resistente.

Por otro lado la presa retiene el agua para utilizarla para ello se diseñan unos órganos de desagües voluntarios denominados tomas. También será necesario evacuar el caudal sobrante de las avenidas, para ello se diseñan los aliviaderos.

1.1.2 Tipología de presas.

Podemos encontrar diferentes tipos de presa en función de las variadas formas de cumplir la doble exigencia de resistir el empuje del agua y evacuar los caudales sobrantes. Tenemos diferentes tipos de clasificación de presas:

Según la posición del aliviadero:

- Aliviadero sobre coronación:



Ilustración 1: Presa de la Puebla de Cazalla con aliviadero en coronación

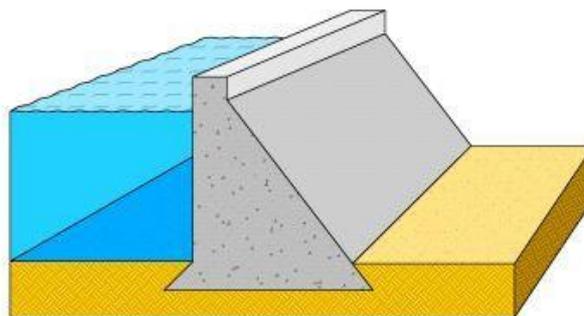
- Aliviadero independiente:



Ilustración 2: Presa del pintado con aliviadero independiente

Según la forma de resistir los empujes hidrostáticos:

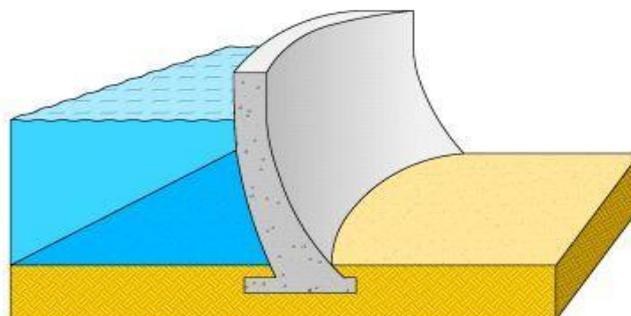
- De gravedad: Cuando el peso de la presa es el que se encarga de garantizar la estabilidad. Requiere un terreno competente donde cimentar, ya que tiene un gran peso. O sí el terreno donde está previsto cimentar no es muy adecuado necesitará una base de mayor área que ayude a repartir las tensiones.

**GRAVEDAD**

DIBUJO: ALEJANDRO ANTONIO CRUZ DONADO
UNIDAD PEQUEÑOS PRODUCTORES "UPP"
ANACAFE SEPTIEMBRE 2010

Ilustración 3: Presa de gravedad

- De arco o bóveda: Funciona estructuralmente cómo un arco horizontal que transmite la mayor parte de la carga del agua a las paredes laterales de la cerrada en vez de al suelo del valle. Es por esto que requieren que el terreno de las paredes de la cerrada se trate de un material competente capaz de resistir las tensiones que la presa le transmitirá. Por otro lado no son exigentes en cuanto al terreno del suelo del valle.

**ARCO BÓVEDA**

DIBUJO: ALEJANDRO ANTONIO CRUZ DONADO
UNIDAD PEQUEÑOS PRODUCTORES "UPP"
ANACAFE SEPTIEMBRE 2010

Ilustración 4: Presa de Arco Bóveda

Presas de arco gravedad: Se puede decir que es un tipo de presa intermedio entre la presa de gravedad y la de arco bóveda. Este tipo de presa tiene una menor curvatura que las de bóveda y por lo tanto necesitan un mayor peso para soportar los empujes. Solo tienen curvatura en planta, mientras que en sección son parecidas a las de gravedad.



Ilustración 5: Presa de arco gravedad.

Según las dimensiones:

Seguindo la Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de grandes presas tenemos la siguiente clasificación:

- Grandes presas: Se consideran grandes presas cuando cumplen alguna de las siguientes características:
 - o Altura superior a 15 metros.
 - o Altura entre 10 y 15 metros pero además cumple alguna de las siguientes características:
 - La coronación tiene una longitud superior a 500 metros.
 - La capacidad es mayor de 1 hm³.
 - La capacidad de desagüe es superior a 2000 m³/s.
 - o Cimentaciones especiales o de características no habituales.
- Presas pequeñas: Son consideradas aquellas que no cumplen las características expresadas anteriormente.

Según los materiales usados:

- Presas de fábrica: Hoy en día cuando hablamos de presas de fábrica nos referimos casi exclusivamente a presas de hormigón, ya que la mampostería ha quedado abolida. Las presas de hormigón tienen una muy baja permeabilidad y nos permiten diseñar formas más complejas para la geometría de la presa, como puede ser la presa bóveda.

- Presas de materiales sueltos: Se trata de presas realizadas con materiales naturales excavados u obtenidos de canteras cercanas. La presa suele estar constituida por diversos materiales aprovechando las características de cada uno de ellos. En función del material predominante tienen un nombre u otro.

Presas de Fábrica:

- Presas de gravedad.



Ilustración 6: Presa de La Fernandina (Jaén)

- Presas de arco o boveda:



Ilustración 7: Presa de Béznar (Granada)

- Presas de arco – gravedad.



Ilustración 8: Presa de Víboras (Jaén) (Jaén)

- Presas Aligeradas: Intentan emplear mejor el material distribuyendo la masa de hormigón de forma que se logre un mayor momento de inercia en la sección horizontal. Dentro de las aligeradas podemos diferenciar entre las aligeradas con contrafuertes y las aligeradas con bóvedas múltiples.
- Presas Aligeradas con contrafuertes: La cara de la presa aguas arriba es continua, mientras que es sostenida aguas abajo por una serie de contrafuertes. Se trata de una estructura más ligera, con una menor cantidad de hormigón pero más difíciles de ejecutar.



Ilustración 10: Presa de Aracena (Huelva)

- Presas aligeradas de bóvedas múltiples: Tienen una función estructural similar a la anterior pero se usan arcos para transmitir los esfuerzos a la base, por lo que la curvatura juega un papel muy importante.



Ilustración 11: Presa Daniel Johnson (Canadá)

Presas de Materiales Suelos:

- Presas de materiales sueltos homogéneas: Son aquellas en las que se usa un único material para su construcción, por lo tanto el material resistente ha de ser también de una baja permeabilidad para que no deje pasar el agua. Estos materiales no suelen ser muy competentes por lo que se requiere gran cantidad de material y por lo tanto la presa no suele superar grandes alturas. Se suelen colocar drenes para evacuar el agua que se filtra.

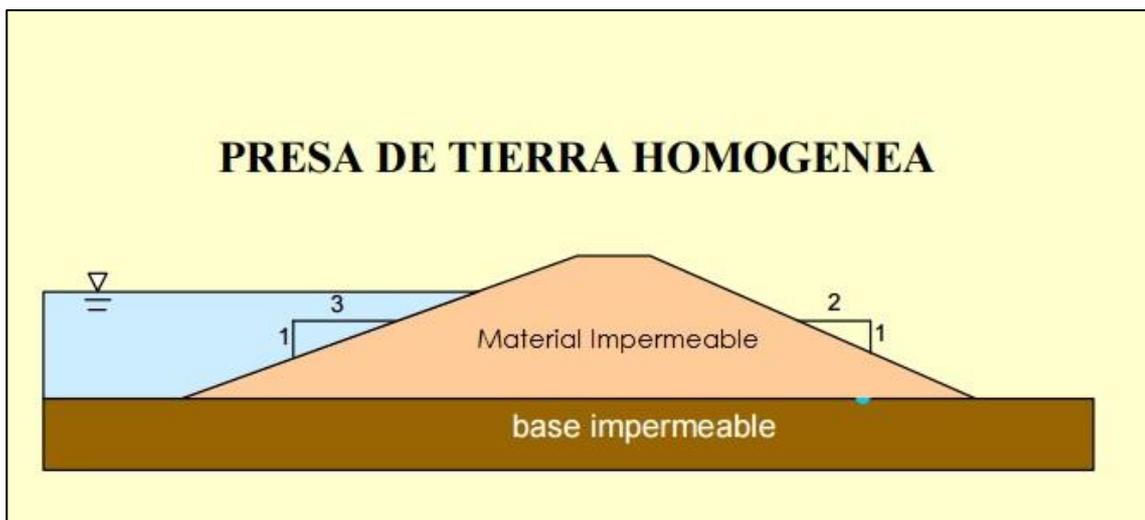


Ilustración 12: Esquema presa de materiales sueltos homogénea

- Presas de materiales heterogéneos con núcleo impermeable: Tienen la ventaja de emplear óptimamente los materiales próximos disponibles, distribuyéndolos según sus características. La función impermeable la realiza un núcleo arcilloso, de hormigón o de material asfáltico, mientras que los taludes se realizan con un material más competente lo que disminuye la cantidad de material necesaria para su construcción. Deben tener filtros que eviten el lavado de finos del núcleo en el caso de usar un núcleo arcilloso.

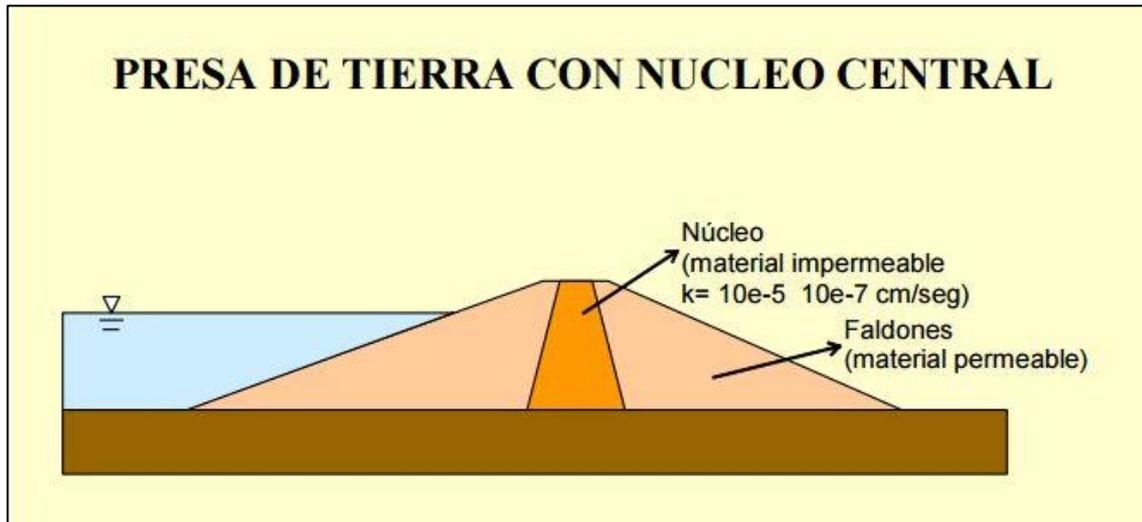


Ilustración 13: Esquema presa de materiales sueltos con núcleo central

- Presas de materiales heterogéneos con pantalla impermeable: El material impermeable que suele ser hormigón armado, telas sintéticas o asfalto se coloca en el paramento aguas arriba de la presa. Generalmente se colocan drenes en la parte inferior de la presa para evitar la entrada de agua al cuerpo de presa desde abajo. Esta tipología de diques, utilizando materiales sueltos (con o sin núcleo y con o sin lámina impermeabilizante), es muy utilizada en la construcción de balsas.



Ilustración 14: Esquema presa de materiales sueltos con pantalla impermeable

1.2 OBJETO DEL TRABAJO

El trabajo se centrará en la presa de Alcolea (en la provincia de Huelva) que se encuentra actualmente en construcción por las empresas Sacyr, Rafael Morales y Prinur en UTE. Se trata de una presa de hormigón de arco gravedad que más adelante pasaremos a analizar detalladamente. A continuación nos centraremos en el programa con el que vamos a realizar gran parte de nuestro trabajo, AutoCAD Civil 3D.

AutoCAD Civil 3D se trata de una herramienta específica para el diseño y cálculo de diferentes elementos como vías, carreteras, movimientos de tierras, cálculo topográfico, etc. Se trata de una potente herramienta de la que podemos destacar que su principal característica es que está diseñado para que todos los componentes del diseño estén relacionados entre sí, por lo tanto al modificar dichos objetos se regenera automáticamente el diseño y recalculan la información en tablas y perfiles. Esto es esencial a la hora de hacer cambios en nuestra propuesta ya que no debemos rehacer todo el proyecto.

Por otro lado es un programa que crea planos y proyecciones pero su mayor utilidad es que al tratarse de un programa 3D, crea figuras y todo tipo de formas por lo que es una herramienta muy útil a la hora de crear presentaciones en las que se pueda observar la obra civil perfectamente acabada y su relación con el entorno que la rodea. Esto es muy utilizado a la hora de mostrar al cliente una representación del estado final de la obra esperado. Es por esto que decimos que se trata de un programa de cálculo y diseño.

Como hemos explicado AutoCAD Civil 3D es un programa que nos da muchas oportunidades para trabajar en diferentes campos de la Ingeniería Civil. Hasta el momento sobre todo es usado para el cálculo y diseño de vías y carreteras, ya que cuenta con una serie de herramientas específicas para este campo. También es muy usado en el cálculo de balsas en diferentes topografías, en las que calcula los diferentes volúmenes de desmonte, terraplén y el volumen de agua a almacenar por la balsa. Sin embargo analizando las posibilidades del programa hemos visto que sería también posible usarlo en el diseño y cálculo de grandes presas, refiriéndonos con cálculo a contabilizar el movimiento de tierras necesario, el volumen de agua a embalsar, las hectáreas afectadas por el embalse y el volumen de hormigón del muro entre otros. Es decir, sin entrar en el cálculo estructural de la presa, para la que usaríamos otro tipo de programas más específicos en dicho campo. Hemos visto que no se han realizado apenas proyectos de presas con AutoCAD Civil 3D, es por ello que hemos decidido analizar el programa a fondo y ver cómo sería posible la realización del diseño y cálculo de la presa. Por otro lado también analizaremos los resultados obtenidos para confirmar que el programa nos devuelve datos racionales que nos demuestren que realmente el programa puede realizar este tipo de obras civiles.

También debemos mencionar que AutoCAD Civil 3D al ser un producto desarrollado por Autodesk permite compartir la información obtenida con el programa con otros programas de la misma compañía como AutoCAD, un estándar en los programas de CAD 2D. Es por ello que aprovechando esta característica realizaremos una presentación con el programa Infra Works 360, se trata de un programa de presentaciones de Autodesk con aplicaciones específicas para infraestructuras de ingeniería civil. Este programa se usa para realizar presentaciones, vídeos o renderizados donde se muestran de una forma muy visual cómo quedaría la obra civil una vez finalizada.

1.3 NECESIDAD DE CONSTRUCCIÓN

La presa de Alcolea se construye principalmente para solucionar los desequilibrios hídricos de los territorios dedicados al regadío que se producen en la región, por lo tanto la principal función de la presa será la de regulación de caudales. La presa de Alcolea se proyecta junto con un canal denominado canal de Trigueros, este será la obra de conducción cuyo objetivo es dotar con agua de la presa de Alcolea a aquellas zonas que lo necesiten. Las zonas que se beneficiarán del agua acumulada en la presa de Alcolea será la Unidad de Demanda Agraria "Alcolea – Andévalo" con una superficie de 24.700 hectáreas y un volumen anual de hasta 111,15 hm³ anuales para el año 2021. Por otro lado mediante el canal de Trigueros se conectará con el sistema "Andévalo-Chanza-Piedras", lo que dará una mayor garantía a ambos sistemas, ya sea en posibles episodios de sequías o debido a anomalías de funcionamiento de las infraestructuras por diversas causas.

Su necesidad queda justificada en el «Estudio de Recursos Hidráulicos de Huelva», donde se ha evaluado la descompensación zonal existente entre las regiones oriental y occidental de la provincia, que obliga a establecer un flujo de recursos en sentido oeste-este, que cubra las necesidades de agua de la totalidad del ámbito provincial

El agua almacenada será usada fundamentalmente para atender las demandas agrícolas, urbanas e industriales de la zona.

1.4 CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

La construcción de la presa de Alcolea ha generado una gran controversia debido a la contaminación minera presente en el río Odiel y Oraque por drenaje ácido de mina. Esta contaminación ha llevado a pensar que el agua almacenada en la presa sería inútil para el consumo o para el riego. Diversas organizaciones medioambientales como WWF han presentado informes en los que se intenta convencer sobre la inutilidad de las aguas que se almacenarán en los próximos años dentro del embalse. Por otro lado la Declaración de Impacto Ambiental indica que las aguas se podrán usar para riego, pudiéndose alcanzar la clasificación de aguas prepotables dentro de unos años en el pantano. Todo esto que aparece en la Declaración de Impacto Ambiental positiva se apoya en una hipótesis de autodepuración que se incluye en el Estudio de Impacto Ambiental y en el análisis de otros ríos y embalses con características similares al río Odiel. Exactamente en el BOE del 8 de Febrero de 2000 donde viene recogida la "RESOLUCIÓN de 21 de enero de 2000, de la Secretaría General de Medio Ambiente, por la que se formula declaración de impacto ambiental sobre el proyecto de presa de Alcolea (Huelva), de la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas." Aparece lo siguiente:

La contaminación minera del río Odiel es alta durante todo el año, a excepción de los períodos de riada. La construcción de un embalse de almacenamiento permite mezclar las aguas que discurren a lo largo del año con las de riadas, reduciendo, inicialmente por dilución y posteriormente por decantación, la carga contaminante del conjunto, habiéndose constatado en las grandes presas existentes en la zona, como las del Chanza y Olivargas, que los metales pesados que lleva el agua se depositan en los sedimentos del fondo, obteniéndose agua de salida para suministro con valores admisibles de contaminantes. El aprovechamiento de las aguas reguladas del Odiel, según el estudio, se programa de forma que, en primer lugar, se satisfagan las necesidades menos exigentes en cuanto a calidad, como son los usos industriales y el riego en suelos con cal, dejando los otros usos para cuando la calidad sea la consolidada, pasado un período de tiempo. La calidad de las aguas se comprobará con muestras quincenales, analizando los parámetros establecidos por la legislación vigente y siguiendo los valores límite y guía considerados en el caso de destinar las aguas a abastecimiento de uso doméstico.

Esta documentación aporta información importante sobre la evolución de la calidad del agua de los ríos Rivera del Meca y Crispinejo, con características similares al Odiel, por pasar por la franja piritífera que da lugar a los altos niveles de contaminación, especialmente en caudales de estiaje o con caudales pequeños debido a lluvias de poca intensidad después de largos períodos de sequía, por el consiguiente lavado de los terrenos de las zonas mineras de sus cuencas.

En el río Rivera del Meca se halla construido el embalse del Sancho y se analizan los parámetros que intervienen en la clasificación de aguas en clases A1, A2, A3 y TA3 en vista a su idoneidad para los distintos usos, desde el suministro doméstico al industrial y regadíos en suelos ácidos o básicos. Se han tomado muestras en los períodos desfavorables de estiaje y lluvias de lavado, antes del embalse, en distintos puntos a lo largo del embalse (cola, punto medio, junto a presa), y a distintas profundidades, y aguas abajo del embalse, obteniendo datos con los que pueden simularse resultados a obtener en el embalse de Alcolea.

En el río Crispinejo se halla construido el embalse del Agrio y también se analizan de igual forma los parámetros que clasifican las aguas. Este río ha sido sometido a regeneración y

recuperación por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía a través de un proyecto de restauración de escombreras de minerales procedentes de las minas y un control de los vertidos mineros. Los resultados actuales son una buena medida de lo que acciones similares que la Junta emprenderá en los ríos Odiel y Oraque pueden dar como resultado en la enorme disminución de la tasa de contaminantes actuales.

Con la simulación de Alcolea utilizando los datos del embalse del Sancho y las perspectivas de mejora obtenidas por acciones similares a las ya realizadas por la Junta de Andalucía para el embalse del Agrio, teniendo en cuenta que el río Oraque, que mezcla sus aguas con las del Odiel en el embalse de Alcolea, tiene niveles de contaminación muy inferiores al Odiel; que la capacidad volumétrica de Alcolea es muy superior a la del Sancho, lo que favorece los fenómenos depurativos; y habida cuenta que la presa del Sancho tiene aportaciones medias anuales de unos 30 hectómetros cúbicos, con un volumen de embalse de 55 hectómetros cúbicos, y la de Alcolea 310 hectómetros cúbicos/año con un volumen de embalse de 274 hectómetros cúbicos, y por tanto con un mejor efecto de dilución y una mayor tasa de renovación de los volúmenes de agua en el embalse, se obtienen valores de los parámetros de clasificación de aguas en el embalse de Alcolea, dentro de la franja correspondiente a la carrera de explotación, que se corresponden con un valor A2, cercano al A1, y por tanto con clasificación de pre-potables.

Pasando a analizar la información aportada por WWF

"(http://assets.wwf.es/downloads/informe_alcolea_mayo_2010_def.pdf)" que se apoya en un estudio de la Universidad de Huelva (http://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/escrito_Alcolea_UHU.pdf).

Según el estudio realizado por WWF en el que se procede a analizar muestras de aguas del río:

En primer lugar se ha procedido a analizar el campo de acidez del agua en periodos de lluvias intensas para comprobar si subía el pH tal y cómo expone el Estudio de Impacto Ambiental. Se han procedido a coger muestra entre Enero y Abril de 2010 y se ha obtenido un pH medio de 3,7 y en ningún caso un pH superior a 4, por lo que según este estudio ni en periodos de intensas lluvias se conseguiría un pH adecuado.

Analizando las mismas muestras de agua se ha obtenido una alta presencia de metales pesados, tal y cómo se puede ver en esta tabla presente en el estudio de WWF:

Tabla 1: Presencia de materiales pesados en las aguas del río Odiel

Metales	Límite de concentración R.D. 140/2003 (µg/L)	Concentración en muestra WWF Río Odiel
Cadmio (Cd)	5 µg/L	42,9 µg/L
Cobre (Cu)	2 mg/L	5,01 mg/L
Cromo (Cr)	50 µg/L	1,7 µg/L
Mercurio (Hg)	1 µg/L	<0,2 µg/L
Niquel (Ni)	20 µg/L	113 µg/L
Plomo (Pb)	25 µg/L	15,9 µg/L
Zinc (Zn)	-----	12,9 mg/L
Manganeso (Mn)	-----	7,73 mg/L

Después de dichos análisis se concluye que el agua analizada no sería viable para el consumo humano ni para el riego a no ser que fuera tratada previamente, también se añade que el agua no sería adecuada para riego debido a que podría provocar graves daños sobre el medio natural e hipotecará la calidad del suelo y el agua de los acuíferos, algo especialmente preocupante si se trata de una zona tan sensible cómo Doñana. Finalmente se incluye que para poder ser usada para riego sería necesario tratarla antes, con los inconvenientes que ello conlleva (encarecimiento de precio del agua, precipitación de metales pesados, gestión de residuos altamente contaminantes, etc.).

Por lo tanto existe una gran controversia en este tema, pero la obra cuenta con la Declaración de Impacto Ambiental positiva y se está realizando actualmente, así que dentro de unos años podremos comprobar si las hipótesis en las que se sustenta la Declaración de Impacto Ambiental han sido correctas o no.

2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

2.1 FORMA Y SECCIÓN DE LA PRESA

Cómo se ha especificado anteriormente se trata de una presa arco gravedad de hormigón, con una longitud de coronación de 554,5 m y una altura sobre el río Odiel de 54 m.

A continuación especificamos las partes más importantes de las obras de la presa de Alcolea:

- Según el Tipo se trata de una presa de Arco Gravedad.
- La curva que forma el arco en planta es una curva de 3 centros.
- Los radios de curvatura son 400, 200 y 400.
- La longitud de coronación es de 554,5 m.

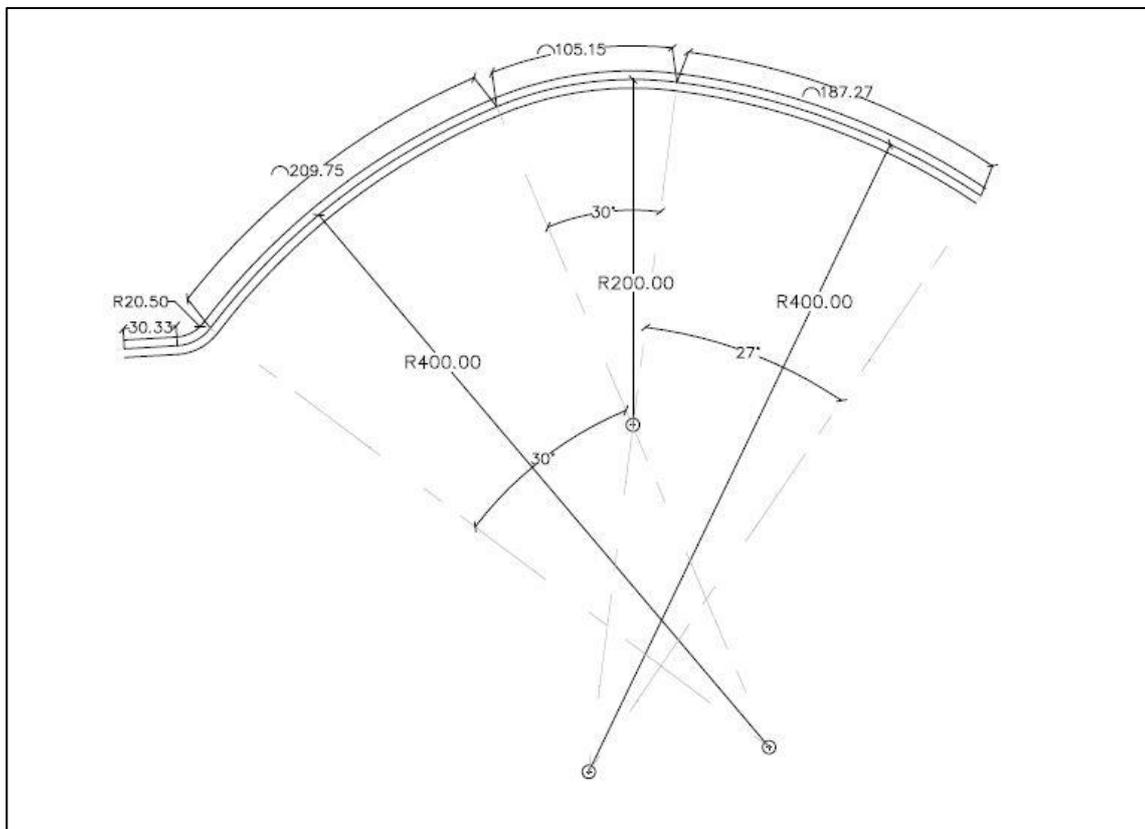


Ilustración 15: Planta de la presa con cotas en metros.

- Tiene una altura sobre el cauce de 54 m.
- La altura máxima sobre cimientos es de 61 m.
- Se usa como cota de cimentación la cota 1 m y como cota del cauce 8 m.
- La cota de coronación del eje de la calzada es de 62 m.
- La cota del pretil de coronación es de 62,6 m.
- La cota del máximo nivel de embalse es de 56 m.
- La cota del máximo nivel en crecidas es de 59,8 m.
- La cota de embalse muerto es de 15 m.
- La anchura de coronación es de 10 metros.
- El talud aguas arriba es vertical, mientras que el talud aguas abajo es de 0,75/1.

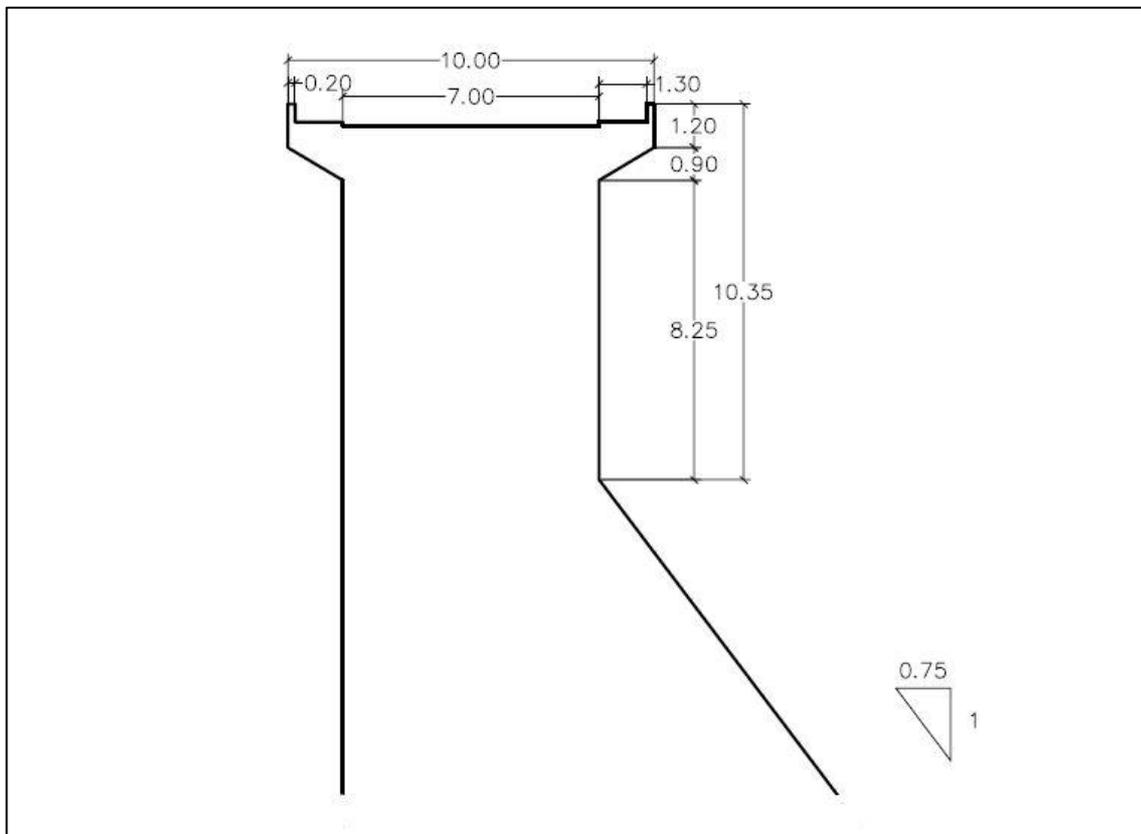


Ilustración 16: Sección de coronación de presa y taludes con cotas en metros

En cuanto al aliviadero de la presa podemos decir que se trata de un aliviadero sobre coronación ubicado en el cuerpo de presa. Es un aliviadero de labio libre que presentan las siguientes especificaciones:

- Cuenta con un total de 11 vanos.
- La longitud libre de cada vano es de 13,5 m.
- La longitud total del aliviadero es de 148,5 m.
- La anchura de las pilas intermedias son de 1.15 m.
- La cota del umbral del labio es de 56 m.
- El calado vertiente a Máximo Nivel en Crecidas es de 3.8 m.
- La capacidad de desagüe a Máximo Nivel en Crecidas es de 2.417 m³/s
- La amortiguación de energía se realiza mediante cuenco.

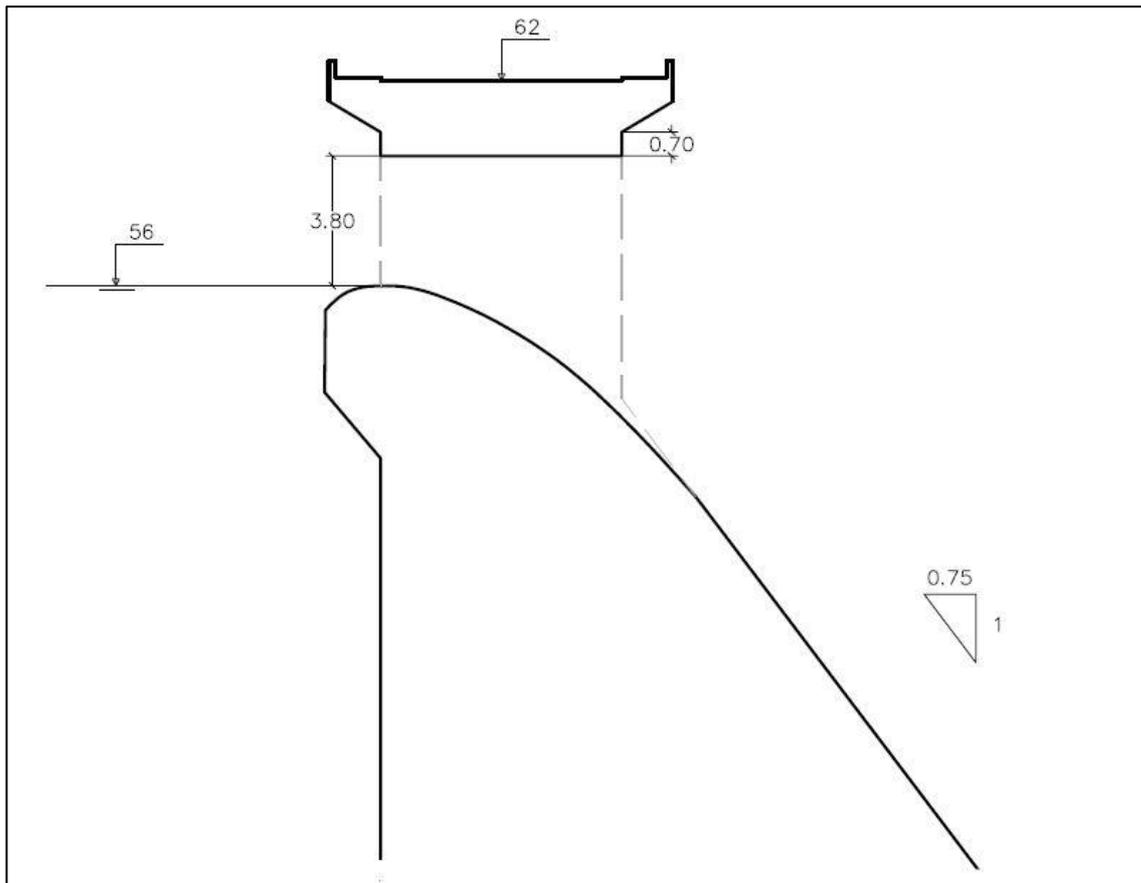


Ilustración 17: Sección de presa por la zona del aliviadero con cotas en metros.

En la coronación de la presa se coloca una carretera que conecta las dos orillas que separa el embalse y el río:

- Se trata de una carretera formada por dos carriles de 3,5 m.
- Cuenta con dos Acerados de 1,3 m.
- Cuenta con dos barreras de 0,2 m. de espesor.
- Por lo tanto tenemos $2 \cdot (3,5 + 1,3 + 0,2) = 10$ m. de anchura

El firme de la carretera está formado por las siguientes capas:

- En primer lugar una capa de 20 cm de Suelo Adecuado.
- Una capa intermedia de Zahorra de 20 cm.
- Finalmente una capa exterior de 10 cm de Mezcla Bituminosa Caliente.

2.2 ESPECIFICACIONES DEL EMBALSE

El embalse de Alcolea queda ubicado en la Cuenca Baja del río Odiel, aguas debajo de la confluencia de este río con el río Oraque. Cuenta con las siguientes características:

- La aportación de la cuenca receptora total es de 331 Hm³/año.
- La superficie de la cuenca receptora es de 1.659 Km²,
- Cuenta con una capacidad de almacenamiento de 247 Hm³, con el Nivel Máximo de Embalse (NMN) a la cota 56
- El mínimo nivel de explotación queda fijado a la cota 30.
- Se crea un embalse muerto de 24,53 Hm³.
- Los caudales fluentes son muy variables llegando a secarse en estiaje y sobrepasando las puntas de riadas ordinarias los 2000 m³/s.
- La punta de venida del proyecto es de 3.452 m³/s con 1.000 años de periodo de retorno.
- La de venida extraordinaria es de 4.485 m³/s con 10.000 años de periodo de retorno

2.3 UBICACIÓN

La presa se encuentra Ubicada en la provincia de Huelva (Andalucía), concretamente en el término municipal de Gibraleón, en el río Odiel.



Ilustración 18: Ubicación de la presa de Alcolea

Por lo tanto se encuentra en la zona centro – sur de la Provincia de Huelva.

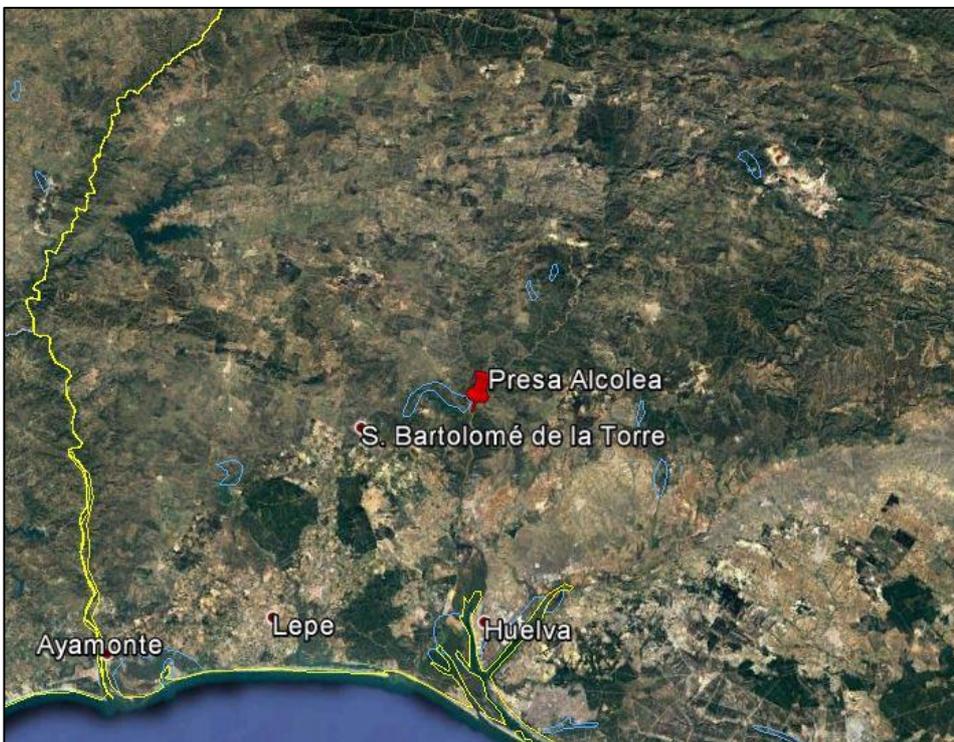


Ilustración 19: Emplazamiento de la presa de Alcolea

La intersección del eje de la Presa con el cauce del río se produce en el punto de coordenadas geográficas 37°27'60" N, 6°58'19" W, aproximadamente.

2.4 GEOLOGÍA DE LA CERRADA

Analizando el mapa litológico de Andalucía podemos observar que la zona en la que se construye la presa es una zona en la que predominan rocas metamórficas, principalmente pizarras y grauwacas y en menor medida areniscas. Esta capa en el mapa es la que viene delimitada en color morado, mientras que la 'i' es la zona de la ubicación de la presa.



Ilustración 20: Mapa de la litología de la zona de Huelva

Centrándonos en la topografía de la cerrada vemos que esta se encuentra a unos 800 – 900 metros aguas abajo de la desembocadura del río Oraque en el río Odiel.

Desde el punto de vista topográfico la cerrada se encuentra a la cota 8 aproximadamente en el nivel del río. El río en el emplazamiento describe una serie de meandros controlados por factores estructurales y tectónicos. Se pueden observar en ambas laderas una serie de barrancos de escasa longitud, con rasgos de encajonamientos que siguen unas orientaciones en función de la fracturación y la estructura del macizo rocoso

Siguiendo el proyecto de la presa vemos que se ejecutaron un total de 11 sondeos mecánicos a rotación con extracción continua de testigos y conservación en cajas para determinar los estratos que formaban el terreno y realizar los ensayos necesarios de permeabilidad. Los sondeos se realizaron en diferentes puntos:

- En la margen izquierda se realizan 4.
- En la margen derecha se realizan 2.
- En el cauce se realizan 5.

De estos sondeos se determina que la cerrada está constituida por un conjunto litológico del Grupo Culm formado por una alternancia de pizarras y grauvacas con predominio de las primeras en una relación estimada del 70% – 30%. El conjunto pertenece a un dominio estructural intensamente plegado, existiendo un accidente tectónico destacado que interseca el pie de la margen derecha y con dirección transversal al eje de la presa. Hay afloramientos escasos en ambos márgenes aunque más numerosos en el cauce del río y en las vaguadas laterales. El cauce del río Odiel en la zona de construcción de la presa aparece prácticamente libre de materiales detríticos, se estima una potencia ocasional de aluviales de menos de 2 metros.

De las investigaciones realizadas y sondeos mecánicos se determina una profundidad de cimentación de hasta 20 metros en la margen derecha en la zona en la que se encuentra la falla transversal, por otra parte en el cauce bastará con excavar entre 5 y 6 metros y en las partes restantes la excavación variará entre un valor mínimo de 5 – 6 metros hasta un valor máximo de 12 – 15 metros.

Analizando la permeabilidad en el macizo rocoso de apoyo de la presa, constituido por una alternancia de pizarras y grauvacas vemos que presenta desde el punto de vista hidrogeológico un comportamiento impermeable. Se realizaron pruebas de admisión de agua tipo Lugeon que dieron como resultado que los estratos más profundos eran de tipo impermeable. Se realizaron además pruebas para determinar la permeabilidad del vaso, llegándose a la conclusión de que era totalmente impermeable.

3. MODELADO EN AUTOCAD CIVIL 3D 2016

3.1 CREACIÓN DEL TERRENO

Para comenzar a trabajar en nuestro proyecto lo primero es obtener los datos necesarios para la creación de una superficie en Civil 3D que será el terreno en el cual vamos a colocar la presa.

Cómo veremos más adelante el terreno que ocupa nuestro embalse es una gran extensión que se desarrolla de forma longitudinal siguiendo aguas arriba los cauces de los ríos Oraque y Odiel, por lo que necesitamos una gran cantidad de puntos para poder definir de forma correcta nuestro embalse. El problema que se nos ha presentado a la hora de trabajar con el terreno es el enorme coste computacional que requería trabajar con un terreno tan extenso, es por esto que hemos intentado optimizar al máximo el terreno que nos es útil en cada una de las partes del proyecto.

La superficie del terreno la hemos creado a partir de archivos de puntos en extensión '.xyz' estos archivos los hemos obtenido del servicio de Descarga de Ortofotografías y datos del territorio de la Junta de Andalucía. Los archivos descargados se tratan de Modelos Digitales de Elevación Regionales del año 2010 – 2011. Por lo que se trata de datos bastante actualizados que serán adecuados para la realización de nuestro proyecto

En total hemos descargado un total de 12 archivos para formar el modelo del terreno total pero debido a la dificultad de trabajar con todo el terreno, sólo lo utilizaremos en su totalidad cuando sea imprescindible para el proyecto.

Para la creación del modelo de terreno tenemos que crear una nueva superficie a la que llamamos 'Terreno', esta superficie la definimos introduciendo los archivos '.xyz' en el programa. El programa creará una superficie TIN (Red Irregular de Triángulos) a través de estos puntos y nos dará la posibilidad de representarla de diferentes formas. Para trabajar con el terreno la forma más adecuada de representación será en forma de curvas de nivel cada 5 – 1 metros, aunque depende mucho de en qué vayamos a trabajar con el modelo.

Una vez que tenemos definido el terreno podemos cambiar la forma de su visualización en el estilo de superficies. Dependiendo de la escala con la que vayamos a trabajar nos interesará que se vean un mayor o menor número de curvas de nivel. Es en esta opción donde podemos modificar cada cuantos metros de elevación queremos que se represente en el dibujo una curva de nivel. Esto nos ayudará a disminuir el coste computacional del modelo y a trabajar de una forma más rápida y precisa.

La mayor parte del proyecto se ha realizado con los datos que hemos definido anteriormente, sin embargo, hemos usado otra cartografía base para la confección de algunos planos puntuales. Para la creación del plano de situación y emplazamiento hemos usado Mapas Topográficos Nacionales en extensión ECW y TIFF descargados del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Mientras que para la realización del plano de la cuenca del embalse hemos usado datos Shape obtenidos de los Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA).

3.1.2 Modelo de elevaciones

Con la superficie del terreno definida se pueden realizar diferentes análisis del mismo a través del comando 'Propiedades de superficie'. En nuestro caso hemos creído necesario realizar un análisis de las diferentes elevaciones que componen el terreno en el cual vamos a trabajar. Para ello, trabajando con el terreno completo, dentro del comando 'Propiedades de superficie' elegimos un análisis de elevaciones y designamos un número de intervalos (8 en nuestro caso). A cada intervalo le relacionamos un color obteniendo de esta forma un mapa de elevaciones en función de los colores, es necesario añadir una leyenda que especifique a que intervalo de altura se asocia cada uno de los colores. Una vez que lo tenemos definido es necesario marcarlo en el comando 'Estilo de superficies' donde deberemos activar la capa 'Elevaciones'. Con este mapa nos hacemos un idea de cómo es el terreno y las posibles zonas que se inundarían a falta de un análisis más profundo. Ver Plano '04 – Elevaciones'.

3.2 EMBALSE Y VOLUMEN

Uno de nuestros objetivos es delimitar la zona del terreno que será inundada por el agua en el caso de explotación máxima del embalse. Como hemos especificado anteriormente la cota de máximo nivel de embalse es la cota 56, esto quiere decir que en la cota 56 de la presa surge el aliviadero que comenzará a extraer agua del embalse a partir de esta cota.

Para poder calcular la zona a inundar hemos trabajado con el modelo del terreno al completo, es decir, con los 12 archivos de puntos de los que hemos hablado anteriormente. En estos archivos de puntos no está aún construida la presa por lo que tenemos que añadirla para realizar el cálculo apropiado.

3.2.1 Modelado de la presa

Para calcular la zona de embalse no tenemos que modelar la presa siguiendo su diseño fielmente. Nos basta con mantener la pendiente aguas arriba que será la que estará en contacto con el agua del embalse, así como la altura de la presa y principalmente la de los aliviaderos que son los que definen la cota de máximo nivel de embalse.

La presa la modelamos como una explanación. Para ello una vez que tenemos el eje de la presa en planta definida con una polilínea creamos una línea característica a partir de ella asignándole una elevación de más de 56 metros, en nuestro caso le asignamos unos 60 metros. Además al estar trabajando con el eje de la presa debemos asignarle un desfase en planta de la mitad de la anchura de la misma. Este desfase que en nuestro caso es de 3,5 metros se debe realizar a ambos lados del eje de la presa, para poder modelar la presa como un volumen de explanación.

Una vez que tenemos ambas líneas características (la de aguas arriba y aguas abajo de la presa) podemos definir la explanación de 'tierras' que representará la presa. Para ello creamos una explanación aguas arriba con una pendiente en terraplén de 0.01:1 (En proyecto dice que la pared de la presa será vertical) la pendiente en desmonte no nos hará falta, ya que la línea característica está más elevada que el terreno. De esta forma ya tenemos la pared de la presa aguas arriba. Para crear la pared de la presa aguas abajo realizamos el mismo procedimiento pero con una pendiente en terraplén de 0.75:1, siguiendo las especificaciones del proyecto. De esta forma ya tenemos modelada la presa en nuestra cerrada.

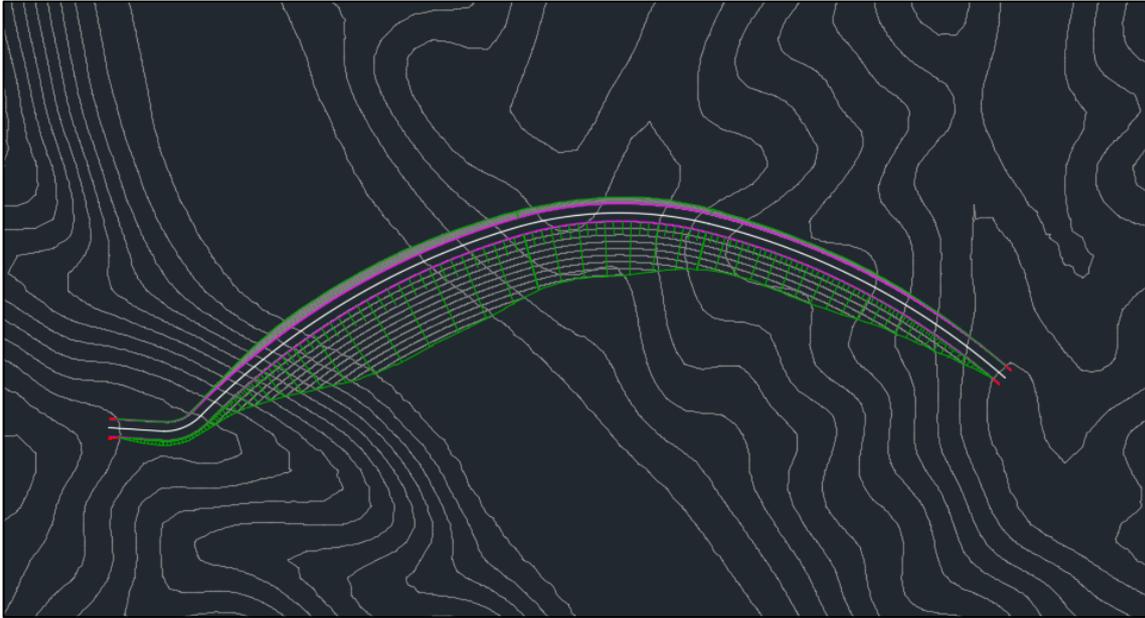


Ilustración 21: Modelo de la presa como obra de explanación.

Para actualizar el terreno a un nuevo terreno en el que se tenga en cuenta la presa modelada es necesario crear una nueva superficie. Por lo tanto creamos una nueva superficie TIN y la definimos pegando en primer lugar el terreno que ya teníamos sin la explanación de la presa y después pegamos la explanación de la presa. De esta forma tenemos un terreno en el que se tiene el terreno inicial con la presa ya modelada.

3.2.2 Zona inundable

Una vez que tenemos el terreno actualizado es necesario extraer de él la cota máxima a la que llegará el agua embalsada. Para ello con el comando extraer objetos de la superficie extraemos la curva de nivel 56 del terreno y la presa, que al estar solapados será la misma. Es necesario extraer esta curva de nivel para poder definir otra superficie que denominamos 'lámina' que representará la lámina de agua embalsada en el vaso del embalse. Esta nueva superficie TIN la definimos a través de la curva de nivel 56, de forma que ya tenemos el modelo de la lámina de agua del embalse. Para una mejor vista de la superficie creada es recomendable utilizar la vista en triángulos en vez de la de curvas de nivel.

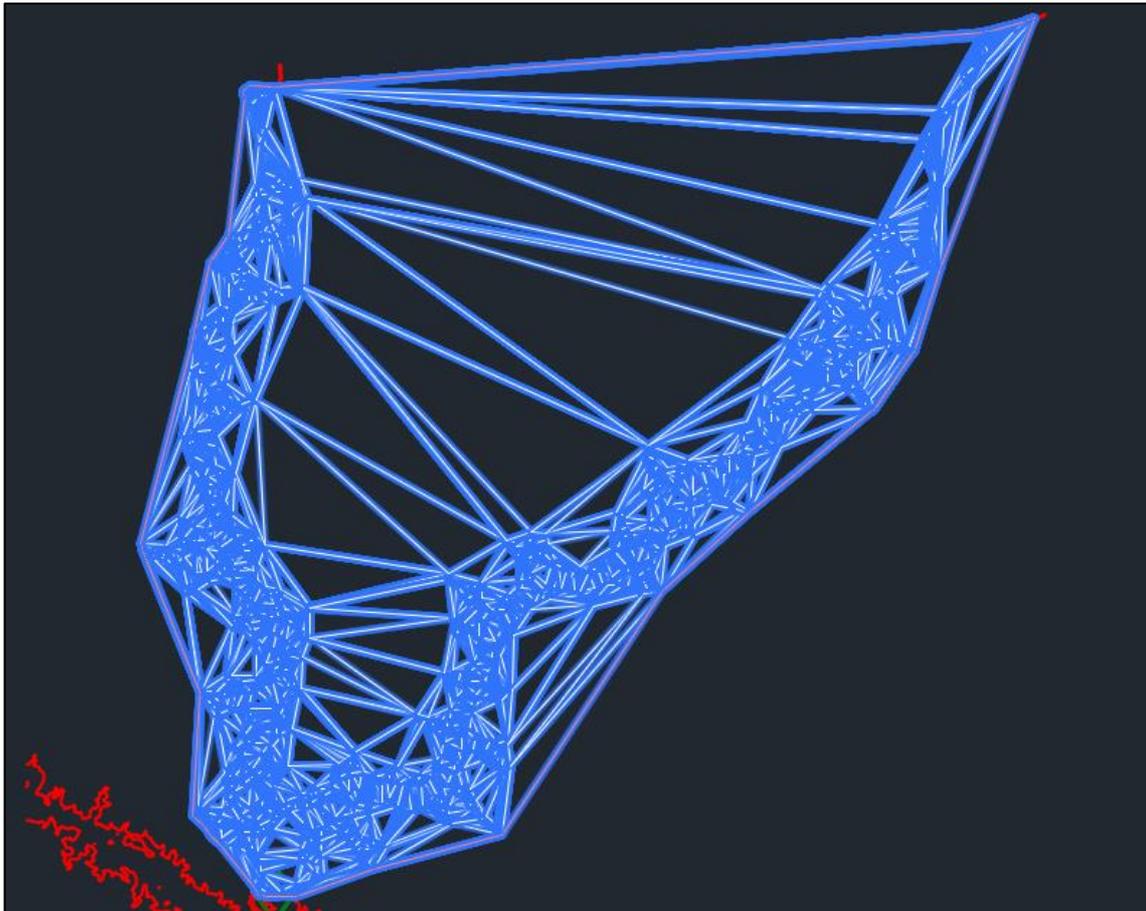


Ilustración 22: Superficie de lámina de agua erróneamente definida.

Pero llegados a este punto se nos presenta el problema de que al tener un embalse tan irregular la superficie no queda bien definida, ya que triangula de forma errónea, incluyendo zonas del terreno que no pertenecen a la lámina de agua. Es por ello que debemos modificar la superficie TIN eliminando los triángulos que salen de la delimitación de la zona por la curva de nivel 56. Para ello hay varias formas pero la más rápida y adecuada en nuestro caso es añadiendo a la superficie un contorno. Este contorno será el definido por la curva de nivel 56, de esta forma se eliminan todos los triángulos que en un principio quedaron fuera de dicha curva de nivel, obteniendo, esta vez sí, el modelo de la superficie de la lámina de agua y por lo tanto la extensión inundable del terreno en el que se encuentra el embalse. Se puede ver el resultado obtenido el plano '05 – Embalse'

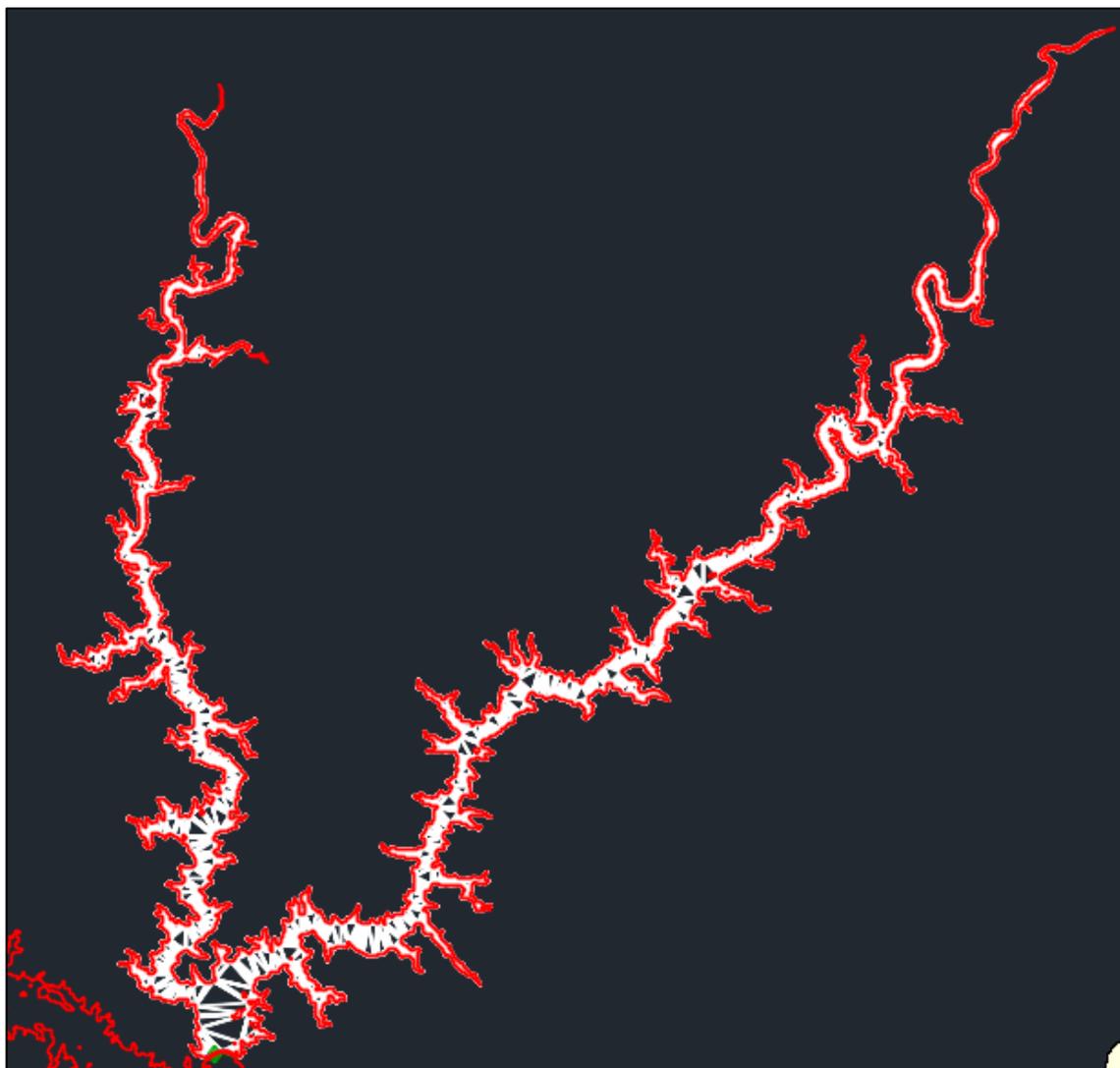


Ilustración 23: Superficie de lámina de agua totalmente adaptada a la cota 56.

Con la lámina de agua ya creada podemos calcular el área total inundable del embalse. Para ello nos vamos a las propiedades de la superficie, seleccionando la superficie que representa la lámina de agua y dentro de la pestaña 'Estadísticas' vemos el área de la superficie 2D. En nuestro caso el resultado obtenido es de 1.557,22 Hectáreas.

3.2.3 Volumen del embalse

Llegados a este punto tenemos una superficie en la que se representa el terreno con la presa ejecutada y otra superficie que representa la lámina de agua a máximo nivel de embalse. Con estos datos podemos calcular el volumen de agua que será posible embalsar con la construcción de nuestra presa. Para ello es necesario calcular el volumen que hay entre el terreno donde está nuestro embalse y la lámina de agua que hemos definido anteriormente.

Se trata de un proceso simple y rápido en el que creamos una nueva superficie, pero en este caso la nueva superficie no será una superficie TIN, sino que será una superficie de volumen TIN. Esta superficie la debemos definir con otras dos superficies:

- La superficie base, que será la superficie de la lámina que hemos definido anteriormente.
- La superficie de comparación, que será la superficie del terreno con la presa modelada.

Una vez creada esta nueva superficie únicamente tenemos que ver las propiedades de la superficie de volumen y comprobar los metros cúbicos de desmonte. En nuestro caso obtenemos una capacidad máxima de embalse de 232,47 Hm³ que difiere casi unos 15 Hm³ de lo especificado en proyecto.

3.3 CUENCA DEL EMBALSE

Para definir la cuenca del embalse no hemos trabajado con Civil 3D, sino que hemos buscado en los Datos Espaciales de Referencia en Andalucía y hemos encontrado las cuencas de los ríos Oraque y Odiel en los que se formará nuestro embalse. Estos datos los hemos encontrado en formato Shape, por lo que hemos trabajado con el programa Qgis para analizar los datos y presentarlos de la forma adecuada. Finalmente lo hemos introducido en AutoCAD para imprimirlo de la forma adecuada. Ver plano '03 – Cuenca'.

Para el cálculo del área de la cuenca hemos usado las herramientas del programa Qgis. Dentro de la tabla de atributos de la capa cuenca usando la calculadora de campos le hemos añadido para calcular el área de cada cuenca. De esta forma obtenemos que la cuenca del Río Oraque c un área de 34.511,15 hectáreas, mientras que el Río Odiel 52.530,31 hectáreas. Esto hace un total de 87.041,46 hectáreas de cuenca total del embalse.

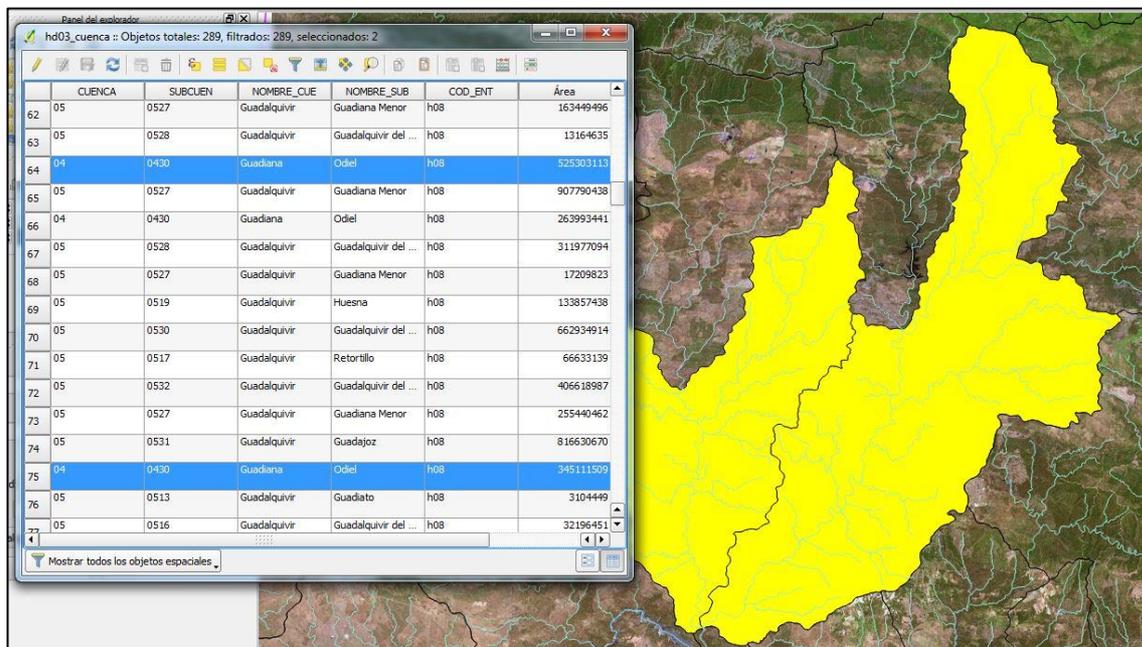


Ilustración 24: Cuencas en el programa Qgis con sus áreas.

3.4 MODELO 3D DE LA PRESA

Para el uso del modelo de la presa utilizaremos varias opciones que nos da Civil 3D entre ellas la creación de ensamblajes que definirán nuestra presa de una forma precisa.

3.4.1 Ensamblajes

Los ensamblajes son unas secciones que definimos previamente y que se irán colocando a lo largo de una alineación para formar una obra lineal. Esta obra lineal será un modelo tridimensional que combina la definición planimétrica de la alineación, la altimetría de un perfil y la configuración transversal del ensamblaje. Cada ensamblaje puede estar conformado por una serie de bloques denominados subensamblajes, para poder hacer que el diseño 3D sea más fiel al diseño real.

Dentro de programa Civil 3D tenemos una serie de subensamblajes ya definidos que nos pueden servir para realizar un determinado modelo. Pero si el modelo que queremos representar, cómo es en nuestro caso la presa, no se encuentra ya definido, existe un programa donde se pueden realizar los subensamblajes partiendo desde cero. Este programa es el denominado 'Autodesk Subassembly Composer'. En nuestro caso lo hemos utilizado para definir el modelo de nuestra presa y de la excavación que sería necesaria realizar en el terreno para introducir la presa.

El primer modelo que realizamos es el modelo de la presa con el castillete. Este será el modelo a colocar en la zona de la presa donde no tenemos el aliviadero. En esta primera imagen podemos ver las diferentes ventanas que forman el entorno del programa, en la de la izquierda es donde vamos definiendo cada uno de los elementos ya sean puntos, líneas o áreas y en la ventana izquierda es donde se va dibujando la sección definida.

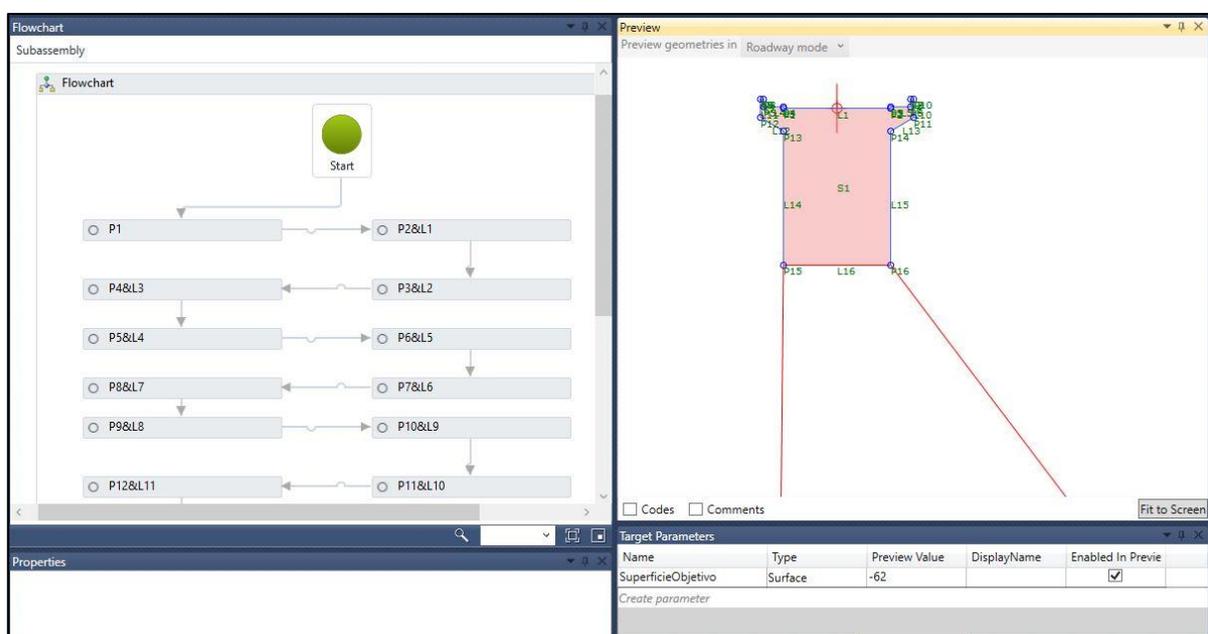


Ilustración 25: Imagen del programa 'Subassembly Composer' en la definición del subensamblaje de la presa con castillete.

Otro de los modelos necesarios será el subensamblaje para crear la zona del aliviadero de la presa. Para ello hemos definido la curva Creager que se usa en el diseño del aliviadero y hemos dejado libre la zona del aliviadero por donde saldrá el agua.

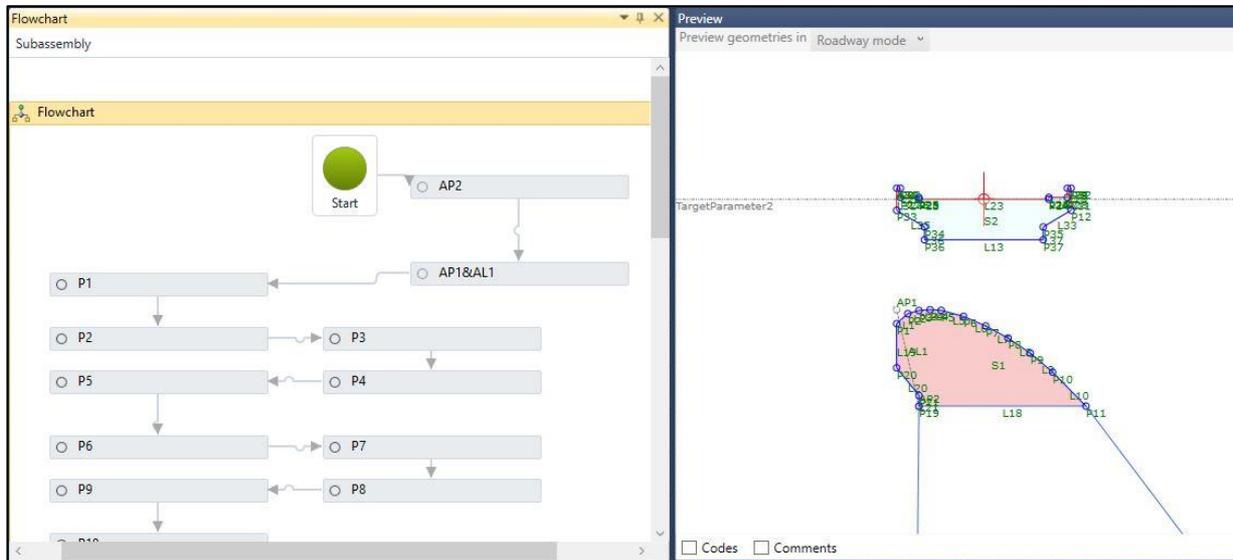


Ilustración 26: Imagen del programa 'Subassembly Composer' en la definición del subensamblaje de la zona de aliviadero de la presa

Por último realizamos el subensamblaje de la excavación, que es el más simple, siendo únicamente un cajeadado en el que definimos la anchura de la excavación y la pendiente que tendrán los taludes, en nuestro caso 1:1.

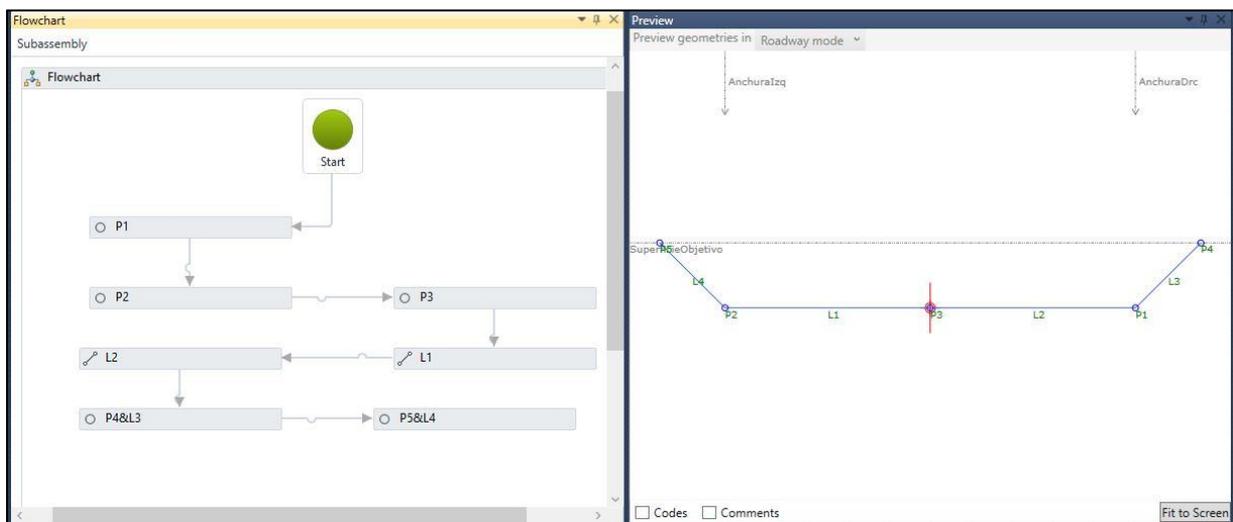


Ilustración 27: Imagen del programa 'Subassembly Composer' en la definición del subensamblaje de la excavación para el cajeadado de la presa

Todos estos subensamblajes tienen una serie de parámetros que hemos definido al crearlos y se pueden cambiar una vez que los introducimos en nuestro modelo de AutoCAD, esto hace que los subensamblajes sean más versátiles y nos sirvan para distintos modelos.

3.4.2 Excavación

Lo primero es la creación de la superficie del terreno como una superficie TIN, es decir, el paso que vimos en el punto 3.1 y a partir de ahí continuar con la realización de los subensamblajes que podemos haber definido antes, ya que al realizarse en otro programa diverso no interfiere con esta operación.

Una vez que tenemos los subensamblajes definidos pasamos a la realización del modelo en Civil 3D. Para ello lo principal es diseñar la alineación, con una polilínea, que represente el eje de la presa y colocarla en el terreno justo en el emplazamiento donde se va a construir. Cuando la tenemos definida la establecemos como una alineación con el comando 'Crear Alineación a partir de Objetos' y una vez que la tenemos definida como alineación procedemos a ver el perfil del terreno en la que será nuestra cerrada. Para ello usamos el comando 'Crear perfil a partir de superficies' asignando la alineación que define el eje de nuestra presa y como superficie el terreno que define nuestra topografía.

Con el perfil de la cerrada ya creado procedemos a crear los otros perfiles que necesitamos definir. Estos serán la coronación de la presa que en nuestro caso se encontrará a la cota 62 y la excavación en el terreno que dependerá de cada zona. En la siguiente imagen se pueden ver cada uno de ellos, el rojo y blanco representa el terreno de la cerrada, el rojo horizontal representa la coronación de la presa y el rojo inclinado por debajo del terreno representa la excavación necesaria.

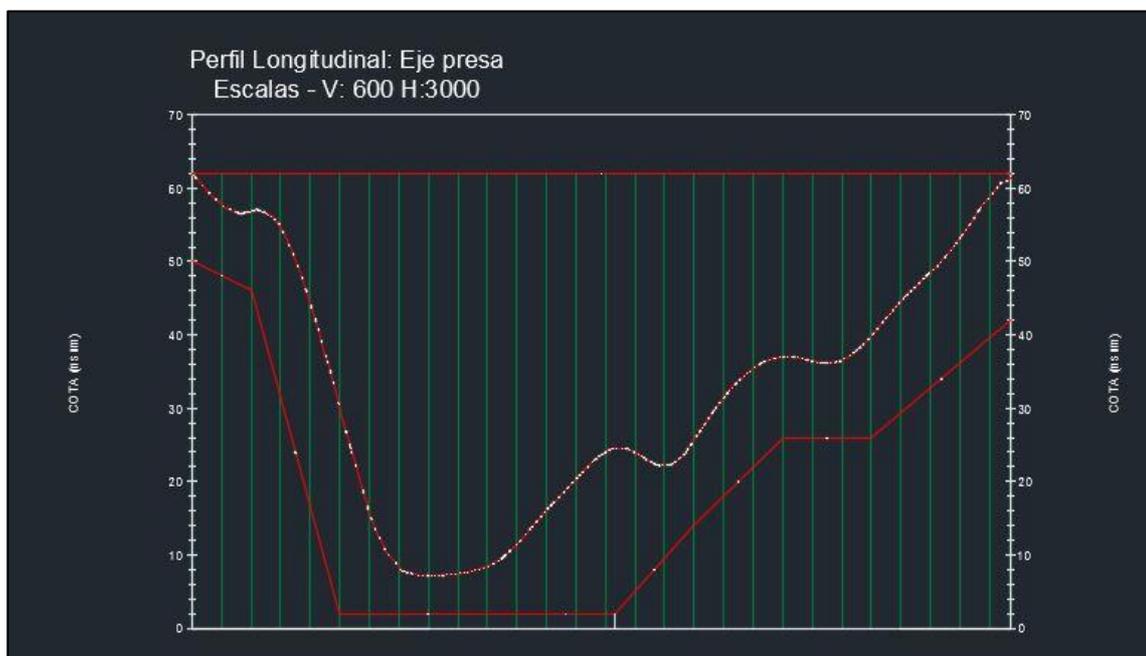


Ilustración 28: Imagen de los diferentes perfiles que aparecen la cerrada de la presa.

El siguiente paso es crear los ensamblajes que anteriormente hemos definido en Autodesk Subassembly Composer, para ello usamos el comando 'Crear Ensamblaje' y para introducir los que hemos definido anteriormente usamos el comando 'Importar Subensamblaje'. De esta forma creamos 3 subensamblajes:

- Presa.
- Aliviadero.
- Excavación.

Con estos tres subensamblajes creado procedemos a realizar la obra lineal de la excavación. Usamos el comando 'Crear Obra Lineal' y usamos la alineación del eje de la presa, el perfil de la excavación, como ensamblaje el definido para la excavación y como superficie objetivo el terreno donde se coloca nuestra presa. Se genera la obra lineal que en este caso será la excavación necesaria para el cajeadado de nuestra presa.

Tenemos la obra lineal creada y ahora procedemos a extraer las superficies que se han creado al realizarla, para ello usamos el comando 'Superficies de obra lineal' creamos una nueva superficie de obra lineal, añadimos la excavación y la marcamos como línea de rotura. De esta forma se regenera la obra lineal y obtenemos la superficie descrita.

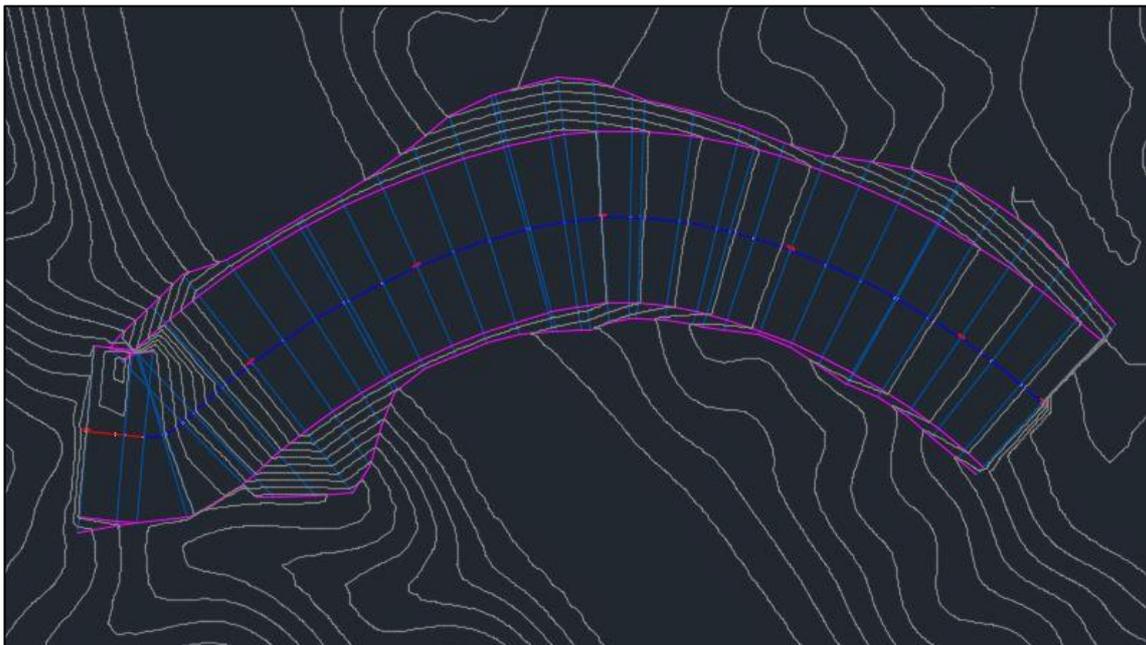


Ilustración 29: Planta de la excavación inicial sin ajustar.

Es necesario explicar que en nuestro caso colocamos una excavación con una anchura de unos 45 metros, es decir, una distancia superior a la necesaria para colocar la presa, esto lo hacemos para que después, una vez que hemos colocado la presa, podamos redefinir los límites de la excavación y se adapten perfectamente a la presa, cosa que actualmente no sería posible ya que aún no tenemos definida la intersección de la presa con la excavación.

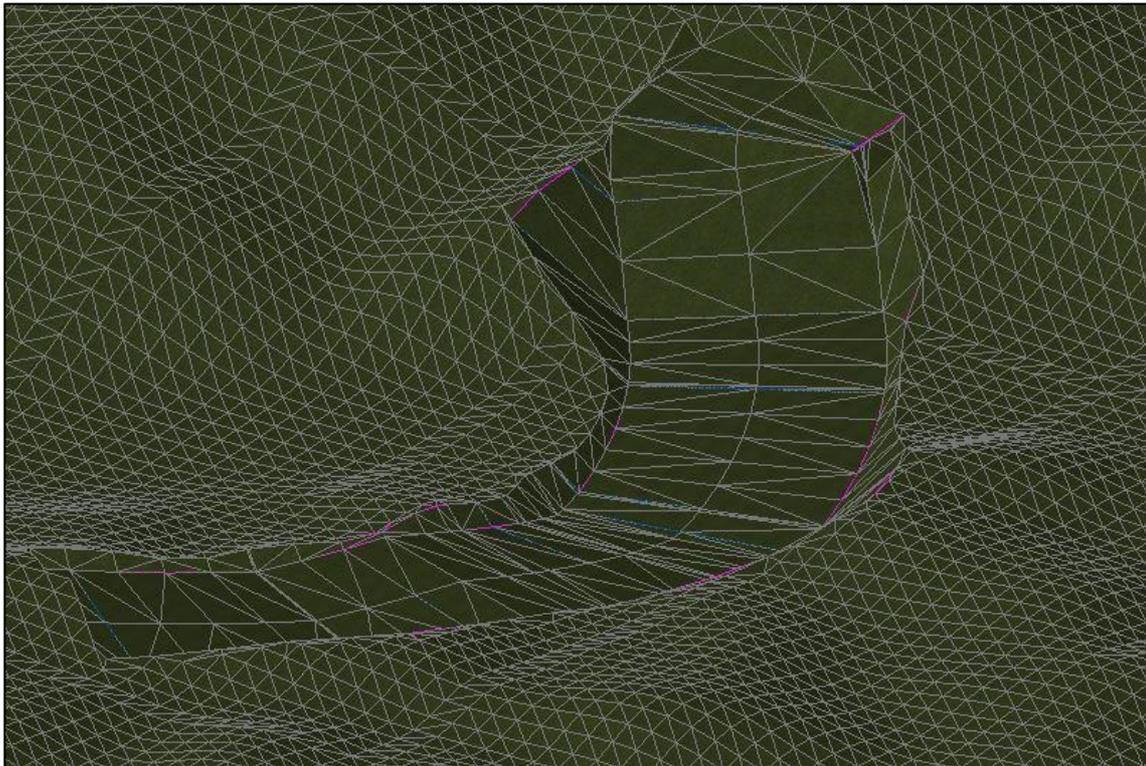


Ilustración 30: Imagen 3D de la excavación inicial sin ajustar.

3.4.3 Cuerpo de presa

Ya tenemos realizada la excavación en el terreno, por lo que el próximo paso es realizar la obra lineal para modelar la presa. Para ello usamos de nuevo el comando 'Crear Obra Lineal' colocando como alineación el eje de la presa, como perfil usamos el perfil que hemos llamado coronación, como ensamblaje colocamos el ensamblaje de presa y como superficie objetivo la superficie de la excavación que hemos realizado en el paso anterior.

A continuación debemos colocar también el aliviadero central, ya que si únicamente realizamos la obra lineal con el subensamblaje de la presa con el castillete no nos modelaría el aliviadero. Por lo tanto es necesario en el cuadro de diálogo que aparece al aceptar la obra lineal introducir dos regiones después de la región 'Presa' ya establecida. La segunda de estas regiones corresponderá al aliviadero, por lo que tenemos que colocar como subensamblaje el que tenemos definido para el aliviadero. La tercera de las regiones volverá a ser la presa con el castillete, ya que el aliviadero no nuestra presa se encuentra en una posición central, por lo tanto volvemos a colocar el subensamblaje de la presa con el castillete.

Con las tres regiones definidas en cuanto a subensamblaje pasamos a la definición de la zona donde se colocarán, es decir, tenemos que definir los P.Ks que van a ocupar cada una de las regiones. En nuestro caso hemos colocados los siguientes:

- Presa con castillete: 0.00 – 160.00 m.
- Presa con aliviadero: 160.00 – 320.00 m.
- Presa con castillete: 320 – 554.5 m.

Finalmente definimos las superficies objetivo de cada trama que será la misma en todos, la superficie de la excavación realizada en el paso anterior. También se puede cambiar la frecuencia con la que se coloca cada ensamblaje para obtener un resultado más o menos preciso. En nuestro caso dejamos el valor por defecto 20 m. Al aceptar se genera la obra lineal que modela nuestra presa.

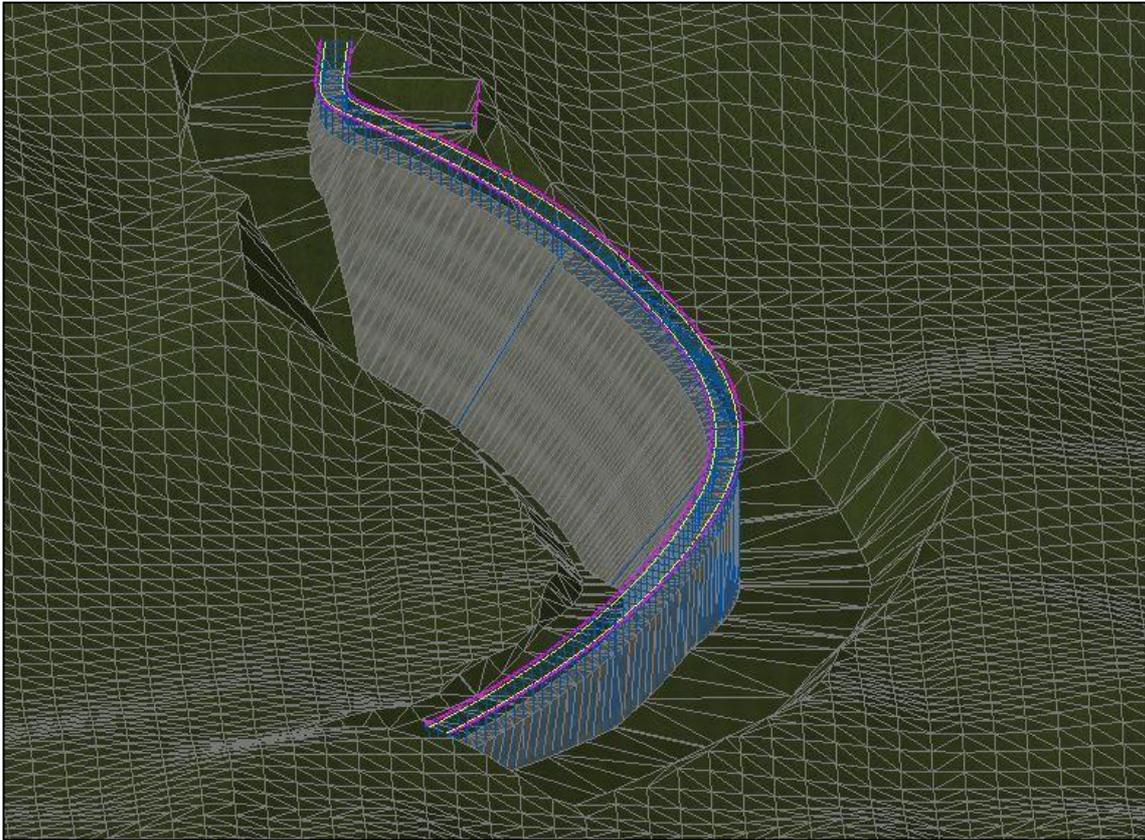


Ilustración 31: Imagen 3D de la presa con la excavación sin ajustar.

3.4.4. Ajuste de Excavación

Una vez que tenemos la presa ejecutada en la excavación se puede ver en la imagen anterior que hemos ejecutado ha sido más de la necesaria por lo que debemos ajustarla a la necesidad de la presa. En este paso realizaremos lo indicado al final del paso 3.4.2.

Para ello debemos extraer las líneas de intersección de la presa con el terreno, usamos el comando alineación a partir de obra lineal y extraemos tanto la línea de intersección de la presa con la excavación aguas arriba cómo aguas abajo.

Con ambas líneas extraídas como alineaciones procedemos a definir las como objetivos de la excavación para que de esta forma se ajustan a la presa, mostrando la excavación realmente necesaria para el encaje de la presa. Este paso lo realizamos dentro de la propiedades de la obra lineal que hemos denominado excavación, dentro de la pestaña 'Parámetros' establecemos como objetivo de anchura la anchura izquierda y la anchura derecha. De tal forma que establecemos como objetivo de anchura derecha la alineación extraída aguas abajo y como objetivo de anchura izquierda la alineación aguas arriba.

Aceptando los cambios se regenera la obra lineal y tenemos la excavación ajustada a la presa tal y como queríamos.

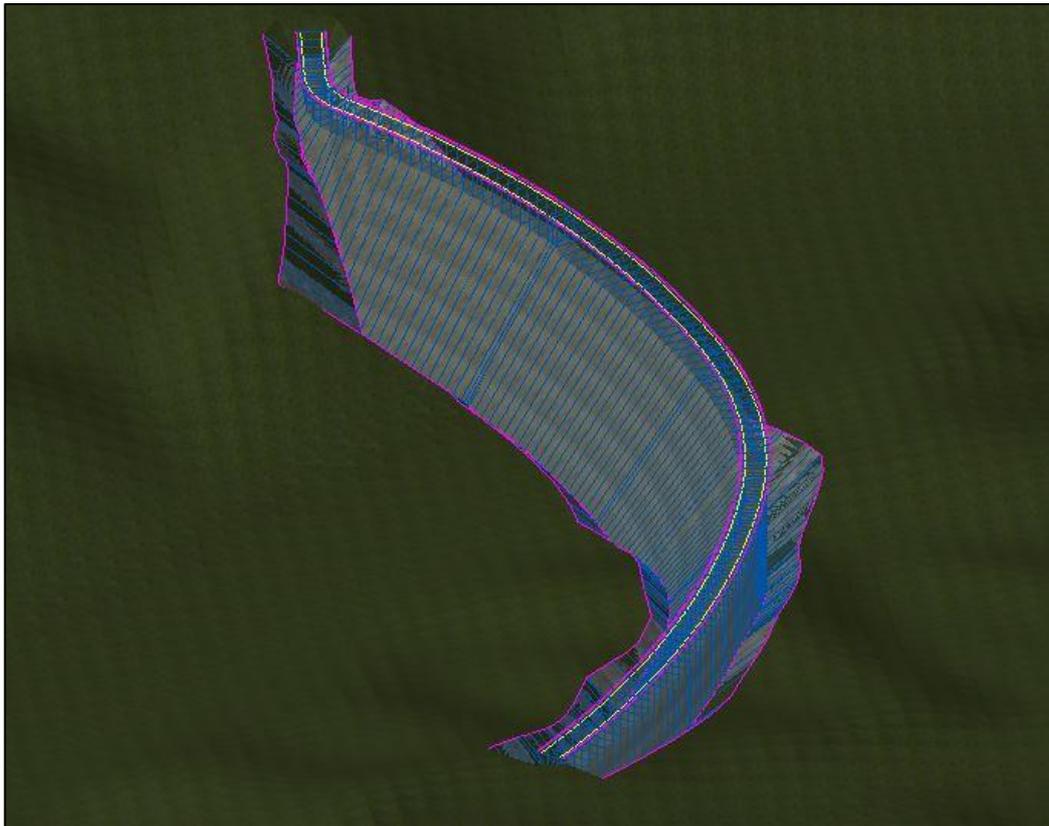


Ilustración 32: Imagen 3D de la presa con la excavación óptima ajustada a su superficie.

3.4.5. Creación de la presa cómo superficie

Por último nos queda definir la presa modelada anteriormente cómo una superficie. Lo que vamos a hacer es definir la presa como una superficie y definir su intersección con el terreno.

Este paso lo realizamos dentro de la propiedades de la presa como obra lineal, en primer lugar nos vamos al apartado superficies donde añadimos una nueva superficie y a esta superficie le añadimos los vínculos de la presa que marcamos cómo línea de rotura. En la pestaña contorno añadimos automáticamente la intersección.

3.4.6. Volumen de excavación necesario

Con la presa ya modelada y colocada en nuestro terreno procedemos a realizar los cálculos necesarios para su construcción. Empezamos con el cálculo del volumen de tierras que será necesario extraer para realizar el encajonamiento de la presa.

Para ello vamos a crear una serie de líneas de muestreo usando el comando 'Líneas de muestreo' nos pide una alineación que será la definida como el eje de nuestra presa y una serie de datos de muestreo. Como en este caso queremos obtener el volumen de excavación antes de la construcción de la presa, desmarcamos aquellos datos

provenientes de la superficie y la obra lineal de la presa.

Una vez definidos estos conceptos se nos muestra un menú de 'Herramientas de línea de muestreo' donde especificaremos que se creen las líneas por intervalos de P.K. En este menú debemos definir la anchura de las secciones transversales de forma que se vea toda la sección de terraplén o desmote, además de definir cada cuantos metros queremos que se haga una línea de muestreo, en nuestro caso será cada 20 metros.

Con esto quedan definidas las zonas por donde se realizarán los perfiles transversales del terreno y la excavación. Estos perfiles quedan definidos en el Plano 10 y 11 del presente documento.

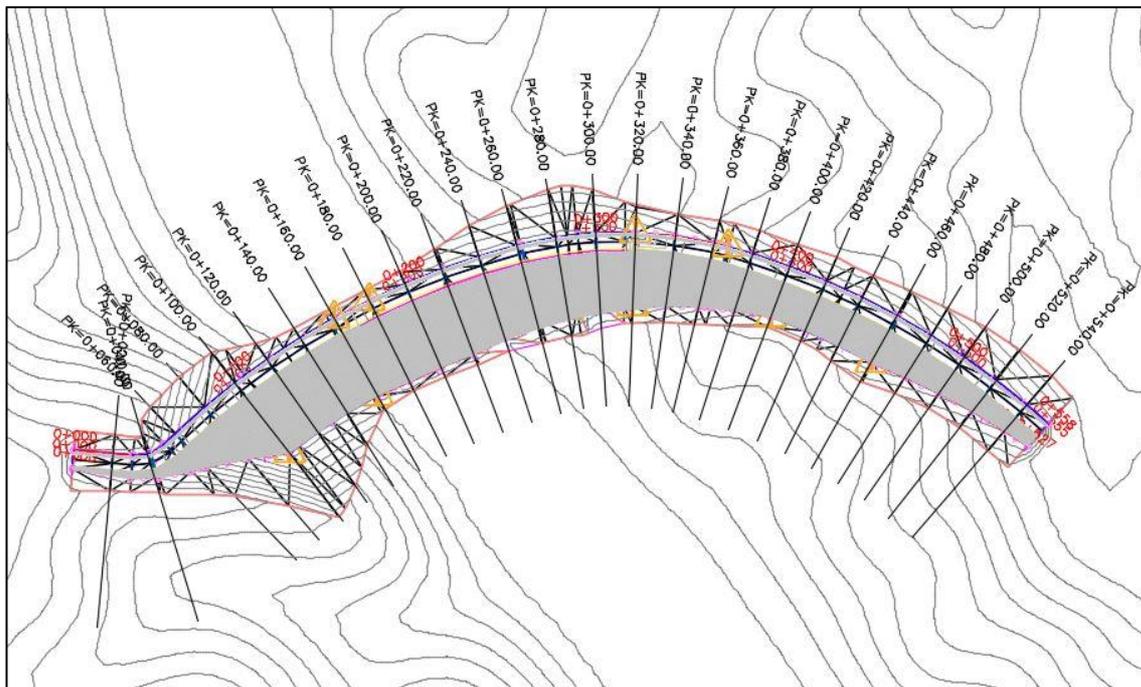


Ilustración 33: Planta de Presa en la que se definen las zonas por las que se realizarán los perfiles transversales

El siguiente paso será crear las secciones transversales, esto lo hacemos con el comando 'Vistas en Sección' y 'Crear varias vistas'. Dentro del cuadro de diálogo debemos colocar nuestra alineación del eje de la presa y el nombre del grupo de líneas de muestro creadas anteriormente. Con esto creamos el grupo de vistas en sección que nos muestran todas las secciones transversales cada 20 metros.

De esta forma ya tendríamos las secciones que nos muestran el corte de la excavación con el terreno, pero también tenemos que calcular los metros cúbicos de desmote que se van a realizar para el encajonado de la presa. Esto lo hacemos en la pestaña 'Analizar' y en el comando 'Calcular materiales', nos piden que seleccionemos nuestra alineación que es el eje de la presa y el grupo de líneas de muestreo anteriormente definidas. En el siguiente cuadro de diálogo tenemos que introducir 2 superficies:

- Superficie EG: Será la superficie base, en nuestro caso la superficie del terreno.
- Superficie Datum: Será la superficie de comparación, en nuestro caso la superficie extraída de la obra lineal de la excavación.

Al aceptar comprobamos que se ha coloreado en rojo todas las secciones transversales en las que es necesario realizar trabajos de desmonte o excavación.

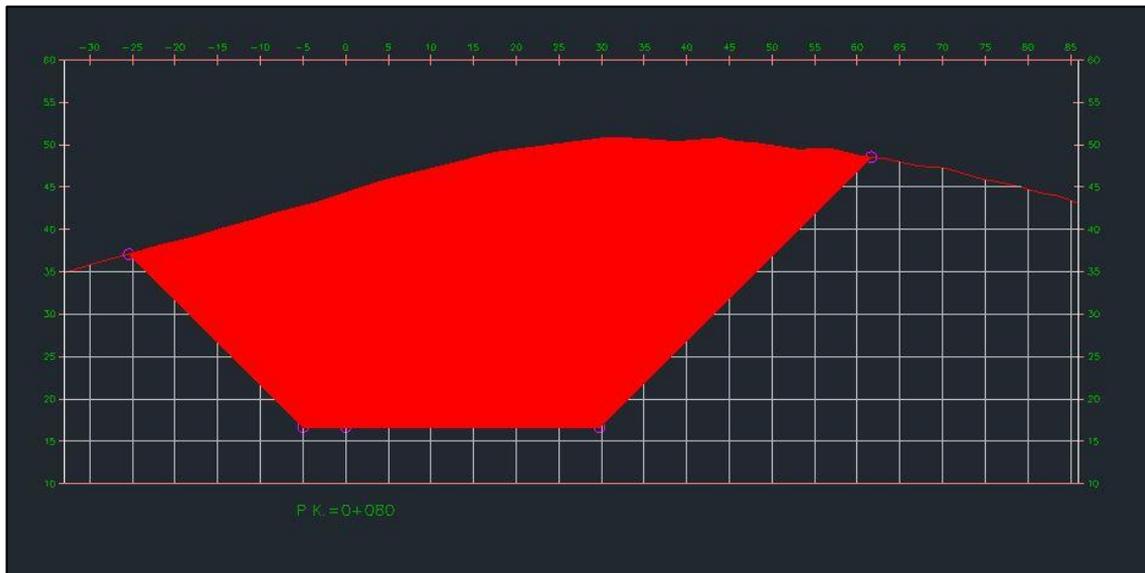


Ilustración 34: Sección transversal en la que se muestra la excavación necesaria.

También nos interesa generar el informe de volumen donde nos viene detallado la cantidad de tierra a extraer entre cada una de las secciones analizadas. Esta información la obtenemos con el comando 'Informe de Volumen' que se encuentra en la misma pestaña anterior 'Analizar'. Nos pide que introduzcamos la alineación correspondiente que en nuestro caso es el eje de la presa, el grupo de línea de muestreo y la lista de materiales que hemos definido en el paso anterior. Con ello generamos el informe de volumen que en nuestro caso podemos ver en el Anexo A del presente documento.

3.4.7. Volumen de hormigón necesario para la presa

El proceso para calcular el volumen de hormigón necesario para la presa, así como las secciones transversales de la presa con el terreno y la excavación es muy similar al explicado en el punto anterior, únicamente tendríamos que cambiar dos cosas:

- Al definir las líneas de muestreo debemos añadir todos los datos, incluidos los de la obra lineal de la presa y su superficie.
- Al calcular los materiales debemos definir:
 - o Como superficie EG: La superficie de excavación extraída de la obra lineal de la excavación.
 - o Como superficie Datum: La superficie de la presa extraída de la obra lineal de la presa.

Esta sería la forma corta de explicarla, pero de todas formas pasamos a explicar todo el proceso de manera más detenida.

En primer lugar vamos a crear una serie de líneas de muestreo usando el comando 'Líneas

de muestreo' nos pide una alineación que será la definida como el eje de nuestra presa y una serie de datos de muestreo. Como en este caso queremos obtener el volumen de hormigón necesario para la construcción de la presa, así como las secciones transversales de la presa en el terreno, debemos marcar los datos del terreno inicial, de la obra lineal y de la superficie de la excavación y finalmente de la obra lineal y de la superficie de la presa.

Con las líneas de muestreo definidas se nos muestra un menú de 'Herramientas de línea de muestreo' donde especificaremos que se creen las líneas por intervalos de P.K. En este menú debemos definir la anchura de las secciones transversales de forma que se vea toda la sección de la presa en el terreno y su excavación necesaria, además de definir cada cuantos metros queremos que se haga una línea de muestreo, en nuestro caso será cada 20 metros.

Con esto quedan definidas las zonas por donde se realizarán los perfiles transversales del terreno, la excavación y la presa. Estas zonas son las mismas que hemos podido ver en la Imagen del punto anterior. Estos perfiles quedan definidos en el Plano 12 y 13 del presente documento.

El siguiente paso será crear las secciones transversales, esto lo hacemos con el comando 'Vistas en Sección' y 'Crear varias vistas'. Dentro del cuadro de diálogo debemos colocar nuestra alineación del eje de la presa y el nombre del grupo de líneas de muestro creadas anteriormente, no confundir con las líneas de muestreo creadas en el paso anterior, ya que aquellas no tienen en cuenta la presa. Con esto creamos el grupo de vistas en sección que nos muestran todas las secciones transversales cada 20 metros.

De esta forma ya tendríamos las secciones que nos muestran la excavación en el terreno y la presa dentro de la excavación, pero también tenemos que calcular los metros cúbicos de hormigón que necesitamos para la construcción de la presa. Esto lo hacemos en la pestaña 'Analizar' y en el comando 'Calcular materiales', nos piden que seleccionemos nuestra alineación que es el eje de la presa y el grupo de líneas de muestreo anteriormente definidas. En el siguiente cuadro de diálogo tenemos que introducir 2 superficies:

- Superficie EG: Será la superficie base, en nuestro caso la superficie de la excavación extraída de la obra lineal con el mismo nombre
- Superficie Datum: Será la superficie de comparación, en nuestro caso la superficie extraída de la obra lineal de la presa.

Al aceptar comprobamos que se ha coloreado en verde todas las secciones transversales en las que aparece el cuerpo de presa.

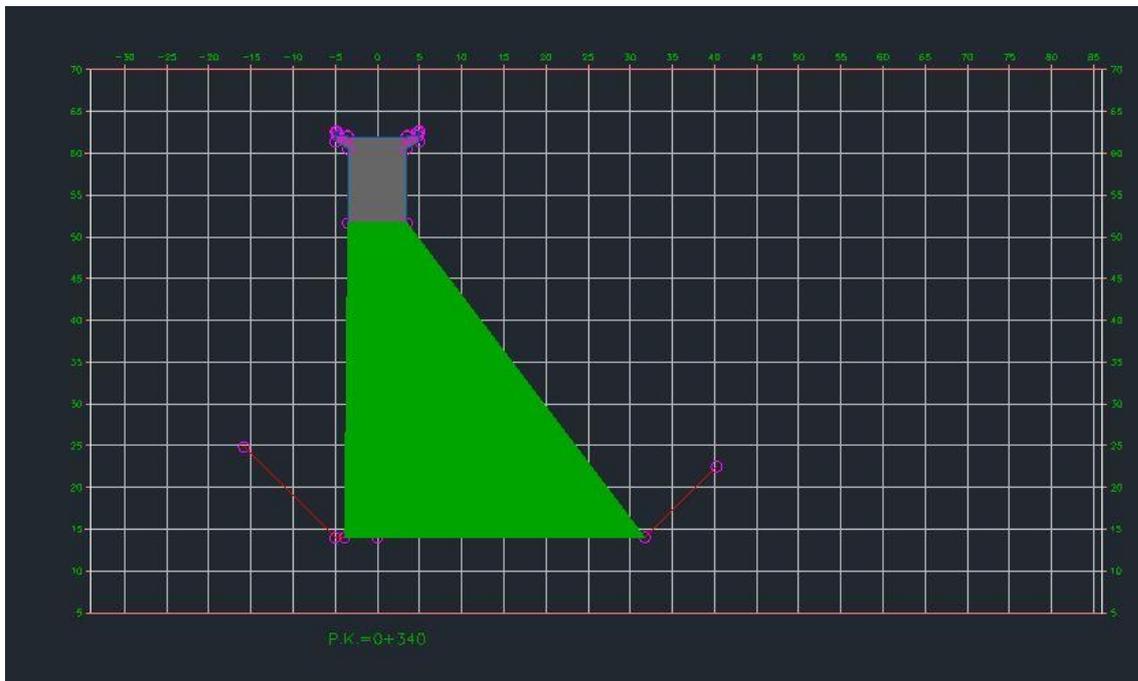


Ilustración 35: Sección transversal de la presa donde se delimita la cantidad de hormigón necesaria en la sección.

Por último vamos a generar el informe de volumen donde nos viene detallado el volumen de hormigón necesario para la construcción de la presa analizado en función de cada sección. Esta información la obtenemos con el comando 'Informe de Volumen' que se encuentra en la misma pestaña anterior 'Analizar'. Nos pide que introduzcamos la alineación correspondiente que en nuestro caso es el eje de la presa, el grupo de línea de muestreo y la lista de materiales que hemos definido con el comando 'Calcular materiales'. Con ello generamos el informe de volumen que en nuestro caso podemos ver en el Anexo B del presente documento.

3.4.8 Vistas 3D

Otra de las funciones de Civil 3D es la posibilidad de presentarnos la obra civil cómo un modelo 3D al que podemos dotar de una determinada textura para hacer más real visualmente el modelo.

Para ello debemos seleccionar las superficies que hemos obtenido de la obra lineal de la presa y usando el comando propiedades de superficie elegimos un material de modelizado, en nuestro caso para la presa utilizaremos el material nombrado como 'Concrete'. Realizaremos el mismo paso para la excavación e incluso para el terreno, en estos casos elegiremos como material de modelizado algunos de los diferentes tipos de hierba 'grass'.

Una vez que tenemos los materiales de modelizado definido para cada superficie es necesario activar la vista en forma de superficie formada por triángulos para que el material de modelizado se active. Por lo tanto debemos ir al comando 'Estilo de superficie' y activar la capa 'Triángulos', de esta forma se genera la superficie con los materiales de modelizado que se han definido.

Por último en la pestaña 'Ver' podemos definir los diferentes estilos de vista, en nuestro caso el estilo de vista 'Realista' es el que nos proporciona un estilo más acorde con la realidad, aunque se puede ir cambiando y probando las diferentes opciones.

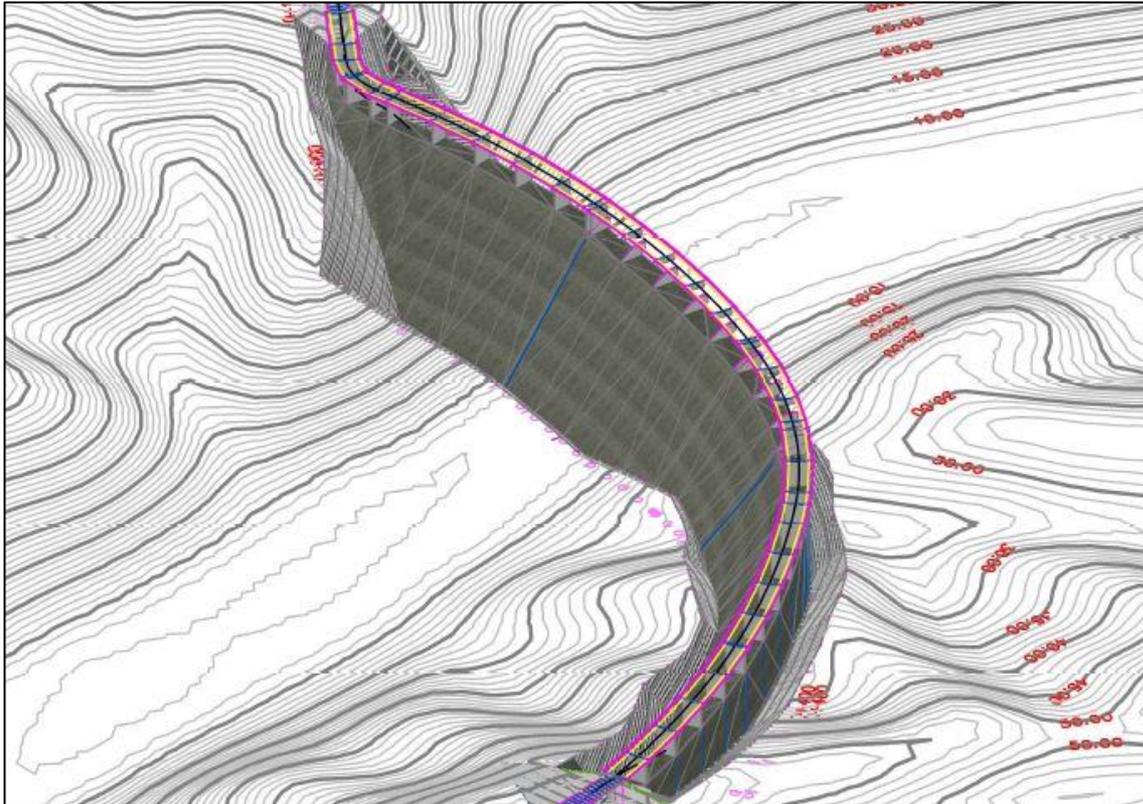


Ilustración 36: Vista 3D de la presa con material modelizado 'concrete' en la superficie de la presa.

3.5 CARRETERAS DE CONEXIÓN

3.5.1 Introducción

Hemos querido modelizar en el programa la carretera que comunicaría las dos márgenes del río pasando por encima de la presa. Para ello lo hemos dividido en dos carreteras, la carretera derecha o este y la carretera izquierda u oeste, tomando siempre como referencia la presa. Hemos decidido modelizar un total de 4,09 km aproximadamente que se reparten de la siguiente forma:

- 1,857 km de la carretera derecha o este.
- 0,555 km de la coronación de la presa.
- 1,678 km de la carretera izquierda u oeste.

Hemos realizado las 3 carreteras separadas, pero nos centraremos en explicar las que van fuera de la presa, es decir, la de la derecha y de la izquierda. Se irán explicando los pasos necesarios para realizar una de ella, para la realización de la otra basta con seguir los mismos pasos.

3.5.2 Diseño de la carretera

Partimos como siempre del terreno donde está colocada nuestra presa, en este caso sería adecuado seguir con el mismo terreno que se ha definido en el paso anterior, con la presa ya modelada.

Para determinar la carretera lo principal es dibujar su alineación en planta, para ello nos vamos dentro del comando 'Alineación' al comando 'Herramienta de creación de alineaciones' donde tras especificar el nombre de nuestra alineación (Carretera Izquierda o derecha) tenemos las herramientas que nos ayudan a delimitar el eje de la carretera en nuestro terreno.

Nosotros hemos optado por usar rectas Tangente – Tangente que más adelante uniremos con empalmes de curvas libres de un determinado radio. Por lo que en primer lugar trazamos las rectas por aquellas zonas que creemos más adecuadas y una vez que las tenemos trazadas procedemos a crear el perfil del terreno por el que pasaría nuestra carretera. Para ello vamos al comando 'Crear perfil a partir de superficie', seleccionamos como superficie la superficie del terreno y como alineación la alineación del eje de la carretera recién creada.

Una vez que tenemos el perfil creado podemos ir modificando la zona por la que pasa nuestra alineación de la carretera y el perfil se irá modificando a la vez para así poder determinar la zona más adecuada para el paso de la carretera.

Cuando tenemos elegido el emplazamiento de la carretera procedemos a unir las tangentes con el comando 'Empalme de curva libre' en la que seleccionamos las dos tangentes a unir y le damos un radio. Para la selección del radio hemos consultado las normal AASHTO 2011 presentes en el programa Civil 3D y hemos determinado la velocidad en función de radio de giro de las curvas. Decidiendo finalmente colocar los siguientes radios:

- Carretera derecha:
 - o Hasta el P.K. 700 m hemos usado radios de curvatura de 135, lo que implica una velocidad máxima de 60 km/h.
 - o Desde el P.K. 700 m hasta el final hemos usado radios curvatura de 280, lo que implica una velocidad máxima de 80 km/h.
- Carretera Izquierda:
 - o Hasta el P.K. 200 m hemos usado radios de curvatura de 135 lo que implica una velocidad máxima de 60 km/h.
 - o Desde el P.K. 200 m hasta el final, hemos usado radios de curvatura de 375, lo que implica una velocidad máxima de 90 km/h

En las siguientes tablas se pueden ver las características de las alineaciones de cada una de las carreteras:

Carretera derecha:

Tabla 2: Características carretera derecha en planta.

Nº	Tipo	Longitud	P.K. inicial	P.K. final	Radio	Longitud de cuerda	Flecha del arco	Tangente externa	Secante externa
1	Línea	113.574m	0+000.00m	0+113.57m					
2	Curva	118.657m	0+113.57m	0+232.23m	135.000m	114.874m	12.828	63.468m	14.175m
3	Línea	11.961m	0+232.23m	0+244.19m					
4	Curva	122.859m	0+244.19m	0+367.05m	135.000m	118.663m	13.737	66.053m	15.293m
5	Línea	17.529m	0+367.05m	0+384.58m					
6	Curva	100.500m	0+384.58m	0+485.08m	135.000m	98.196m	9.245	52.707m	9.924m
7	Línea	24.581m	0+485.08m	0+509.66m					
8	Curva	140.738m	0+509.66m	0+650.40m	135.000m	134.451m	17.928	77.520m	20.674m
9	Línea	83.075m	0+650.40m	0+733.47m					
10	Curva	143.264m	0+733.47m	0+876.74m	280.000m	141.706m	9.113	73.237m	9.419m
11	Línea	97.395m	0+876.74m	0+974.13m					
12	Curva	190.351m	0+974.13m	1+164.48m	280.000m	186.707m	16.021	99.019m	16.993m
13	Línea	193.876m	1+164.48m	1+358.36m					
14	Curva	95.386m	1+358.36m	1+453.75m	280.000m	94.926m	4.052	48.160m	4.112m
15	Línea	404.034m	1+453.75m	1+857.78m					

Carretera Izquierda:

Tabla 3: Características carretera izquierda en planta.

Nº	Tipo	Longitud	P.K. inicial	P.K. final	Radio	Longitud de cuerda	Flecha del arco	Tangente externa	Secante externa
1	Línea	90.294m	0+000.00m	0+090.29m					
2	Curva	93.366m	0+090.29m	0+183.66m	135.000m	91.516m	7.991	48.637m	8.494m
3	Línea	205.893m	0+183.66m	0+389.55m					
4	Curva	47.969m	0+389.55m	0+437.52m	375.000m	47.936m	0.767	24.017m	0.768m
5	Línea	273.139m	0+437.52m	0+710.66m					
6	Curva	169.114m	0+710.66m	0+879.77m	375.000m	167.685m	9.493	86.020m	9.739m
7	Línea	160.087m	0+879.77m	1+039.86m					
8	Curva	252.045m	1+039.86m	1+291.91m	375.000m	247.328m	20.977	130.991m	22.220m
9	Línea	386.291m	1+291.91m	1+678.20m					

Con las carreteras definidas en planta el siguiente paso es definir las en los perfiles longitudinales. Para ello nos vamos al perfil que hemos dibujado anteriormente y usamos el comando 'Herramientas de creación de perfiles', definimos el perfil que será la rasante de nuestra carretera y lo procedemos a dibujar con tangentes. Debemos de comprobar que las pendientes de nuestra rasante no supera los valores límites que implican una disminución de la velocidad límite.

Con las rasantes definidas pasamos a realizar una transición de una a otra para que las rasantes con diferentes pendientes no tengan un cambio brusco en su intersección. Para ello volvemos a consultar la norma AASHTO 2011 para ver los radios de curvatura de las curvas de transición necesarios para que la velocidad máxima de los tramos no baje de la establecida previamente con los radios de curvatura en planta.

Obtenemos unas rasantes con las siguientes características:

Carretera Derecha:

Tabla 4: Características rasante derecha

Nº	P.K. de VAV	Elevación de VAV	Inclinación de rasante T.E.	Tipo de curva de perfil	Valor de K	Tipo de subentidad	Longitud de curva de perfil	Radio de curva
1	0+000.11m	61.290m						
2	0+340.00m	66.882m	1.65%	Cóncavo	148.228	Curva circular	61.195m	14830.405m
3	0+700.00m	74.291m	2.06%	Convexo	45.884	Curva circular	30.000m	4590.494m
4	1+140.00m	80.470m	1.40%	Convexo	30.000	Curva circular	49.103m	3000.255m
5	1+300.00m	80.098m	-0.23%	Cóncavo	139.535	Curva circular	30.000m	13953.586m
6	1+857.78m	80.000m	-0.02%					

Carretera Izquierda:

Tabla 5: Características rasante izquierda

Nº	P.K. de VAV	Elevación de VAV	Inclinación de rasante T.E.	Tipo de curva de perfil	Valor de K	Tipo de subentidad	Longitud de curva de perfil	Radio de curva
1	0+000.00m	61.997m						
2	0+600.00m	76.070m	2.35%	Convexo	39.000	Parábola simétrica	30.807m	3900.000m
3	1+280.00m	86.648m	1.56%	Convexo	39.000	Parábola simétrica	0.737m	3900.000m
4	1+678.20m	92.767m	1.54%					

En los planos 12 y 13 están representados los perfiles longitudinales de las dos carreteras.

3.5.3 Modelado de la carretera

Tenemos la alineación de la carretera correctamente definida tanto en alzado como en planta por lo que el siguiente paso es realizar la obra lineal de la carretera para obtener el movimiento de tierras necesario para su construcción así como su modelo tridimensional. Para ello el primer paso es crear el ensamblaje que vamos a usar en nuestro modelo de carretera, en nuestro caso no vamos a tener que realizar un nuevo subensamblaje usando el programa 'Subassembly Composer' como sí hicimos con el modelo de la presa. En este caso nos bastará con los subensamblajes presentes en el catálogo por defecto de Civil 3D.

Para crear el ensamblaje usamos el comando 'Crear ensamblaje' y usando el catálogo de Civil 3D colocamos 2 carriles de 3.5 metros uno a la derecha y otro a la izquierda del centro de nuestro ensamblaje. Después colocamos los taludes que le daremos al desmonte y terraplén necesarios en el movimiento de tierras de la carretera. En nuestro caso serán de:

- Taludes desmonte: 1:1.
- Taludes terraplén: 2:1.

Con esto ya tendremos finalizado el modelo de nuestra carretera, aunque se le pueden añadir muchos elementos más para aumentar su complejidad y semejanza con la realidad.

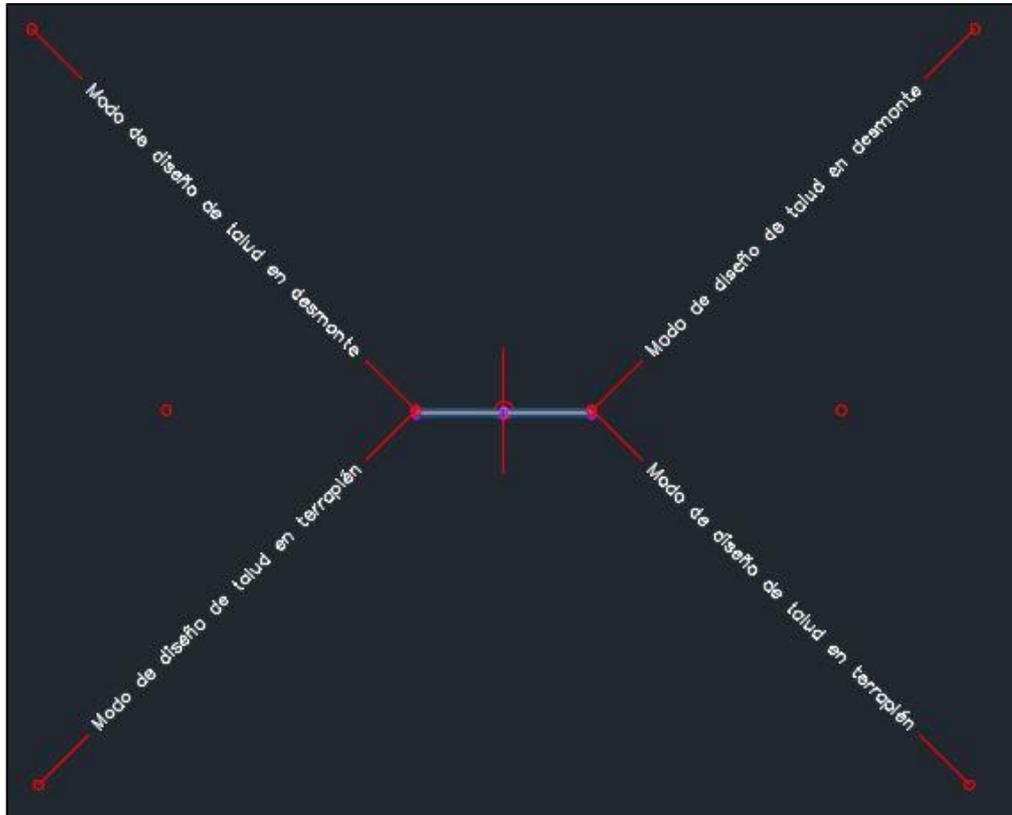


Ilustración 37: Imagen del ensamblaje de la carretera.

Con el ensamblaje ya definido pasamos a crear la obra lineal, para ello usamos el comando 'Crear obra lineal' y colocamos como alineación la alineación que hemos definido en el punto 3.4.2 'Carretera Izquierda o derecha', como perfil el perfil de la rasante correspondiente definida anteriormente en el mismo punto y como superficie de objetivo la superficie del terreno. También podemos cambiar la frecuencia con la cual se va introduciendo el modelo, al tratarse de una carretera con curvas y tener un ensamblaje relativamente simple la colocamos cada 2 metros en vez de los 20 que trae por defecto. Esto aumentará el coste computacional, pero al no ser demasiado complejo el modelo nos lo podemos permitir.

Generamos la obra lineal nos crea la carretera en el terreno con sus tramos de desmonte y terraplén en planta. El siguiente paso es sacar las superficies de desmonte y terraplén que se ejecutan en el terreno. Para ello nos vamos al menú de propiedades de la obra lineal y en la pestaña de superficie añadimos una nueva superficie y añadimos a esa superficie el código Datum y lo marcamos como línea de rotura. Además en la pestaña contorno ordenamos añadir automáticamente la intersección.

Con esto ya tenemos la carretera ejecutada como obra lineal con todos los datos necesarios definidos.

3.5.4 Perfiles transversales y volumen de tierras

Para crear los perfiles transversales de la carretera y el terreno debemos en primer lugar usar el comando 'Líneas de muestreo' y a continuación seleccionar la alineación adecuada, ya sea 'Carretera derecha' o 'Carretera izquierda', como datos de muestreo usamos el terreno donde se coloca nuestra carretera, la obra lineal de nuestra carretera y la superficie de la obra lineal que hemos extraído anteriormente de nuestra carretera. Una vez definidos estos conceptos se nos muestra un menú de 'Herramientas de línea de muestreo' donde especificaremos que se creen las líneas por intervalos de P.K. En este menú debemos definir la anchura de las secciones transversales de forma que se vea toda la sección de terraplén o desmonte, además de definir cada cuantos metros queremos que se haga una línea de muestreo, en nuestro caso será cada 20 metros.

Con todos estos parámetros definidos se crean las que serán las líneas de muestreo por donde se cortará a la carretera y al terreno para formar el perfil.

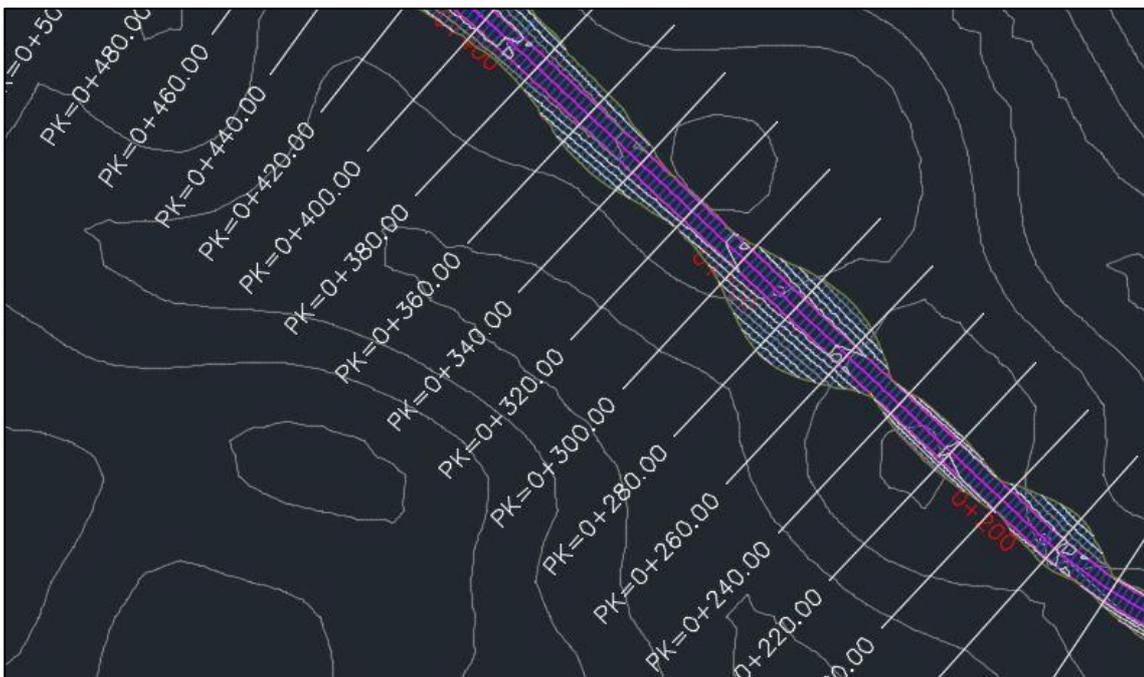


Ilustración 38: Imagen donde se muestran las líneas de muestreo y los P.Ks de cada línea.

El siguiente paso será crear las secciones transversales, esto lo hacemos con el comando 'Vistas en Sección' y 'Crear varias vistas'. Dentro del cuadro de diálogo debemos colocar nuestra alineación de la carretera correspondiente y el nombre del grupo de líneas de muestro creadas anteriormente. Con esto creamos el grupo de vistas en sección que nos muestran todas las secciones transversales cada 20 metros.

Con esto ya tendríamos las secciones que nos muestran el corte de la carretera con el terreno, pero también tenemos que calcular los metros cúbicos de desmonte y terraplén necesarios para la construcción de nuestra carretera. Esto lo hacemos en la pestaña 'Analizar' y en el comando 'Calcular materiales', nos piden que seleccionemos nuestra alineación de la carretera y el grupo de líneas de muestreo anteriormente definidas. En el siguiente cuadro de diálogo tenemos que introducir 2 superficies:

- Superficie EG: Será la superficie base, en nuestro caso la superficie del terreno.
- Superficie Datum: Será la superficie de comparación, en nuestro caso la superficie extraída de la obra lineal de la carretera.

Cuando aceptamos vemos que se ha coloreado el área de las secciones transversales en verde o rojo dependiendo de si tenemos desmonte o terraplén:

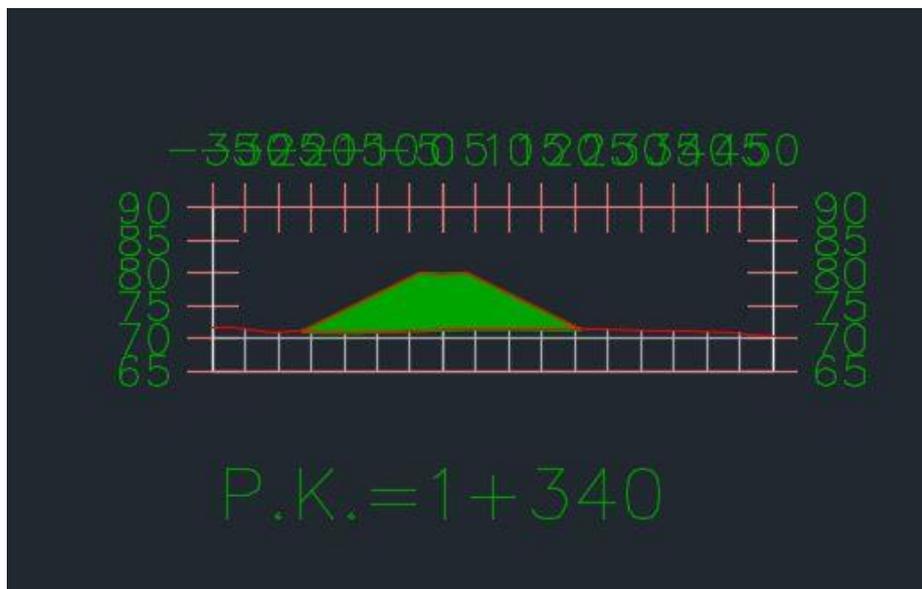


Ilustración 39: Sección transversal en terraplén.

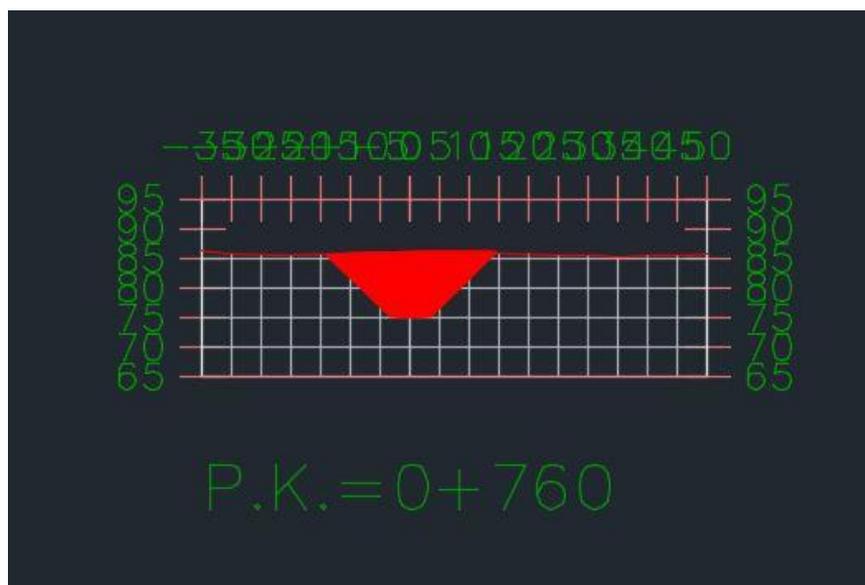


Ilustración 40: Sección transversal en desmonte

Las secciones tanto de la carretera derecha como de la carretera izquierda las tenemos en los planos 14 y 15 del presente documento.

También nos interesa generar el informe de volumen donde nos viene detallado la cantidad de desmonte o terraplén que se va a realizar entre cada una de las secciones. Esta información la obtenemos con el comando 'Informe de Volumen' que se encuentra en la misma pestaña anterior 'Analizar'. Nos pide que introduzcamos la alineación de nuestra carretera, el grupo de línea de muestreo y la lista de materiales que hemos definido en el paso anterior. Con ello generamos el informe de volumen que en nuestro caso podemos ver en el Anexo C y D del presente documento.

Una vez que tenemos todos los datos podemos modificar las rasantes de nuestras carreteras para intentar compensar el volumen de desmonte con el de terraplén. Al ir cambiando la rasante, simplemente con actualizar la obra línea, se van actualizando todos los datos, por lo que es bastante cómodo ir analizando las diferentes soluciones.

4. CONCLUSIONES

4.1 CONCLUSIÓN DEL TRABAJO

Cómo conclusión tras analizar el programa a fondo y usarlo para el diseño de la presa de Alcolea así como para el cálculo de:

- Volumen de la excavación necesaria para la construcción de la presa.
- Volumen de hormigón necesario para la construcción de la presa.
- Capacidad del embalse según la topografía del terreno.
- Cálculo de la zona que se verá afectada por el embalse de agua.
- Cálculo del área inundable por el embalse
- Modificación del paisaje debido a la construcción de la presa.
- Volumen de desmonte y terraplén necesario para las carreteras de acceso.

Podemos decir que el software AutoCAD Civil 3D es idóneo para la realización de proyectos de presas. Sus principales ventajas consisten en la posibilidad de tener todos los elementos conectados entre ellos, lo que supone que si necesitamos cambiar algo, como por ejemplo la profundidad de la excavación, solo tenemos que actualizar el resto de superficies u obras lineales para que todo el modelo se adapte a los nuevos datos aportados. Esto nos permite tener una gran flexibilidad a la hora de redactar el proyecto y mucha facilidad para corregir fallos o modificar elementos. Por otro lado presenta una gran ventaja en cuanto a la generación de planos e informes, ya que la mayoría se generan de forma automática: obras lineales, perfiles longitudinales, transversales, superficies que componen el modelo 3d, etc. Esto nos exime de tener que realizar planos específicamente para el proyecto, exceptuando ciertos planos de detalles que necesitan una mayor cantidad de información. Finalmente cabe destacar la facilidad y rapidez que presenta el programa para realizar ciertos tipos de cálculos que de otra forma serían bastante complejos de calcular como puede ser por ejemplo el hecho de calcular la cantidad de volumen de agua que es posible almacenar en el embalse o los movimientos de tierra necesario en la excavación de la presa.

Si tenemos que indicar algún defecto puede ser su alto coste computacional para ciertas operaciones en las que tenemos una gran cantidad de datos dentro del modelo. En dichas ocasiones el programa puede tardar hasta 15 minutos (en nuestro caso) o cerrarse directamente al cabo de unos minutos. Pero se trata de un defecto que se puede suplir únicamente trabajando en un ordenador más potente. Por lo tanto recomendamos usar un ordenador con buenas prestaciones de memoria RAM y microprocesador para poder sacar partido a todas las prestaciones que nos presenta este software. En mi caso he trabajado con un ordenador de 8 Gigabytes de Memoria

RAM y un procesador i5 de 3,2 GHz. Por lo que usando unas características mejores los problemas disminuirán sensiblemente.

4.2 TRABAJOS FUTUROS

Cómo trabajos futuros se podría mencionar el hecho de investigar en el desarrollo de nuevos subensamblajes que nos permitirían realizar modelos de diferentes tipos de presa como puede ser de arco bóveda.

El desarrollo de subensamblajes que realizamos mediante el programa Subassembly Composer, se trata de un proceso poco intuitivo y en el que encontramos diversas dificultades a la hora de llevar a cabo el modelo de la sección de un tipo de presa. Dentro de lo que hemos investigado hemos logrado nuestros objetivos de realizar el Subensamblaje de nuestra presa, pero al tratarse de una presa arco gravedad hemos contado con menos contratiempos que los que se suelen encontrar al realizar una presa arco bóveda o quizás una presa aligerada por bóvedas o contrafuertes.

También hemos de añadir que no hemos podido realizar el cuenco de amortiguación que viene definido en el proyecto de la presa debido a la dificultad o imposibilidad por nuestra parte de realizarlo en dicho programa. Por lo tanto se podría dedicar medios en el futuro para trabajar con esta herramienta para conseguir modelos con una mayor semejanza con la realidad que nos permitan realizar cálculos más precisos y de esta forma explotar al máximo las prestaciones que nos ofrece el software AutoCAD Civil 3D.

ANEXO A

Volumen de excavación necesario para la construcción de la presa.

P.K.	Área de desmonte (m ²)	Volumen de desmonte (m ³)	Área de terraplén (m ²)	Volumen de terraplén (m ³)	Volumen desmonte acumulado (m ³)	Volumen terraplén acumulado (m ³)	Volumen neto acumulado (m ³)
0+020.000	193.93	0	0	0	0	0	0
0+040.000	232.82	4291.12	0	0	4291.12	0	4291.12
0+060.000	1048.39	14803.96	0	0	19095.08	0	19095.08
0+080.000	1893.03	28366.71	0	0	47461.79	0	47461.79
0+100.000	2687.88	43078.5	0	0	90540.29	0	90540.29
0+120.000	1461.9	38495.96	0	0	129036.26	0	129036.26
0+140.000	600.7	19109.73	0	0	148145.98	0	148145.98
0+160.000	302.1	8466.81	0	0	156612.8	0	156612.8
0+180.000	275.75	5498.8	0	0	162111.59	0	162111.59
0+200.000	311.77	5614.11	0	0	167725.7	0	167725.7
0+220.000	429.25	7120.58	0	0	174846.28	0	174846.28
0+240.000	675.97	10683.07	0	0	185529.35	0	185529.35
0+260.000	986.95	16100.03	0	0	201629.38	0	201629.38
0+280.000	1251.25	21078.74	0	0.03	222708.11	0.03	222708.09
0+300.000	985.77	21070.15	0	0.03	243778.26	0.05	243778.21
0+320.000	587.7	14807.0	0	0.01	258585.33	0.07	258585.26
0+340.000	499	10200.29	0	0.04	268785.62	0.1	268785.52
0+360.000	551.76	9938.68	0	0.02	278724.31	0.13	278724.18
0+380.000	503.05	10223.79	0	0	288948.09	0.13	288947.97
0+400.000	352.27	8408.43	0	0	297356.53	0.13	297356.4
0+420.000	343.86	6874.47	0	0	304231	0.13	304230.87
0+440.000	392.71	7249.71	0	0	311480.7	0.13	311480.58
0+460.000	558.42	9325.84	0	0	320806.54	0.13	320806.42

0+480.000	556.45	10965.18	0	0	331771.72	0.13	331771.6
0+500.000	539.29	10853.54	0	0	342625.26	0.13	342625.14
0+520.000	577.51	11118.47	0	0	353743.73	0.13	353743.61
0+540.000	646.73	12206.41	0	0	365950.14	0.13	365950.02

ANEXO B

Volumen de Hormigón necesario para la construcción del cuerpo de presa.

P.K.	ÁREA DE HORMIGÓN (M ²)	VOLUMEN DE HORMIGÓN (M ³)	VOLUMEN ACUMULADO DE HORMIGÓN (M ³)
0+020.000	30.81	0	0
0+040.000	51.91	842.47	842.47
0+060.000	299.52	3836.36	4678.82
0+080.000	710.61	9928.03	14606.85
0+100.000	1285.19	19450.84	34057.69
0+120.000	1285.19	24969.77	59027.47
0+140.000	1285.19	24969.77	83997.24
0+160.000	1317.72	25281.49	109278.73
0+180.000	1342.4	25816.34	135095.07
0+200.000	1342.4	26039.48	161134.54
0+220.000	1342.4	26039.48	187174.02
0+240.000	1342.4	26039.48	213213.49
0+260.000	1342.4	26039.48	239252.97
0+280.000	1342.4	25316.57	264569.54
0+300.000	1203.18	23967.41	288536.94
0+320.000	993.18	20797.95	309334.89
0+340.000	802.92	17132.85	326467.74
0+360.000	666.48	14099.35	340567.09
0+380.000	542.21	11792.69	352359.78
0+400.000	430.09	9572.3	361932.08
0+420.000	430.09	8479.87	370411.95
0+440.000	430.09	8479.87	378891.82
0+460.000	430.09	8479.87	387371.69
0+480.000	344.7	7644.97	395016.66
0+500.000	268.03	6057.93	401074.59
0+520.000	200.06	4636.97	405711.57
0+540.000	140.8	3383.17	409094.74

ANEXO C

Informe de cubicación del movimiento de tierras necesario para la construcción de la carretera oeste o derecha.

P.K.	Área de desmonte (m ²)	Volumen de desmonte (m ³)	Área de terraplén (m ²)	Volumen de terraplén (m ³)	Volumen desmonte acumulado (m ³)	Volumen terraplén acumulado (m ³)	Volumen neto acumulado (m ³)
0+020.000	0	0	1.9	0	0	0	0
0+040.000	0	0	13.97	158.71	0	158.71	-158.71
0+060.000	0	0	8.65	226.22	0	384.93	-384.93
0+080.000	6.26	62.59	0	86.55	62.59	471.48	-408.89
0+100.000	22.9	291.59	0	0	354.18	471.48	-117.3
0+120.000	16.12	389.18	0	0	743.36	471.48	271.88
0+140.000	9.36	250.84	1.18	12.22	994.2	483.7	510.5
0+160.000	47.85	563.68	0	12.22	1557.88	495.92	1061.96
0+180.000	131.04	1758.29	0	0	3316.17	495.92	2820.25
0+200.000	204.45	3295.1	0	0	6611.27	495.92	6115.35
0+220.000	205.18	4044.12	0	0	10655.39	495.92	10159.47
0+240.000	94.31	2982.39	0	0	13637.77	495.92	13141.85
0+260.000	12.56	1072.83	0	0	14710.61	495.92	14214.69
0+280.000	0	126.49	9.91	97.38	14837.1	593.3	14243.8
0+300.000	6.46	64.55	0	97.38	14901.64	690.67	14210.97
0+320.000	82.79	889.51	0	0	15791.15	690.67	15100.47
0+340.000	208.66	2909.55	0	0	18700.69	690.67	18010.02
0+360.000	253.18	4632.59	0	0	23333.28	690.67	22642.61
0+380.000	164.6	4190.48	0	0	27523.77	690.67	26833.09
0+400.000	144.33	3061.7	0	0	30585.47	690.67	29894.79
0+420.000	233.46	3750.64	0	0	34336.1	690.67	33645.43

0+440.000	229.73	4616.16	0	0	38952.26	690.67	38261.59
0+460.000	112.69	3409.2	0	0	42361.46	690.67	41670.79
0+480.000	39.05	1502.9	0	0	43864.36	690.67	43173.68
0+500.000	0.67	396.16	2.31	23.27	44260.52	713.95	43546.58
0+520.000	0	6.81	85.1	863.41	44267.33	1577.35	42689.98
0+540.000	0	0	238.17	3081	44267.33	4658.35	39608.98
0+560.000	0	0	436.12	6396.88	44267.33	11055.23	33212.09
0+580.000	0	0	348.27	7632.67	44267.33	18687.9	25579.43
0+600.000	0	0	20.27	3689.74	44267.33	22377.65	21889.68
0+620.000	99.26	992.24	0	203.71	45259.57	22581.35	22678.22
0+640.000	216.69	3161.99	0	0	48421.56	22581.35	25840.21
0+660.000	179.23	3965.08	0	0	52386.64	22581.35	29805.29
0+680.000	71.84	2510.69	0	0	54897.33	22581.35	32315.98
0+700.000	20.78	926.18	0	0	55823.51	22581.35	33242.16
0+720.000	44.04	648.21	0	0	56471.72	22581.35	33890.37
0+740.000	121.46	1655.71	0	0	58127.43	22581.35	35546.08
0+760.000	190.78	3125.65	0	0	61253.09	22581.35	38671.73
0+780.000	181.73	3725.9	0	0	64978.99	22581.35	42397.64
0+800.000	102.4	2839.33	0	0	67818.32	22581.35	45236.97
0+820.000	87.33	1892	0	0	69710.31	22581.35	47128.96
0+840.000	127.24	2134.78	0	0	71845.1	22581.35	49263.74
0+860.000	146.09	2722.39	0	0	74567.49	22581.35	51986.14
0+880.000	94.42	2402.33	0	0	76969.82	22581.35	54388.46
0+900.000	25.03	1194.45	0	0	78164.27	22581.35	55582.92
0+920.000	0	250.3	3.69	36.92	78414.57	22618.28	55796.29
0+940.000	0	0	2.61	63	78414.57	22681.28	55733.29
0+960.000	22.27	222.71	0	26.07	78637.28	22707.35	55929.93

0+980.000	51.97	741.67	0	0	79378.95	22707.35	56671.6
1+000.000	85.53	1369.8	0	0	80748.76	22707.35	58041.4
1+020.000	133.1	2181.1	0	0	82929.86	22707.35	60222.51
1+040.000	178.55	3113.94	0	0	86043.8	22707.35	63336.44
1+060.000	153.07	3310.32	0	0	89354.12	22707.35	66646.77
1+080.000	90.46	2425.3	0	0	91779.42	22707.35	69072.07
1+100.000	57.05	1467.42	0	0	93246.84	22707.35	70539.49
1+120.000	31.07	877.4	0	0	94124.25	22707.35	71416.89
1+140.000	10.94	418.9	0	0	94543.14	22707.35	71835.79
1+160.000	0	109.15	4.33	43.44	94652.29	22750.79	71901.5
1+180.000	0	0	44.97	493.03	94652.29	23243.82	71408.47
1+200.000	0	0	114.42	1593.89	94652.29	24837.71	69814.58
1+220.000	0	0	78.93	1933.48	94652.29	26771.19	67881.11
1+240.000	1.3	12.97	1	799.27	94665.27	27570.46	67094.81
1+260.000	49.92	512.16	0	9.97	95177.43	27580.43	67596.99
1+280.000	42.32	922.43	0	0	96099.85	27580.43	68519.42
1+300.000	0	423.25	8.65	86.53	96523.1	27666.97	68856.13
1+320.000	0	0	98.71	1073.66	96523.1	28740.63	67782.47
1+340.000	0	0	216.68	3153.88	96523.1	31894.51	64628.59
1+360.000	0	0	297.03	5137.01	96523.1	37031.53	59491.57
1+380.000	0	0	296.26	5871.68	96523.1	42903.2	53619.9
1+400.000	0	0	287.23	5738.56	96523.1	48641.76	47881.34
1+420.000	0	0	338.77	6171.6	96523.1	54813.36	41709.74
1+440.000	0	0	281.09	6171.08	96523.1	60984.44	35538.66
1+460.000	0	0	85.71	3676.75	96523.1	64661.19	31861.91
1+480.000	0	0	24.26	1099.68	96523.1	65760.87	30762.23
1+500.000	0	0	19.51	437.69	96523.1	66198.56	30324.54

1+520.000	0	0	47.73	672.44	96523.1	66871	29652.1
1+540.000	0	0	117.89	1656.21	96523.1	68527.21	27995.89
1+560.000	0	0	101.33	2192.19	96523.1	70719.4	25803.7
1+580.000	0	0	32.95	1342.84	96523.1	72062.24	24460.86
1+600.000	0	0	38.42	713.73	96523.1	72775.97	23747.13
1+620.000	0	0	133.83	1722.54	96523.1	74498.51	22024.59
1+640.000	0	0	167.7	3015.37	96523.1	77513.88	19009.22
1+660.000	0	0	118.7	2864.02	96523.1	80377.9	16145.2
1+680.000	0	0	103.15	2218.48	96523.1	82596.38	13926.72
1+700.000	0	0	106.77	2099.21	96523.1	84695.59	11827.51
1+720.000	0	0	88.93	1957.01	96523.1	86652.59	9870.51
1+740.000	0	0	56.1	1450.33	96523.1	88102.92	8420.18
1+760.000	0	0	48.04	1041.45	96523.1	89144.38	7378.72
1+780.000	0	0	37.38	854.18	96523.1	89998.56	6524.54
1+800.000	0	0	21.72	590.93	96523.1	90589.49	5933.61
1+820.000	0.03	0.27	11.71	334.3	96523.37	90923.79	5599.58
1+840.000	0.02	0.45	11.04	227.57	96523.82	91151.36	5372.46

ANEXO D

Informe de cubicación del movimiento de tierras necesario para la construcción de la carretera este o izquierda.

P.K.	Área de desmonte (m ²)	Volumen de desmonte (m ³)	Área de terraplén (m ²)	Volumen de terraplén (m ³)	Volumen desmonte acumulado (m ³)	Volumen terraplén acumulado (m ³)	Volumen neto acumulado (m ³)
0+020.000	30.66	0	0	0	0	0	0
0+040.000	68.51	991.72	0	0	991.72	0	991.72
0+060.000	74.98	1434.91	0	0	2426.63	0	2426.63
0+080.000	23.03	980.07	0	0	3406.7	0	3406.7
0+100.000	26.4	496.28	0	0	3902.98	0	3902.98
0+120.000	51.43	785.03	0	0	4688.01	0	4688.01
0+140.000	42.24	943.05	0	0	5631.06	0	5631.06
0+160.000	7.37	498.68	0	0	6129.74	0	6129.74
0+180.000	0	74.08	19.34	189.96	6203.82	189.96	6013.86
0+200.000	0.98	9.81	1.96	212.24	6213.63	402.19	5811.44
0+220.000	25.13	261.07	0	19.55	6474.7	421.75	6052.95
0+240.000	12.72	378.45	0	0	6853.15	421.75	6431.4
0+260.000	0	127.17	45.24	452.4	6980.32	874.15	6106.17
0+280.000	0	0	76.19	1214.27	6980.32	2088.42	4891.9
0+300.000	0	0	15.83	920.2	6980.32	3008.63	3971.69
0+320.000	1.33	13.33	2.85	186.82	6993.65	3195.45	3798.2
0+340.000	0	13.33	17.98	208.25	7006.97	3403.69	3603.28
0+360.000	0	0	32.71	506.81	7006.97	3910.51	3096.46
0+380.000	0	0	18.78	514.81	7006.97	4425.32	2581.65

0+400.000	0	0	28.81	476.85	7006.97	4902.17	2104.8
0+420.000	0	0	60.17	895.27	7006.97	5797.44	1209.53
0+440.000	0	0	74.94	1359.45	7006.97	7156.89	-149.92
0+460.000	0	0	49.54	1244.82	7006.97	8401.71	-1394.74
0+480.000	0	0	12.94	624.79	7006.97	9026.5	-2019.53
0+500.000	17.04	170.44	0	129.36	7177.41	9155.86	-1978.45
0+520.000	29.51	465.56	0	0	7642.97	9155.86	-1512.88
0+540.000	5.54	350.52	0	0	7993.5	9155.86	-1162.36
0+560.000	0.28	58.17	0.66	6.59	8051.67	9162.45	-1110.78
0+580.000	30.59	308.63	0	6.59	8360.3	9169.04	-808.74
0+600.000	98.3	1288.89	0	0	9649.19	9169.04	480.16
0+620.000	164.21	2625.11	0	0	12274.3	9169.04	3105.27
0+640.000	212.58	3767.92	0	0	16042.23	9169.04	6873.19
0+660.000	262.95	4755.36	0	0	20797.59	9169.04	11628.55
0+680.000	220.78	4837.31	0	0	25634.9	9169.04	16465.86
0+700.000	80.99	3017.65	0	0	28652.55	9169.04	19483.52
0+720.000	8.39	894.21	0	0	29546.77	9169.04	20377.73
0+740.000	6.54	149.7	0	0.03	29696.47	9169.07	20527.4
0+760.000	14.98	215.91	0	0.03	29912.38	9169.09	20743.29
0+780.000	37.07	520.94	0	0	30433.32	9169.09	21264.23
0+800.000	101.33	1384.14	0	0	31817.46	9169.09	22648.37
0+820.000	169.52	2709.7	0	0	34527.16	9169.09	25358.07
0+840.000	201.25	3706.97	0	0	38234.13	9169.09	29065.04
0+860.000	132.07	3328.41	0	0	41562.54	9169.09	32393.44
0+880.000	55.25	1870.05	0	0	43432.58	9169.09	34263.49
0+900.000	56	1112.5	0	0	44545.08	9169.09	35375.99
0+920.000	116.7	1726.94	0	0	46272.02	9169.09	37102.92

0+940.000	150.52	2672.15	0	0	48944.17	9169.09	39775.07
0+960.000	146.48	2970.03	0	0	51914.19	9169.09	42745.1
0+980.000	123.71	2701.99	0	0	54616.18	9169.09	45447.09
1+000.000	98.34	2220.59	0	0	56836.78	9169.09	47667.68
1+020.000	65.47	1638.1	0	0	58474.87	9169.09	49305.78
1+040.000	23.74	892.09	0	0	59366.96	9169.09	50197.87
1+060.000	5.42	291	0.02	0.19	59657.96	9169.28	50488.68
1+080.000	0	53.99	8.3	83.88	59711.95	9253.17	50458.78
1+100.000	0	0.02	18.05	265.18	59711.97	9518.34	50193.63
1+120.000	1.64	16.31	0.43	185.78	59728.28	9704.12	50024.16
1+140.000	31.1	326.83	0	4.29	60055.12	9708.41	50346.7
1+160.000	39.79	707.79	0	0	60762.91	9708.41	51054.49
1+180.000	12.96	526.49	0	0	61289.39	9708.41	51580.98
1+200.000	0	129.22	11.3	113.68	61418.62	9822.09	51596.52
1+220.000	0	0	19.63	310.65	61418.62	10132.74	51285.87
1+240.000	0	0	4.89	246.02	61418.62	10378.77	51039.85
1+260.000	4.87	48.59	0	49.06	61467.21	10427.82	51039.38
1+280.000	8.1	129.25	0	0	61596.45	10427.82	51168.63
1+300.000	2.97	110.43	0.52	5.23	61706.88	10433.05	51273.83
1+320.000	0.7	36.69	2.15	26.73	61743.57	10459.78	51283.79
1+340.000	2.37	30.69	0.1	22.49	61774.26	10482.28	51291.98
1+360.000	9.34	117.16	0	0.96	61891.42	10483.24	51408.18
1+380.000	17.7	270.43	0	0	62161.85	10483.24	51678.61
1+400.000	6.33	240.29	0	0	62402.14	10483.24	51918.9
1+420.000	0	63.28	43.99	439.88	62465.42	10923.12	51542.3
1+440.000	0	0	186.56	2305.48	62465.42	13228.61	49236.81
1+460.000	0	0	300.12	4866.83	62465.42	18095.43	44369.98

1+480.000	0	0	360.07	6601.93	62465.42	24697.36	37768.06
1+500.000	0	0	449.25	8093.24	62465.42	32790.6	29674.82
1+520.000	0	0	504.97	9542.19	62465.42	42332.79	20132.63
1+540.000	0	0	449.07	9540.3	62465.42	51873.09	10592.33
1+560.000	0	0	331.12	7801.86	62465.42	59674.95	2790.47
1+580.000	0	0	157.89	4890.1	62465.42	64565.05	-2099.63
1+600.000	0	0	47.53	2054.24	62465.42	66619.29	-4153.87
1+620.000	0	0	25.22	727.52	62465.42	67346.8	-4881.39
1+640.000	0	0	27.63	528.52	62465.42	67875.32	-5409.91
1+660.000	0	0	15.51	431.47	62465.42	68306.79	-5841.37

ÍNDICE DE PLANOS

<u>Nº de Plano</u>	<u>Nombre</u>	<u>Escala</u>
Plano 1	Situación	1:3.000.000
Plano 2	Emplazamiento	1:30.000
Plano 3	Cuenca	1:120.000
Plano 4	Elevación del terreno	1:60.000
Plano 5	Embalse	1:45.000
Plano 6	Planta de presa	1:2.000
Plano 7	Sección castillete	1:250
Plano 8	Sección aliviadero	1:250
Plano 9	Alzado presa	1:1.400
Plano 10	Secciones transversales de excavación	Sin escala
Plano 11	Secciones transversales de excavación	Sin escala
Plano 12	Secciones transversales de presa	Sin escala
Plano 13	Secciones transversales de presa	Sin escala
Plano 14	Planta de carretera y presa	1:6.000
Plano 15	Perfil carretera derecha	Sin escala
Plano 16	Perfil carretera izquierda	Sin escala
Plano 17	Secciones transversales carretera derecha	Sin escala
Plano 18	Secciones transversales carretera izquierda	Sin escala
Plano 19	Planta carretera derecha	1:3.000
Plano 20	Planta carretera izquierda	1:3.000
Plano 21	Modelo 3D de la presa	Sin escala
Plano 22	Modelo 3D de la presa con la carretera	Sin escala
Plano 23	Modelo 3D de la carretera	Sin escala

BIBLIOGRAFÍA

Libros, artículos de revistas y páginas web.

- Vallarino Cánovas del Castillo, Eugenio. **Tratado Básico de Presas**. Madrid. Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos (1998)
- Villarino Otero, Alberto. **Tema 5: Presas**. Ávila. Escuela Politécnica Superior de Ávila. Disponible en: <http://ocw.usal.es/enseñanzas-tecnicas/ingenieria-civil/contenido/TEMA%205%20-%20PRESAS.pdf>
- Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones. **Guía Técnica de Presas de Hormigón**. (2013). Disponible en: <https://www.ieca.es/Uploads/docs/Presas.pdf>
- **Informe de Viabilidad de la presa de Alcolea**. (2009). Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/agua/planes-y-estrategias/informes-de-viabilidad-de-obras-hidraulicas/alcolea_tcm7-26879.pdf
- López Ruiz, Alejandro. **Apuntes de Infraestructuras Hidráulicas**. Sevilla. Escuela Técnica Superior de Ingenieros. (2016).
- Gonzalez Gorostiza, Jon. **Presa de Alcolea**. Santander. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. (2013). Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/2845>.
- WWF España. **Presa de Alcolea: Inviabile para riego**. Madrid. (2010). Disponible en: http://assets.wwf.es/downloads/informe_alcolea_mayo_2010_def.pdf
- Geogaceta. **Sobre la calidad del agua del futuro embalse de Alcolea**. Huelva. (2007). Disponible en: <http://www.sociedadgeologica.es/archivos/geogacetas/Geo42/Art15.pdf>
- Profesores Universidad de Huelva. **Escrito Alcolea**. Huelva. (2007). Disponible en: http://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/escrito_Alcolea_UHU.pdf

Noticias.

- Europa Press. **La Presa de Alcolea solucionará los desequilibrios hídricos.** (2016). Disponible en: <http://www.europapress.es/esandalucia/huelva/noticia-junta-asegura-presa-alcolea-solucionara-desequilibrios-hidricos-20160122140408.html>
- Iagua. **Comienzan las obras del cuerpo de presa de Alcolea.** (2015). Disponible en: <https://www.iagua.es/noticias/espana/magrama/15/02/17/comienzan-obras-cuerpo-presa-alcolea-que-requeriran-mas-89-millones>.
- Huelva Información. **La construcción del muro de la presa de Alcolea comenzará el próximo Otoño.** (2015). Disponible en: http://www.huelvainformacion.es/provincia/construccion-Alcolea-comenzara-proximo-otono_0_938906321.html

Fotografías.

- López Ruiz, Alejandro. Apuntes de Infraestructuras Hidráulicas. Sevilla. Escuela Técnica Superior de Ingenieros. (2016).
- Andalucía Rústica. Disponible en: <http://andaluciarustica.com/category/embalses/embalses-en-sevilla>.
- Google Imágenes.
- Foros de embalse. Disponible en: <http://foros.embalses.net>
- Alejandro Antonio Cruz Donado.
- Structuralia.

Datos espaciales y topográficos.

- DERA (Datos Espaciales y Geográficos de Andalucía). Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia./DERA/index.htm>
- CNIG (Centro Nacional de Información Geográfica). Disponible en: <http://centrodedescargas.cnig.es>
- REDIAM (Red de Información Ambiental de Andalucía). Disponible en: www.juntadeandalucia.es/medioambiente/rediam
- Servicio de descarga de ortofotografías y datos del territorio. Disponible en: <http://ws041.juntadeandalucia.es/medioambiente/dlidar/index.action>

