



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**ESTUDIO COMPARATIVO PARA LA
EJECUCIÓN DE UNA Balsa DE
MATERIALES SUELTOS,
IMPERMEABILIZADA CON LÁMINA
DE PE**

Alumno: Antonio Jesús Roldán Expósito

Tutor: Prof. D. Francisco José Pérez Latorre
Depto.: Ingeniería Mecánica y minera

Febrero, 2018

PRÓLOGO

Una vez llegado a este punto, echo la vista atrás y recuerdo todos estos años de estudio, muchos muy duros pero la vez gratificantes.

Ahora empieza otra etapa en mi vida, la cual la afronto con gran ilusión y a pesar de la época en la que vivimos, con mucho positivismo.

Pues todos estos años de sacrificio han hecho que no me rinda pase lo que pase, y me han hecho sacar lo mejor de mí.

A día de hoy me siento muy orgulloso de haber llegado hasta aquí.

Sobre todo me siento muy orgulloso de mis padres, sin ellos me hubiera sido imposible tener el coraje suficiente como para levantarme en los momentos duros.

A ellos especialmente les doy las gracias por haberme apoyado desde el principio y no dudar ni una sola vez de mí.

Tengo que agradecer a mi hermana, María, por haberme llenado de vitalidad y ganas de ser mejor.

Quiero agradecer a todas y cada una de las personas que han estado apoyándome durante este periodo de mi vida, destacando entre ellas a mi pareja, Marta, mis amigos y mis compañeros de piso, los cuales quiero como hermanos. Todos ellos han sabido sacar siempre un rayo de luz en los momentos más oscuros.

También quiero agradecer a la E.P.S. de Linares y a todos mis profesores por toda su labor educativa ofrecida con tanto esmero.

Y por último, y no por ello menos importante, agradecer a los que desgraciadamente ya no están pero que sin embargo los llevo muy presentes.

Memoria

1. Resumen.....	2
2. Introducción.....	3
2.1. Localización	
2.2. Accesos	
2.3. Dimensión del estudio	
3. Objetivos.....	5
3.1. Bases del estudio	
3.2. Planteamiento general del estudio	
4. Materiales y Métodos.....	7
4.1. Estudios previos	
4.2. Condicionantes legales	
4.3. Condicionantes del medio físico	
4.4. Geotécnia	
4.5. Ingeniería de las obras	
4.6. Clasificación de la balsa	
5. Discusión: Estudio de alternativas.....	30
5.1. Discusión	
5.2. Planteamiento general de alternativas	
5.3. Estudio de alternativas	
6. Conclusiones.....	32
7. Anexos.....	38
8. Planos.....	81
9. Referencias bibliográficas.....	95

1 RESUMEN

La finalidad de este estudio técnico es la de llevar a cabo la ejecución de una balsa de materiales sueltos para la regulación de agua de riego de 76 ha de tierras de olivar de secano adscritas a la comunidad de regantes de Sierra Mágina-El Caz, perteneciente al municipio de Torres (Jaén).

Para la construcción de dicha balsa la comunidad de regantes ha adquirido una extensión de terreno la cual se ha de aprovechar la máxima superficie posible según demanda esta comunidad.

Para la obtención del título, dentro de las 3 modalidades de Trabajos de Fin de Grado que se detallan en las bases que la Escuela Politécnica Superior de Linares expone, he escogido un estudio técnico. Este estudio será destinado a demostrar cómo con unas ciertas condiciones se puede construir una balsa que cumpla las condiciones que se requieren para el riego, sin ser necesario la ocupación de la mayor parte de la superficie, que es lo que habitualmente piden los propietarios de las parcelas, minimizando así costes.

Por lo tanto este estudio constará de la comparativa de la balsa que se propone desde un punto de vista técnico, que se ajuste a las necesidades hídricas (Balsa 1) y la balsa que se construiría con la condición de ocupar la mayor superficie que es lo que propone la comunidad de regantes de Sierra Mágina-El Caz (Balsa 2).

2 INTRODUCCIÓN

2.1 Localización

Tal y como se puede observar en el plano nº1: Localización, la zona de objeto de estudio se localiza en el término municipal de Torres, perteneciente a la provincia de Jaén, dentro de la comunidad autónoma de Andalucía. Geográficamente se encuentra en la parte noroccidental de Sierra Mágina. Torres se sitúa a unos 35 km al este de Jaén, la capital de la provincia.

2.2 Accesos

La zona de estudio se localiza a 4,7 km al Oeste de Torres, tal y como se puede ver en la *Figura 1*. Al emplazamiento de la balsa de riego se accede tomando la carretera JA-3106 hacia el Oeste, dirección Mancha Real. El acceso se encuentra a unos 100 metros del p.k.-7 el cual se sitúa concretamente a 4,5 km al Oeste de Torres y a 9,6 km al Este de Mancha Real.



Figura 1: Acceso a la zona de estudio

2.3 Dimensión del estudio

La zona de estudio se puede comprobar en el plano nº 1: Localización. La balsa que se construya ocupará parcialmente las parcelas 50, 51, 52 y 280. El agua para el riego procede del Barranco de Pulpite, afluente del Rio de Torres y será captada por medio de un grupo motobomba sumergido, desde ahí será conducida por unas tuberías de PVC hasta la entrada en la balsa.

Por ello el presente estudio se realiza con el fin de valorar comparativamente en extensión, movimiento de tierras, instalación de bombeo y tuberías y por supuesto coste.

Parcelas	Uso	Titularidad
280	Terreno Agrícola	Promotor
50	Terreno Agrícola	Promotor
51	Terreno Agrícola	Promotor
52	Terreno Agrícola	Promotor

Tabla 1: Parcelas afectadas



Figura 2: Imagen parcelas afectadas

3 OBJETIVOS

3.1 Bases del estudio

Como previamente se ha comentado, Torres pertenece a la comarca de Sierra Mágina. Sierra Mágina responde al claro ejemplo de paisaje cultural, bien definido por un conjunto de valles e interfluvios. Se trata de un territorio ondulado, marcado por fértiles valles.

La zona de objeto de estudio está encuadrada en un sistema productivo predominantemente agrario, en el que la agricultura de secano es el principal motor económico. Predominan los cultivos de cerezos y olivos. También existen en el municipio varias explotaciones de ganado bovino, ovino y porcino.

En la actualidad, en las parcelas agrícolas mencionadas se cultiva olivos de secano.

En lo que al relieve se refiere, las parcelas presentan pendientes relativamente pronunciadas.

El promotor del estudio es la Comunidad de Regantes de Sierra Mágina-El Caz.

En resumen, el presente estudio tiene como objetivo llevar a cabo la construcción de una balsa de acumulación que permita almacenar un determinado volumen de agua para disponer de riego en las 76 ha que en la actualidad albergan olivar de secano.

Los objetivos marcados con el desarrollo del estudio son:

- Cumplir con los condicionantes impuestos por el promotor.
- Aprovechar de forma sostenible los recursos hídricos y energéticos disponibles en la zona.
- Mejorar el olivar pasando de secano a regadío.
- Dotar al entorno rural de mayor dinamismo y calidad de vida, creando nuevos puestos de trabajo en el pueblo.
- Proteger el medio ambiente en la medida de lo posible.

3.2 Planteamiento general del estudio

Para el almacenamiento del agua necesaria, la Comunidad de Regantes de Sierra Mágina-El Caz propone la construcción de una balsa que ocupe la mayor superficie posible del terreno que se dispone. Por otro lado, yo me propongo a demostrar que con una balsa menor se cumplirán los objetivos de riego necesarios.

Por lo tanto, nos encontramos frente a dos alternativas:

- a) Una balsa de materiales sueltos que se ajuste a las necesidades hídricas (Balsa 1).
- b) Una balsa de materiales sueltos que ocupe la mayor superficie posible (Balsa 2).

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Estudios previos

Para la realización de los anejos y documentos del presente estudio hemos utilizado los siguientes datos:

- Análisis de suelo, también recogido en el Anexo 1.
- Mapa Geológico de España a escala 1/50.000 publicado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y con su correspondiente memoria explicativa. A partir de los cuales se ha realizado el estudio geológico. Ver Anexo 3. Estudio geológico y geotécnico.
- Análisis, tanto de campo como de laboratorio, del terreno, relacionados con el estudio geotécnico, y recogidos en el mismo.

4.2 Condicionantes legales

El presente estudio cumple con toda la legislación vigente. Ésta incluye toda la normativa sobre legislación sobre presas y embalses, además de seguridad e higiene en el trabajo y seguridad ambiental. A continuación se cita la de mayor relevancia.

4.2.1 Legislación sobre presas

Orden de 31 de marzo de 1967 por la que se aprueba la “Instrucción para proyecto, construcción y explotación de grandes presas” (BOE 27 oct. 1967).

Ley de Aguas de 1985.

Directriz Básica de Planificación de Proyecto Civil de 1994.

Orden de 12 de marzo de 1996 por la que se aprueba el “Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses”.

Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones.

Real Decreto 9/2008 de 11 de enero por el que se modifica el “Reglamento de Dominio Público Hidráulico” (BOE 16/01/08).

Norma Técnica de seguridad para la clasificación de las presas y para la elaboración e implantación de los planes de emergencia de presas y embalses, Julio 2011.

4.2.2 Legislación medioambiental

Real Decreto 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos (BOE 26 de enero 2008).

Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril (BOE 26 enero 2008).

Real Decreto 509/2007, de 20 de Abril, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 16/2002, de 1 de Julio, de prevención y control integrado de la contaminación (BOE 21 abril 2007).

Real Decreto 849/1986, de 11 de Abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico que desarrolla los títulos preliminares, I,IV,V,VI,VII y VIII del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de Julio. (BOE 30 abr. 1986).

Real Decreto-Ley 4/2007, de 13 de Abril, por el que se modifica el texto refundido de la ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de Junio.

Ley 34/2007, de 15 de Noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera (BOE 16 nov. 2007).

Ley 7/2007, de 9 de Julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.

Decreto-ley 3/2015, de 3 de marzo, por el que se modifican las Leyes 7/2007, de 9 de julio, de gestión integrada de la calidad ambiental de Andalucía, 9/2010, de 30 de julio, de aguas de Andalucía, 8/1997, de 23 de diciembre, por la que se aprueban medidas en

materia tributaria, presupuestaria, de empresas de la Junta de Andalucía y otras entidades, de recaudación, de contratación, de función pública y de fianzas de arrendamientos y suministros y se adoptan medidas excepcionales en materia de sanidad animal.

4.2.3 Legislación sobre riesgos laborales, seguridad e higiene en el trabajo

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. (Última modificación 29 de diciembre de 2014).

Real Decreto 337/2010, de 19 de Marzo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto 1109/2007, de 24 de Agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de Octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción (BOE nº17, 23- Mar-2010).

Real Decreto 604/2006, de 19 de Mayo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción (BOE 29- May-2006).

4.3 Condicionantes del medio físico

Todos los condicionantes del medio referidos a suelo, clima y agua se recogen en los siguientes puntos:

4.3.1 Suelo

La textura representa el porcentaje en el que se encuentran los elementos que constituyen el suelo: arena (44%), limo (20%) y arcilla (36%). Según la clasificación granulométrica del método USDA, un suelo con estas proporciones recibe la denominación de *Franco Arcilloso*, lo que supone que es un suelo con bastante capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes.

Como se comprobará posteriormente, es un suelo apto para la formación de los taludes de la balsa.

4.3.2 Clima

El clima se identifica como mediterráneo continental con temperaturas medias anuales de unos 15° C, temperaturas medias del mes más frío (enero) superiores a los 3° C, y temperaturas medias del mes más cálido (julio) de unos 23° C. Se trata de una zona, por lo general, fría, debido a su altitud: 880 m aprox.

Las precipitaciones son abundantes, sobre todo en los meses primaverales abril y mayo. La precipitación total anual es de 532 mm.

4.4 Geotecnia

El Anexo 1: Estudio geotécnico muestra los parámetros geológicos y geotécnicos de necesario conocimiento para la construcción de la balsa de riego.

4.4.1 Encuadre geológico

La zona de estudio se encuadra dentro del mapa geológico en el límite entre el cuaternario y el terciario. Dentro del terciario, que va desde hace 70 millones de años hasta hace un millón de años, que comienza el cuaternario, pertenece al Neógeno, y dentro del Neógeno, pertenece al mioceno.

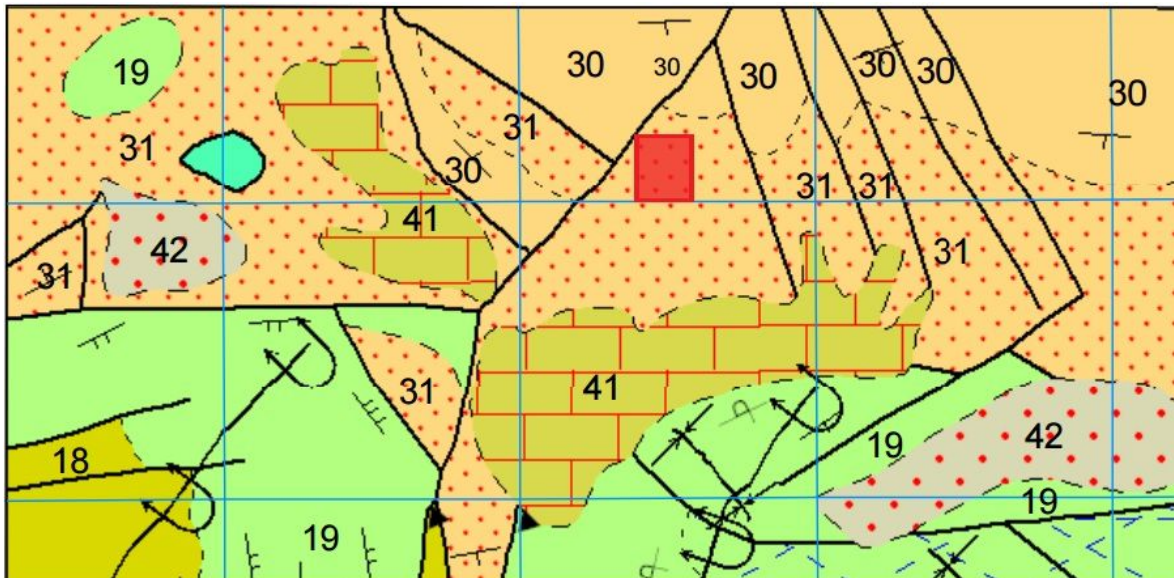


Figura 2: Fragmento de la hoja nº 948 del Mapa Geológico de España

Como se ha podido comprobar en el mapa geológico más arriba representado, la zona de construcción de la balsa se encuentra marcada con los números 30 y 31. Estos materiales son limo-arcillas con tonos ocre y margas versicolores.

4.4.2 Sismicidad

Según la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, la zona de estudio se encuentra en el sector de Peligrosidad Sísmica Media-Baja.

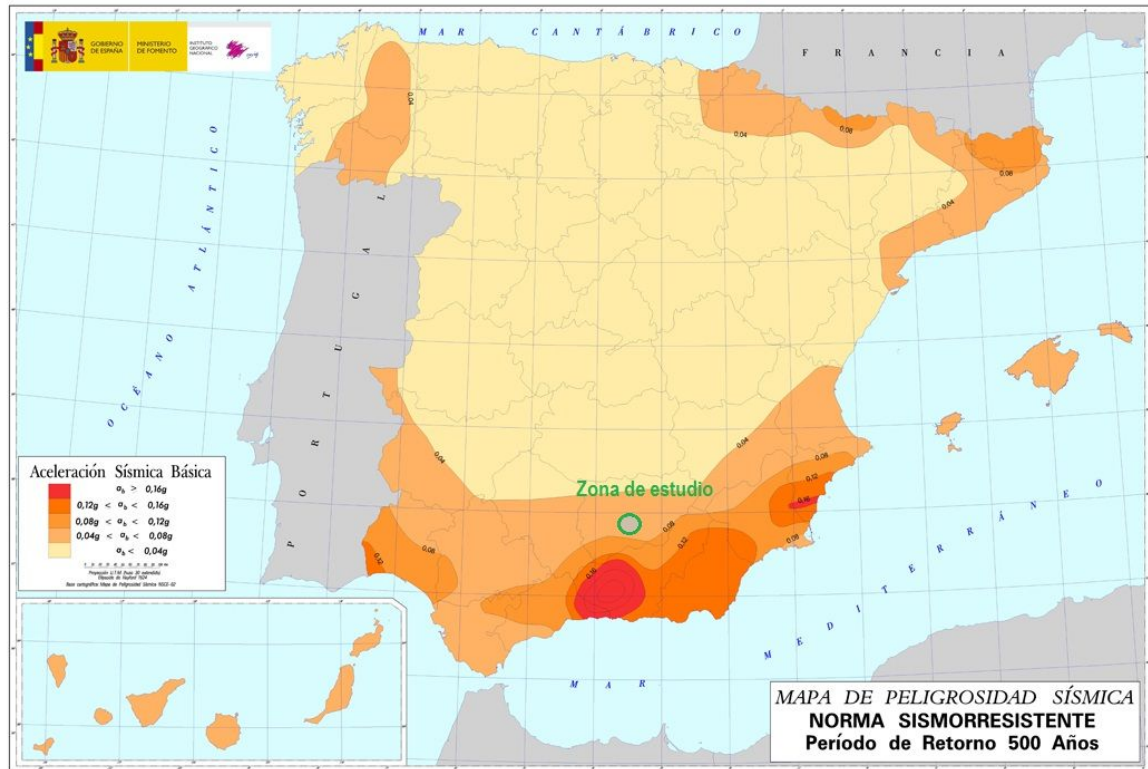


Figura 3: Acciones sísmicas en el territorio español

Torres tiene una aceleración sísmica básica “ a_b ”, expresada en relación al valor de la gravedad y con un periodo de retorno de quinientos años, de 0,07g, y un coeficiente de contribución (“K”) igual a 1,0.

La aceleración sísmica de cálculo “ a_c ” se obtiene a partir de la básica según la expresión:

$$a_c = \rho \cdot a_b$$

Donde:

a_b : aceleración sísmica básica

ρ : coeficiente adimensional de riesgo cuyo valor, en función del periodo de vida en años, t , para el que se proyecta la construcción, viene dado por:

$$\rho = (t/50)^{0,37}$$

Siendo, a efectos de cálculo para el tipo de construcción proyectada, $t \geq 50$ años.

Por lo tanto, en este caso tenemos que $a_c = a_b = 0,07g$.

Al ser la $a_b > 0,04$ es aplicable la norma sismorresistente NCSR-02, como indica la propia norma.

El terreno bajo el que se construirá la balsa será de Tipo III según la NCSR-02, con un coeficiente de suelo "C" de 1,60.

Los efectos sísmicos expuestos en la "*Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de grandes presas*" para este caso serán:

- En la zona de baja sismicidad no es necesario tener en cuenta las posibles acciones sísmicas.
- En la zona de sismicidad media se calcularán las estructuras y dispositivos cuyo buen funcionamiento es vital para la seguridad de la presa, como los aliviaderos, etc.

4.4.3 Trabajos de campo

Los trabajos de campo realizados que forman parte del estudio geotécnico han consistido en lo siguiente:

- Reconocimiento de 2 calicatas con toma de muestra alterada.
- Ejecución de 2 sondeos a rotación.
- 8 Ensayos de penetración dinámica S.P.T.
- 8 Tomas de muestras parafinadas.
- 2 Mediciones del nivel freático.

4.4.4 Ensayos de laboratorio

A continuación se incluye la cantidad de ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras extraídas en las prospecciones, siguiendo las correspondientes Normas UNE y/o NLT:

- 6 Clasificaciones USCS, incluyendo análisis granulométrico por tamizado según la Norma NLT 104, y determinación de Límites de Atterberg según la Norma UNE 7377 y UNE 7378 o comprobación de no plasticidad según NLT 102.
- 8 Ensayos de determinación de densidad aparente.
- 8 Ensayos de determinación de humedad natural.
- 2 Ensayos de corte directo consolidado y drenado.
- 2 Ensayos de compresión simple en suelos.
- 2 Ensayos de expansividad Lambe.
- 2 Ensayos Próctor normal.
- 2 Ensayos de C.B.R.
- 2 Ensayos determinación de materia orgánica.

En el Anexo 1: Estudio geológico y geotécnico. Se detallan de forma pormenorizada todos los ensayos. Y una vez realizados dichos ensayos, los resultados indican que:

- El terreno se muestra excavable en su totalidad.
- Posee una capacidad de drenaje escasa localmente media. Terreno semipermeable.
- Tiene capacidad portante aceptable.
- Se recomienda no utilizar la zona más superficial en el empleo de terraplenes debido a los caliches.
- El terreno es apto para la formación de taludes.

4.5 Ingeniería de las obras

4.5.1. Captaciones

El agua necesaria para el riego se obtendrá del Barranco de Pulpite, afluente del Río de Torres. El agua necesaria será captada por bombeo, a partir de ahí se hará entrar el agua en la balsa mediante tuberías de PVC.

4.5.2. Necesidades hídricas

El método más utilizado para determinar la ET_c del cultivo es el recomendado por la FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977), en el que la ET_c se calcula como:

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \cdot K_r \quad \text{ec. (I)}$$

Siendo:

ET_o = evapotranspiración de referencia.

K_c = coeficiente de cultivo.

K_r = coeficiente que cuantifica el estado de desarrollo del cultivo.

La ET_o es la *evapotranspiración de referencia*. Cuantifica la demanda evaporativa de la atmósfera y corresponde a la evapotranspiración de una pradera de gramíneas con una altura entre 8 y 10 cm que crece sin limitaciones de agua, nutrientes en el suelo y sin incidencia de plagas y/o enfermedades.

En general, para la zona de Sierra Mágina, se ha comprobado que puede utilizarse la expresión de Hargreaves, sin tener la necesidad de calibrarla para condiciones locales. Dicha fórmula sólo requiere la medida de datos de temperatura (Hargreaves y col., 1985):

$$ET_o = 0,0023 \cdot R_a \cdot (T_m + 17,8) \cdot (T_{\max} - T_{\min})^{1/2}$$

Donde:

- ET_o es la evapotranspiración de referencia en mm/día.
- $T_{\max}$, $T_{\min}$ y T_m son las temperaturas medias (°C) de las máximas, las mínimas y las medias durante el período considerado

- R_a es la radiación extraterrestre, expresada en mm/día, que sólo depende de la latitud y época del año (se encuentra tabulada, Doorenbos y Pruitt, 1977),

T_{max} , T_{min} , T_m son las temperaturas medias durante el mes considerado de las máximas, mínimas y medias

- P es la precipitación media mensual.

Resumiendo, tendremos unos valores de K_c :

$K_c = 0,5$ en invierno.

$K_c = 0,55$ en verano.

$K_c = 0,65$ en otoño y primavera.

En el caso de estudio, para la densidad de plantación media de 100 olivos/ha y un diámetro de copa de 6,4 m, tenemos valores próximos a 1.

- P_e = precipitación media efectiva o fracción de la lluvia total que se infiltra en el suelo.

A falta de información más precisa y para nuestras condiciones, se considerará P_e como el 70% de la lluvia medida, despreciando además las lluvias de escasa intensidad que se produzcan en los meses de verano (Julio y Agosto) que se pierden por evaporación directa casi instantáneamente.

- Cálculo de la dosis de riego

Se colocarán 2 goteros con un caudal unitario de 8 l/h, por lo que para aportar los 75 l/olivo/día, deberán funcionar unas 4,5 horas.

El número de días de riego será de 200, comprendiendo la campaña de riegos desde Abril hasta Octubre.

Con esta dotación mensual constante se obtiene un caudal continuo de 0,15 l/s y ha, con lo que el caudal continuo solicitado será de:

$$0,15 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot (38+38) \text{ ha} \approx 11,4 \text{ l/s}$$

- Caudal salida:

El Caudal salida depende de los sectores que se realicen, que en nuestro caso serán 2 con una superficie aproximada para el cálculo de un sector con 38 has, con un número aproximado de olivos de: 3800 olivos.

Primero se calcula el caudal instantáneo por olivo:

$$Q_{ins} = 16 \text{ l/h} \cdot (1 / 3.600) \approx 0,44 \text{ l/s}.$$

$$Q_{salida} = 3800 \text{ olivos} \times Q_{ins} \approx \mathbf{16,9 \text{ l/s}}.$$

Por tanto, para el riego por goteo de olivar se solicita:

1. Caudal continuo:	0,15 l/s ha
2. Caudal ficticio continuo:	11,4 l/s
3. Caudal total a derivar:	114.000 m ³ / año
4. Caudal salida:	16,9 l/s.

El caudal a solicitar a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir será de 1500 m³/ ha.

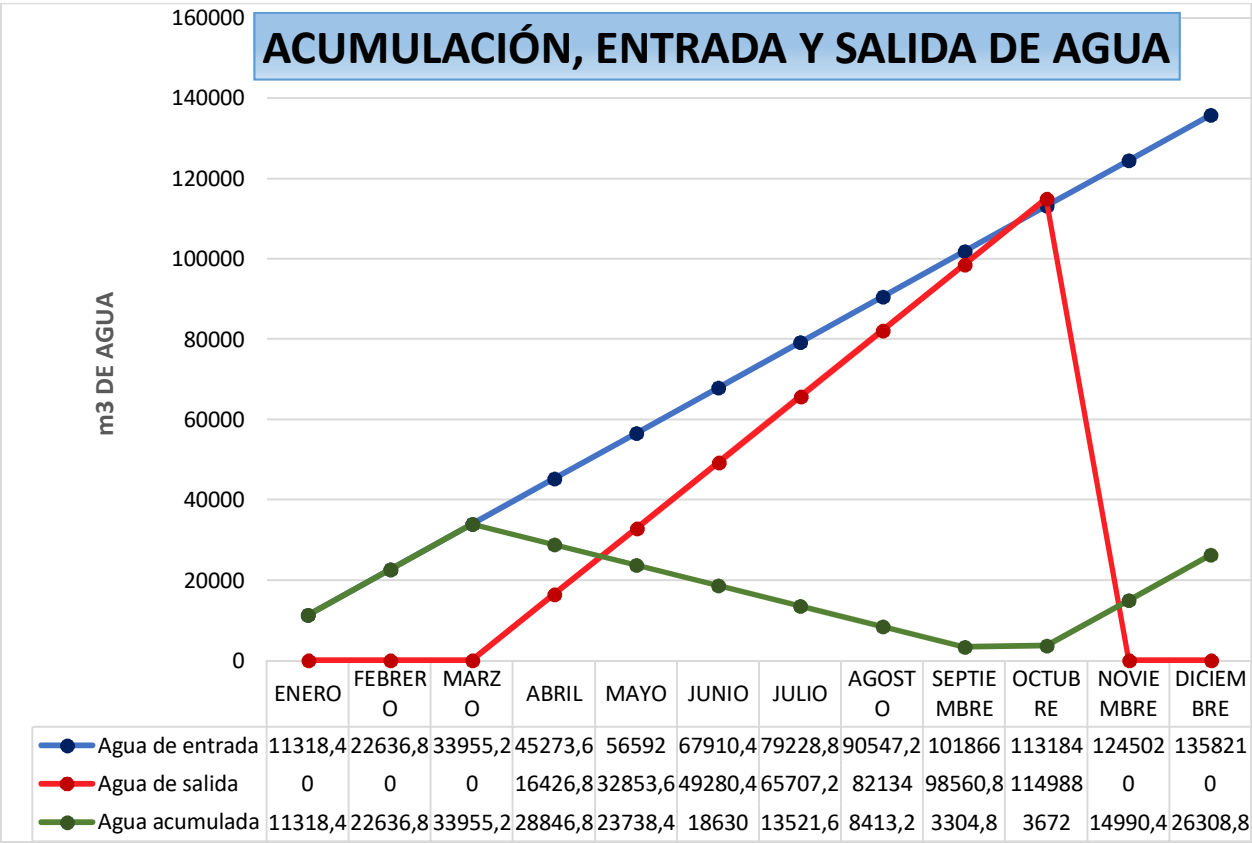
Una vez realizados estos cálculos tenemos los siguientes condicionantes:

- Q_{Salida} debe ser de 16,9 l/s.
- Los meses de riego son desde Abril hasta Octubre (7 meses).
- Todos los meses se regarán 30 días al mes excepto Octubre que serán los 20 primeros días.
- La captación será de 365 días al año
- Se bombeará agua 8h al día, siendo éstas las horas en las que el precio del kw es menor.

Sabiendo estas condiciones se obtiene que será necesario un $Q_{Entrada} = \mathbf{13,1 \text{ l/s}}$ por 8h al día, 365 días al año para un menor gasto energético.

Como se aprecia, el Q_{Salida} y el $Q_{Entrada}$ no coinciden, dado que la necesidad de almacenamiento permite reducir el $Q_{Entrada}$ respecto al Q_{Salida} .

Con todo esto, se ha realizado un gráfico en que se exponen los m³ totales, de entrada, salida y acumulados a lo largo de un año. Es decir, el volumen de agua que cualquiera de las dos balsas iría almacenando cada mes del año.



Gráfica 1: Acumulación, entrada y salida de agua.

4.5.3. Características generales

La planta de la balsa será de forma irregular, adaptándose de esta forma a las curvas de nivel del terreno. La adaptación de la forma de la balsa al terreno existente se torna imprescindible para minimizar el volumen de tierras a mover, pues es la partida más costosa de la obra. También es necesario que los volúmenes de desmonte y terraplén se igualen, de esta forma tener que retirar a vertedero el menor volumen de tierra posible.

Esto ha sido estudiado con el software informático “AutoCAD Civil 3D”, atendiendo a los factores anteriormente expuestos, mediante un proceso de ensayo y error, en el que la forma de la balsa elegida resultó ser la más favorable.

Balsa de riego 1

La balsa de riego que se proyecta tiene una capacidad de 37.300 m³. Se construirá de tierra y será impermeabilizada con una geomembrana de polietileno de alta densidad, y colocada sobre un geotextil que la amortigüe sobre el terreno.

Las características geométricas más destacables de la balsa de acumulación son las siguientes:

- Cota de coronación dique: 792 m
- Cota de fondo balsa: 786,5 m
- Cota nivel máximo de agua: 791,5 m
- Resguardo: 0,5 m
- Aliviadero: 0,3 m
- Volumen útil agua: 37.300 m³
- Taludes interior y exterior: 2H:1V
- Superficie de fondo de balsa (cota 786,5 m): 5.644 m²
- Superficie lámina de agua a nivel máximo: 9.277 m²
- Superficie total de ocupación del vaso: 9.405 m²
- Volumen total de vaso (a cota de coronación): 42.045 m³
- Anchura de coronación: 3,5 m
- Anchura del camino de coronación: 3 m

Para esta balsa, que se ajusta a las necesidades hídricas tenemos que el fondo de la balsa se sitúa en la cota (786,5 m) y llega a una altura de 5,5 m en coronación del dique. Sin embargo, la altura máxima del nivel de agua será de 5 m (cota 791,5 m) dado que el resguardo calculado será de 0,5 m. El aliviadero debe situarse por lo tanto a una altura inferior a 0,5 m, tras el cálculo se ha obtenido una altura de 0,3 m.

Los taludes interior y exterior de la balsa, tanto en desmonte como en terraplén serán de 2H:1V los cuales han sido calculados mediante software informático.

Todo ello nos lleva a un volumen de balsa de 37.300 m³.

El porcentaje de ocupación de la parcela aportada por la comunidad de regantes para la ejecución de la balsa es del 27%.

Balsa de riego 2

En este caso, la balsa de riego que se proyecta tiene una capacidad de 69.700 m³. Se construirá de tierra y será impermeabilizada con una geomembrana de polietileno de alta densidad, y colocada sobre un geotextil que la amortigüe sobre el terreno.

Las características geométricas más destacables de la balsa de acumulación son las siguientes:

- Cota de coronación dique: 792 m
- Cota de fondo balsa: 786,5 m
- Cota nivel máximo de agua: 791,5 m
- Resguardo: 0,5 m
- Aliviadero: 0,3 m
- Volumen útil agua: 69.700 m³
- Taludes interior y exterior: 2H:1V
- Superficie de fondo de balsa (cota 786,5 m): 11.772 m²
- Superficie lámina de agua a nivel máximo: 16.121 m²
- Superficie total de ocupación del vaso: 16,591 m²
- Volumen total de vaso (a cota de coronación): 76.706 m³
- Anchura de coronación: 3,5 m
- Anchura del camino de coronación: 3 m

Para esta balsa, que con la que se pretende ocupar la mayor superficie posible, tenemos que el fondo de la balsa se sitúa en la cota (786,5 m) y llega a una altura de 5,5 m en coronación del dique. Como en la Balsa 1, la altura máxima del nivel de agua será de 5 m (cota 791,5 m) dado que el resguardo calculado será de 0,5 m. El aliviadero debe situarse por lo tanto a una altura inferior a 0,5 m, tras el cálculo se ha obtenido una altura de 0,3 m.

Los taludes interior y exterior de la balsa, tanto en desmonte como en terraplén serán de 2H:1V los cuales han sido calculados mediante software informático.

Todo ello nos lleva a un volumen de balsa de 69.700 m³.

El porcentaje de ocupación de la parcela aportada por la comunidad de regantes para la ejecución de la balsa es del 68%.

4.5.4. Movimiento de tierras

El cálculo de los desmontes y terraplenes que den la forma del vaso de la balsa han sido calculados con el software informático *AutoCAD Civil 3D*. Para ello, se ha creado un grupo de explanación, con su superficie característica correspondiente. Al diseñar el vaso se ha buscado que los volúmenes de terreno desmontado y terraplenado se igualen en la medida de lo posible. Los resultados de terreno a mover son los siguientes:

Movimiento de Tierras BALSA 1	
Terraplén	54.984 m ³
Desmonte	73.047 m ³
Diferencia (Desmonte)	18.061 m ³

Tabla 1: Movimiento de tierras Balsa 1

Movimiento de Tierras BALSA 2	
Terraplén	135.650 m ³
Desmonte	98.400 m ³
Diferencia (Terraplén)	37.250 m ³

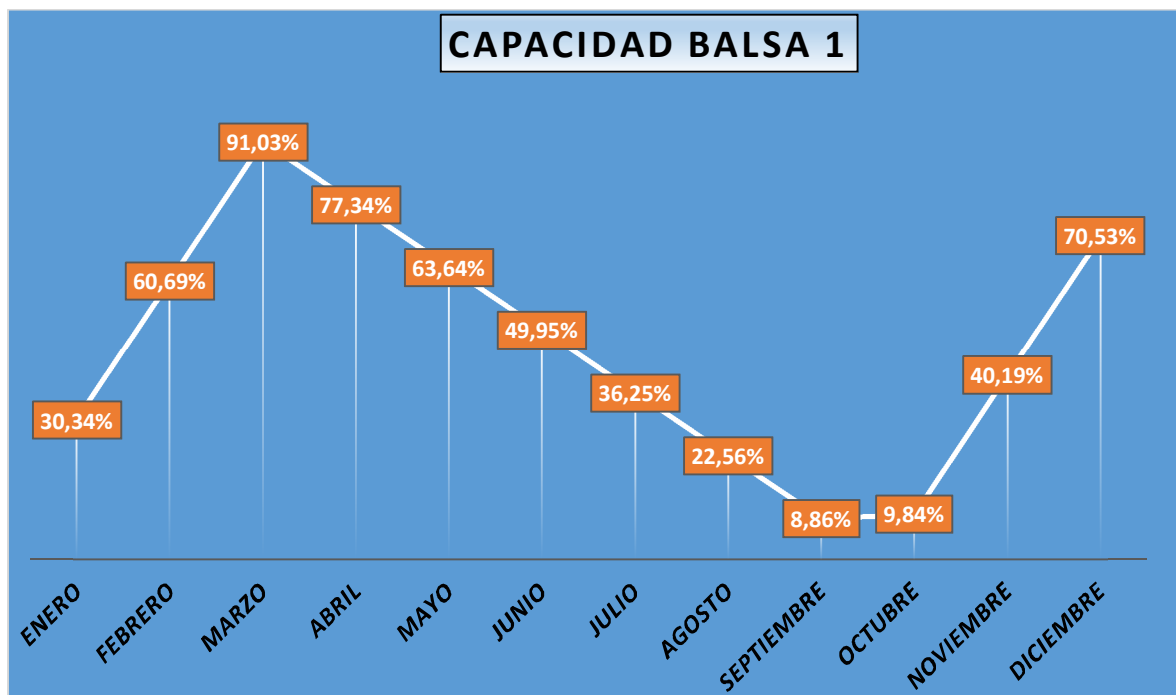
Tabla 2: Movimiento de tierras Balsa 2

4.5.5. Capacidad del embalse

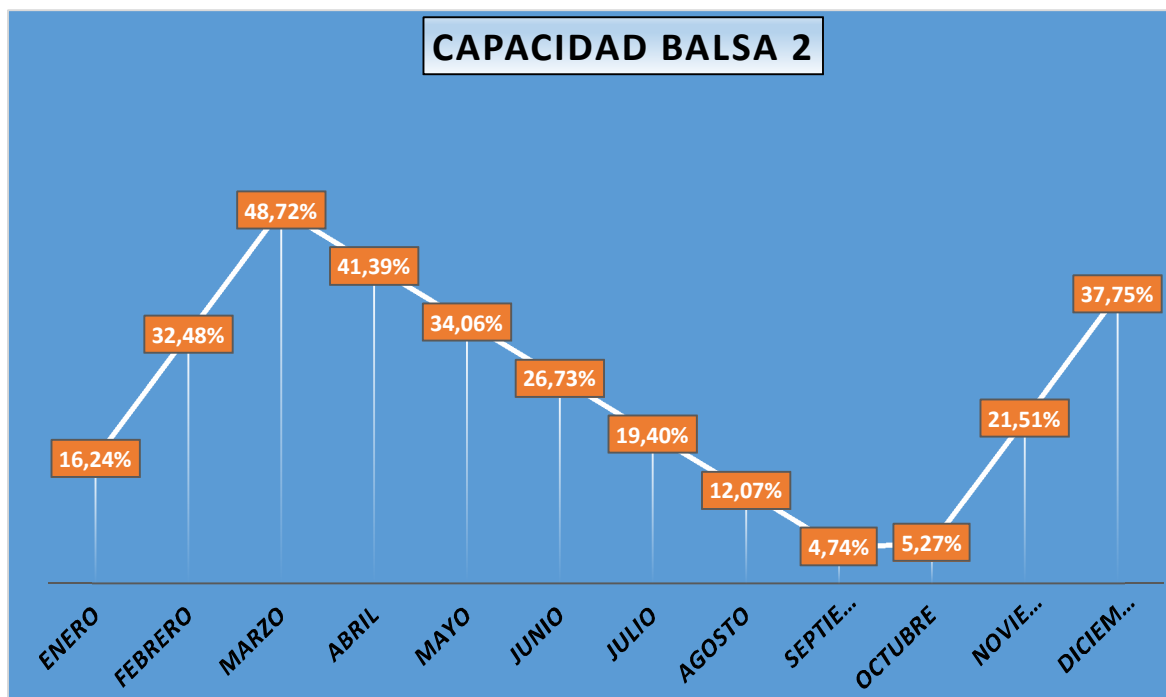
Para ver de manera más clara la capacidad de las balsas a lo largo de un año se ha realizado una gráfica de cada una de ellas con las siguientes premisas:

- Desde el mes de Enero hasta el mes de Diciembre se almacena agua en la balsa, (365 días al año).
- El $Q_{\text{Entrada}} = 13,1 \text{ l/s}$, 8h al día durante 365 días al año.
- A partir del mes de Abril hasta el mes de Octubre (7 meses) se utilizara el agua de la balsa para el riego.
- En el mes de Octubre se regará los primeros 20 días, los demás meses se regará los 30 días del mes.
- El Q_{Salida} es de $16,9 \text{ l/s}$, 9 horas al día durante esos 7 meses.

Con todo ello se obtienen las siguientes gráficas para cada balsa:



Gráfica 2: Capacidad Balsa 1



Gráfica 3: Capacidad Balsa 2

Viendo las dos gráficas se puede concluir que ambas balsas pueden almacenar sin problema el volumen de agua necesario que la comunidad de regantes necesita.

Sin embargo hay una gran diferencia en cuanto a la capacidad de la Balsa 1 con respecto a la Balsa 2.

Para el mes de mayor volumen almacenado, mes de Marzo, la Balsa 1 está a una capacidad del 91,03%, mientras que para la Balsa 2 la capacidad es del 48,72%.

Para el mes donde el volumen almacenado es más bajo, mes de Septiembre, la Balsa 1 llega a una capacidad del 8,86%, mientras que la Balsa 2 llega al 4,74%.

El volumen de agua almacenado es igual tanto para la Balsa 1 como para la Balsa 2, la diferencia es que mientras que la Balsa 1 se ajusta a las necesidades hídricas teniendo un margen de seguridad, la Balsa 2 tiene capacidad para almacenar un volumen innecesario, prácticamente el doble de lo que se demanda.

4.5.6. Potencia a instalar

La potencia a instalar en cada uno de los sistemas de bombeo, según los caudales obtenidos y los datos de las cotas de los diferentes elementos, se realiza calculando la altura de elevación necesaria como el sumatorio de la altura geométrica, más las pérdidas de carga estimadas en los diferentes puntos de bombeo, según la expresión de la potencia en el eje de una bomba.

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta}$$

Se considera para esta estimación:

- Peso específico del agua $\gamma = 9.81 \text{ KN/m}^3$
- Rendimiento $\eta = 70\%$
- $Q = 0,072 \text{ m}^3/\text{s}$

- **Balsa 1:**

Z1 = (cota del agua): 768 m

Z2 = (cota de la balsa) 786,5 m

Altura del depósito: 5,5 m.

Tubería de PVC 250 PN 6 bar, de 135 m de longitud

$$H_{r-Balsa1} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0,5$$

$$H = 18,5 + H_{r-Balsa1}$$

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta} = \frac{9.81 \cdot 0.072 \cdot (18,5 + 0,5)}{0.7} = 19,17 \text{ Kw}$$

- **Balsa 2:**

Z1 = (cota del agua): 768 m

Z2 = (cota de la balsa) 786,5 m

Altura del depósito: 5,5 m.

Tubería de PVC 250 PN 6 bar, de 135 m de longitud

$H_{r-Balsa2} = H_{r-Balsa1} = 0,5$

$H = 18,5 + H_{r-Balsa2} = 18,5 + H_{r-Balsa1}$

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta} = \frac{9.81 \cdot 0.072 \cdot (18,5 + 0,5)}{0.7} = 19,17 \text{ Kw}$$

4.5.7. Aliviadero

Para el dimensionamiento del aliviadero se utiliza el “Método Racional” (ver anexo 4. Cálculo de resguardo y aliviadero). Se ha elegido como aliviadero un marco rectangular de hormigón prefabricado de:

- 65x30 cm de hueco para la balsa 1
- 105x30 cm de hueco para la balsa 2.

4.5.8. Taludes

Los taludes de la balsa tanto interiores como exteriores, tanto en desmonte como en terraplén serán de 2H:1V, es decir 26,55°. La justificación de esta pendiente reside en que con ella asegura la seguridad y estabilidad de los taludes construido con el material base del terreno.

Para ello se han utilizado los métodos de Bishop, y de Morgenstern & Price, para el cálculo de los factores de seguridad de los taludes en su situación más desfavorable. Este trabajo se ha realizado con la ayuda del programa informático GEO-SLOPE. En su módulo SLOPE/W.

Los factores de seguridad obtenidos tanto para talud interior como para el exterior superan la seguridad estricta.

4.5.9. Impermeabilización del vaso

La mayoría de las balsas están impermeabilizadas con láminas plásticas, algunas con materiales arcillosos, aprovechando su existencia en el lugar, unas pocas con asfalto, aún menos con hormigón.

Ante estas alternativas, sin lugar a dudas, se suele escoger la impermeabilización con láminas plásticas. Que es, con diferencia, el procedimiento más difundido, debido a su sencillez, y rapidez de colocación, además de su bajo coste en comparación con el resto de alternativas.

Desde el punto de vista de la seguridad, gracias a su elevada deformación en rotura, del orden del 200%, se asegura la estanqueidad del embalse, sean cuales sean las condiciones del material de sustento.

Por lo tanto, se ha optado en este estudio por recubrir la superficie de la balsa de materiales plásticos que aseguren su estanqueidad. Esto es debido a que las pérdidas de agua que habría a través de una balsa hecha sólo de tierra serían inadmisibles con los volúmenes que se manejan.

Para la impermeabilización de la balsa se utilizarán dos materiales:

- En primer lugar, sobre los taludes y el fondo, ya refinados, se tenderá una lámina de geotextil formado por filamentos continuos de poliéster, cuyas partes son unidas por un proceso de agujeteado. Tendrá un peso específico de 260 g/m^2 , y su función consistirá en separar, drenar, filtrar y proteger a la geomembrana de una posible perforación por piedras, gravilla o cualquier otro material angular.
- En segundo lugar, sobre el geotextil se emplazará la geomembrana: una lámina de polietileno de alta densidad, de 2 mm de espesor, soldada por termofusión que actuará de barrera impermeable al agua.

Tanto geomembrana como geotextil se anclan en la coronación del talud interior de la balsa embutiéndolas en una zanja excavada en coronación a lo largo de todo el perímetro de la balsa. La zanja se cavará a 50 cm de la cresta del talud, y será de unas dimensiones mínimas de 40 x 50 cm, e irá rellena de la propia tierra excavada.

Cuyas cantidades para las diferentes balsas son las siguientes:

- **Balsa 1:**
 - 13.500 m² de geotextil de poliéster
 - 13.500 m² de geomembrana de polietileno

- **Balsa 2:**
 - 22.000 m² de geotextil de poliéster
 - 22.000 m² de geomembrana de polietileno

Para evitar el levantamiento de la lámina por efecto de la succión del aire, en coronación se colocarán unos pretilos de hormigón prefabricado y a lo largo del pie del talud interior, se colocarán unos lastres de hormigón tipo “bordillo”.

4.5.10. Arqueta de entrada y salida de agua

La balsa tendrá una arqueta excavada en el fondo, y recubierta de hormigón armado. Tiene la función de juntar en un mismo alojamiento las tuberías de entrada de agua en la balsa, salida de agua de riego y desagüe de limpieza. Se ha diseñado con unas dimensiones de 1,5 x 1 x 0,8 m.

El tubo de entrada es de PVC, de 110 mm de diámetro nominal.

El tubo de salida es de PVC, de 200 mm de diámetro nominal.

El desagüe de fondo se sitúa en la cara inferior de la arqueta. Sus funciones son:

- Poder limpiar los sedimentos que puedan quedar en la parte baja de la balsa.
- Poder vaciar la balsa para realizar labores de mantenimiento o limpieza.
- Ante una posible emergencia, vaciar la balsa con rapidez, evitando así, daños potenciales.

Se colocará una tubería de PVC de 400 mm de diámetro, que desagüe en el arroyo cercano.

4.5.11. Drenaje de fondo

Desde el punto de vista de la seguridad, este drenaje se dispone para evitar el levantamiento de la impermeabilización de fondo de la balsa en el caso de vaciado y subpresión, sea esta por nivel freático exterior, por escurrimiento de aguas filtradas por taludes, o bien, con más alcance, para impedir que en caso de una rotura el agua se abra camino por el terreno o por los diques.

Para este fin, se diseña un sistema de drenaje mediante tubos de PVC perforados de 140 y 160 mm de diámetro, alojados en una zanja rellena de material drenante y envuelta de geotextil de 130 g/m². Se dispondrá una zanja de drenaje que recorra el perímetro de todo el fondo, y otro sistema de zanjas en forma de espina de pescado.

Los caudales procedentes de estas zanjas de drenaje serán recogidos en un tubo de PVC de 250 mm de diámetro. Éste saldrá a una arqueta de recogida de drenajes situada al lado de la arqueta de toma y salida, y donde se puede visualizar la cantidad de agua evacuada.

4.5.12. Camino de coronación

La Instrucción de Grandes Presas (I.G.P.) en su artículo 55.2 establece que cuando la altura de la presa sea inferior a 15 metros la anchura de la coronación será como mínimo de 3 metros. En este caso los taludes están proyectados con un ancho de coronación de 3,5 m. El camino transitable tendrá una anchura libre de 3 m, suficiente para que un vehículo pueda circular y realizar labores de mantenimiento. En la banda de rodadura se utilizarán unos 20 cm de zahorra natural.

4.5.13. Vallado perimetral

Como medida de seguridad, se colocará alrededor del recinto un vallado que impida el paso a los animales o a personas ajenas a las instalaciones. Ésta será una cerca de malla de simple torsión de 2 m de altura. La cimentación de los postes estará constituida por macizos de 30 x 30 x 40 cm como dimensiones mínimas, y quedará totalmente enterrada. Al recinto se accederá a través de dos puertas metálicas de dos hojas abatibles.

4.5.14. Programación de las obras

Por la experiencia de obras de características similares, el conjunto de las actuaciones se llevará a cabo entre dos meses y medio y tres meses. Los trabajos deberán comenzar en verano, de esta forma habrá tiempo suficiente para la ejecución de las obras, hasta el comienzo de la campaña siguiente.

4.6. Clasificación de la balsa

Según el Artículo nº3 de la Norma Técnica de seguridad para la clasificación de las presas y para la elaboración e implantación de los planes de emergencia de presas y embalses de Julio de 2011, esta norma técnica es de aplicación a estas balsas por tener una superior a 5 m.

Por lo tanto, ésta obliga a clasificar las presas y balsas atendiendo al Artículo nº5 su riesgo potencial en tres categorías, A, B y C, según los daños que pueda originar su colapso:

- Categoría A: Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede afectar gravemente a núcleos urbanos o servicios esenciales, así como producir daños materiales o medioambientales muy importantes.
- Categoría B: Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede ocasionar daños materiales o medioambientales importantes o afectar a un reducido número de viviendas.
- Categoría C: Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto pueden producir daños materiales de moderada importancia y solo incidentalmente pérdidas de vidas humanas.

En el caso de rotura de la balsa, el agua inundaría terrenos de cultivo y una carretera provincial, relativamente de poco tránsito, por lo que no afectaría a viviendas. Lo que sólo causaría daños personales con muy poca probabilidad. El pueblo de Torres se encuentra a unos 4,7 Km de la zona. Por todo esto se clasificará esta obra en la categoría C.

5 DISCUSIÓN: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

5.1 Discusión

Dado que el promotor propone la construcción de una balsa que ocupe la mayor superficie posible de las parcelas, se expondrán una alternativa que busque la solución más conveniente para el estudio. Estas dos soluciones de almacenamiento de agua para el riego de la comunidad de regantes Sierra Mágina-El Caz deberán ser valoradas y justificadas atendiendo a los objetivos básicos marcados con este estudio, así como a los distintos condicionantes a los que el medio está sujeto, ya sean éstos condicionantes técnicos, económicos, sociales o legales.

5.2. Planteamiento general de alternativas

La solución que se plantea en este estudio tiene como fundamento principal el aprovechamiento razonable y sostenible del agua. Para conseguirlo, se empleará una alternativa diferente a la que propone la comunidad de regantes. Será una alternativa que se adecue a las necesidades de riego pero que a su vez minimice trabajo y coste.

Como se ha comentado ya, el agua necesaria se obtendrá del Barranco de Pulpite, afluente del Río de Torres, y se conducirá por bombeo hasta la balsa de acumulación. El caudal no supone problema alguno pues es muy constante a lo largo de todo el año.

Para el almacenamiento del agua necesaria, la Comunidad de Regantes de Sierra Mágina-El Caz propone la construcción de una balsa que ocupe la mayor superficie posible del terreno que se dispone. Por otro lado, yo me propongo a demostrar que con una balsa menor se cumplirán los objetivos de riego que se proponen.

Por lo tanto, nos encontramos frente a dos alternativas:

- Una balsa de materiales sueltos que se ajuste a las necesidades hídricas (Balsa 1: 37.300 m³ de capacidad).
- Una balsa de materiales sueltos que ocupe la mayor superficie posible (Balsa 2: 69.700 m³ de capacidad).

5.3 Estudio de alternativas

Se presentan dos alternativas para la acumulación el almacenamiento del agua: la construcción de una balsa de materiales sueltos de 37.300 m³ de capacidad o la construcción de una balsa de materiales sueltos de 69.700 m³ de capacidad.

5.3.1 Balsa 1

La construcción de la Balsa 1 de 37.300 m³ de capacidad para el almacenamiento del agua presenta las siguientes ventajas:

- Menor coste en movimiento de tierras.
- Menor coste en la impermeabilización.
- Menor coste en tuberías, vallado y camino de coronación.
- Menor tiempo en la construcción.

Los inconvenientes que presenta esta opción son:

- No ocupa toda la parcela, que es lo que quiere el promotor.

5.3.2 Balsa 2

La construcción de la balsa 2 de 69.700 m³ de capacidad para el almacenamiento del agua presenta la siguiente ventaja:

- Capacidad de almacenamiento más que suficiente.
- Ocupa casi toda la parcela.

Los inconvenientes que presenta esta opción son:

- Mayor coste en movimiento de tierras.
- Mayor coste en la impermeabilización.
- Mayor coste en tuberías, vallado y camino de coronación.
- Mayor tiempo en la construcción.

6 CONCLUSIONES

Realizados los cálculos vistos en los puntos anteriores se compararán las dos opciones de la siguiente manera:

❖ MOVIMIENTO DE TIERRAS:

Movimiento de Tierras BALSA 1	
Terraplén	54.984 m ³
Desmonte	73.047 m ³
Diferencia (Desmonte)	18.061 m ³

Tabla 3: Movimiento de tierras Balsa 1

Movimiento de Tierras BALSA 2	
Terraplén	135.650 m ³
Desmonte	98.400 m ³
Diferencia (Terraplén)	37.250 m ³

Tabla 4: Movimiento de tierras Balsa 2

Viendo las tablas se observa que para:

-Terraplén: hay 80.666 m³ más de movimiento de tierras para la Balsa 2.

-Desmonte: hay 25.353 m³ más de movimiento de tierras para la Balsa 2.

Por lo tanto se concluye que el movimiento de tierras para la construcción de la Balsa 2 es mucho mayor que para la Balsa 1, lo que conlleva un coste mayor.

❖ **IMPERMEABILIZACIÓN:**

Como se ha visto anteriormente, la impermeabilización del vaso se compone de:

- Una lámina de geotextil de poliéster.
- La geomembrana que será una lámina de polietileno de alta densidad.

Cuyas cantidades para las diferentes balsas son las siguientes:

- **Balsa 1:**
 - 13.500 m² de geotextil de poliéster
 - 13.500 m² de geomembrana de polietileno
- **Balsa 2:**
 - 22.000 m² de geotextil de poliéster
 - 22.000 m² de geomembrana de polietileno

La diferencia de cantidad necesaria para impermeabilizar el vaso con ambas láminas es considerable. Pues para hay una diferencia de:

- 8.500 m² de geotextil de poliéster más, necesario para la Balsa 2.
- 8.500 m² de geomembrana de polietileno más, necesario para la Balsa 2.

Con lo que se concluye que el coste en este punto será mayor para la Balsa 2.

❖ **CAPACIDAD DE LA Balsa**

Detallado en los gráficos vistos anteriormente, se concluye que el punto de máximo llenado será:

- Para la Balsa 1 será del 91,03% para el mes de Marzo, lo que supone un margen de seguridad considerable.
- Para la Balsa 2 será del 48,72% para el mes de Marzo. Es un margen mucho mayor que para la Balsa 1, pero totalmente innecesario.

Mientras que el mes de mínimo volumen almacenado será:

- Para la Balsa 1 será del 8,86% para el mes de Octubre, lo que también supone un margen de seguridad considerable.
- Para la Balsa 2 será del 4,74% para el mes de Octubre. Es un margen válido, pues la balsa no queda vacía.

Por lo tanto se concluye que para el almacenamiento de volumen de agua que se requiere, atendiendo a las necesidades hídricas, ambas balsas son totalmente aptas para su finalidad, con la diferencia de que la Balsa 1 se ajusta al volumen necesario y la Balsa 2 tiene unas dimensiones exageradas para ese volumen.

❖ **POTENCIA A INSTALAR**

En este punto no hay diferencia entre ambas balsas, pues la longitud de la tubería y la diferencia de cota son iguales entre sí. Por lo que la potencia mínima a instalar para cualquiera de las dos será de 19,17 Kw.

❖ APROXIMACIÓN PRESUPUESTO GENERAL

Aunque para un estudio tal y como se expone en las bases de la Escuela Politécnica Superior de Linares no es necesario un presupuesto, he querido hacer el cálculo a groso modo de los capítulos que serán de mayor importancia en la construcción de la balsa, para de esta manera ver con mayor claridad la diferencia económica que supone la elección de una u otra balsa.

BALSA 1

CAPÍTULO	PARTIDA	PRECIO	MEDICIÓN REAL	PRESUPUESTO REAL	PRESUPUESTO CAPÍTULO
MOVIMIENTO DE TIERRAS	EX. MECÁNICA TERRENO FLOJO	3,15	73.047,00	230.098,05	252.641,50
	EXPLANACIÓN TERRENO A MÁQUINA	0,41	54.984,00	22.543,44	
IMPERMEABILIZACIÓN	LÁMINA GEOTEXTIL POLIESTER	16,38	13.500,00	221.130,00	495.450,00
	IMPERMEAB. BALSAS GEOMEMBRANA PE	20,32	13.500,00	274.320,00	
PRESUPUESTO GENERAL CAPÍTULOS :					748.091,50 €

Tabla 5: Presupuesto General Balsa 1

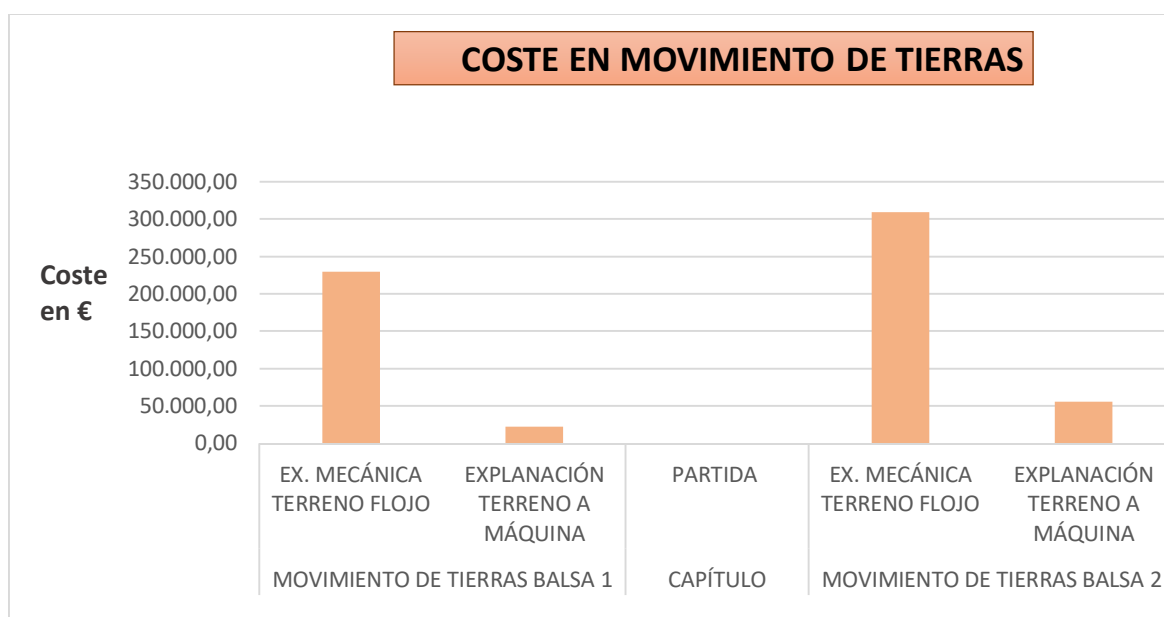
BALSA 2

CAPÍTULO	PARTIDA	PRECIO	MEDICIÓN REAL	PRESUPUESTO REAL	PRESUPUESTO CAPÍTULO
MOVIMIENTO DE TIERRAS	EX. MECÁNICA TERRENO FLOJO	3,15	98.400,00	309.960,00	365.576,50
	EXPLANACIÓN TERRENO A MÁQUINA	0,41	135.650,00	55.616,50	
IMPERMEABILIZACIÓN	LÁMINA GEOTEXTIL POLIESTER	16,38	22.000,00	360.360,00	807.400,00
	IMPERMEAB. BALSAS GEOMEMBRANA PE	20,32	22.000,00	447.040,00	
PRESUPUESTO GENERAL CAPÍTULOS :					1.172.976,50 €

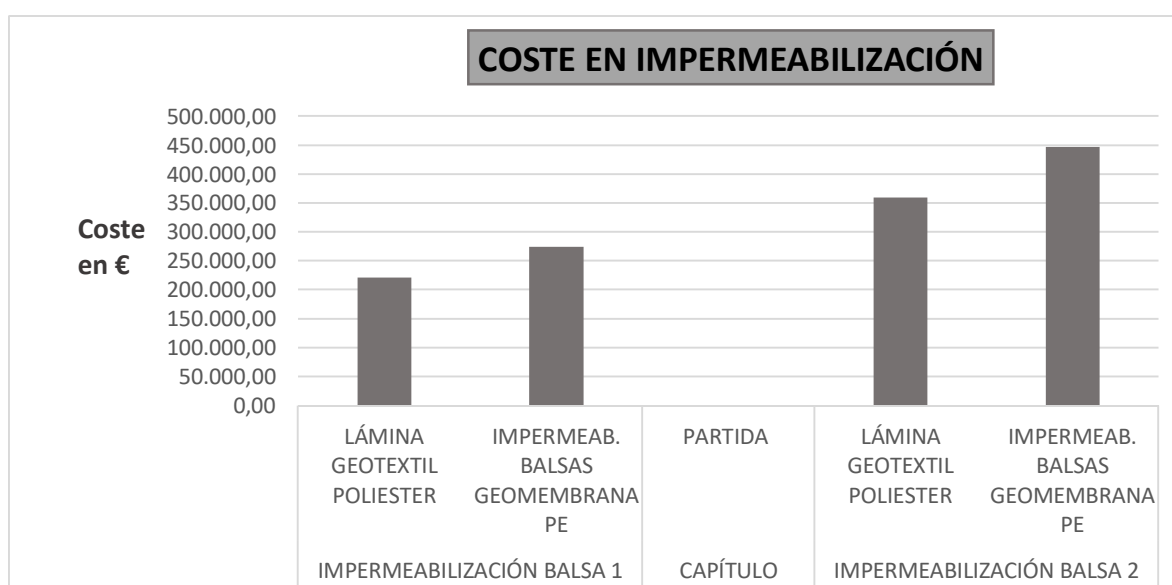
Tabla 6: Presupuesto General Balsa 2

Comparando las dos tablas, se observa claramente que aun únicamente calculando los capítulos de movimiento de tierras e impermeabilización de ambas balsas, se obtiene una clara diferencia del coste entre la Balsa 1 y la Balsa 2.

Concretamente la diferencia es de 424.885 €. Ésta es la cantidad que se ahorraría la comunidad de regantes de Sierra Mágina-El Caz nada más teniendo en cuenta estos dos capítulos. Es decir, que la diferencia de ahorro sería mayor con un presupuesto completo y detallado.



Gráfica 4: Coste en movimiento de tierras



Gráfica 5: Coste en impermeabilización

Una vez estudiadas las alternativas, se ha llegado a la conclusión que la opción más óptima es la ejecutar la Balsa 1 (37.300 m³) por las siguientes razones:

- La cantidad de movimiento de tierras es menor para la construcción de esta balsa.
- La cantidad de geotextil y geomembrana para la impermeabilización del vaso es menor que para la alternativa que propone la comunidad de regantes de Sierra Mágina-El Caz.
- La capacidad de la balsa es idónea para los volúmenes de agua que se requieren para el riego de las 76 ha.
- El coste para la construcción de esta balsa es mucho menor que para la otra alternativa.

7 ANEXOS

Este capítulo contiene los anexos necesarios para completar el presente estudio, y son los siguientes:

- ANEXO 1. ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO
- ANEXO 2. CÁLCULO DE NECESIDADES HÍDRICAS
- ANEXO 3. ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA Balsa
- ANEXO 4. CÁLCULO DE RESGUARDO Y ALIVIADERO

ANEXO 1.

ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

ANEXO 1. ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

1. Introducción

El objeto del presente estudio es la determinación de los parámetros geológicos y geotécnicos del suelo y subsuelo que la zona de proyecto abarca. El conocimiento de estos parámetros es fundamental para el correcto diseño de la balsa de riego y el resto de obras que se proyectan.

2. Documentos y métodos

Para la redacción de este estudio, me he basado en varios documentos:

En primer lugar en el Mapa Geológico de España a escala 1/50.000, publicado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). La zona de proyecto se encuentra en la hoja nº 948, correspondiente a Torres. Además se utilizan las memorias que el IGME publica explicando la información de cada hoja.

También se utilizará el Mapa Geotécnico General a escala 1/200.000 publicado por el IGME, en su hoja nº 77: Jaén, y su memoria explicativa correspondiente.

Estudio geotécnico encargado a una empresa privada de ingeniería. Consta de una serie de ensayos, tanto en campo como en laboratorio, de las muestras de terreno tomadas en las calicatas.

3. Encuadre geológico

3.1 Contexto geológico

Desde el punto de vista geológico, nos encontramos en el sector Septentrional de las Cordilleras Béticas, en el límite de las Zonas Externas con la Depresión del Guadalquivir.

Podemos distinguir dos zonas fundamentales dentro de las Cordilleras Béticas, las Zonas Internas, caracterizadas por la presencia de importantes deformaciones, metamorfismo, etc. Y las Zonas externas, que actúan de cobertera, se encuentran plegadas y a veces con estructura de mantos de corrimiento. A su vez las Zonas Externas se dividen:

-Prebética: Zona más próxima a la costa y en la predominan sedimentos asociados a medios marinos someros e incluso continentales.

-Subbética: Zona en la que predominan sedimentos pelágicos y se sitúa actualmente al sur de la anterior.

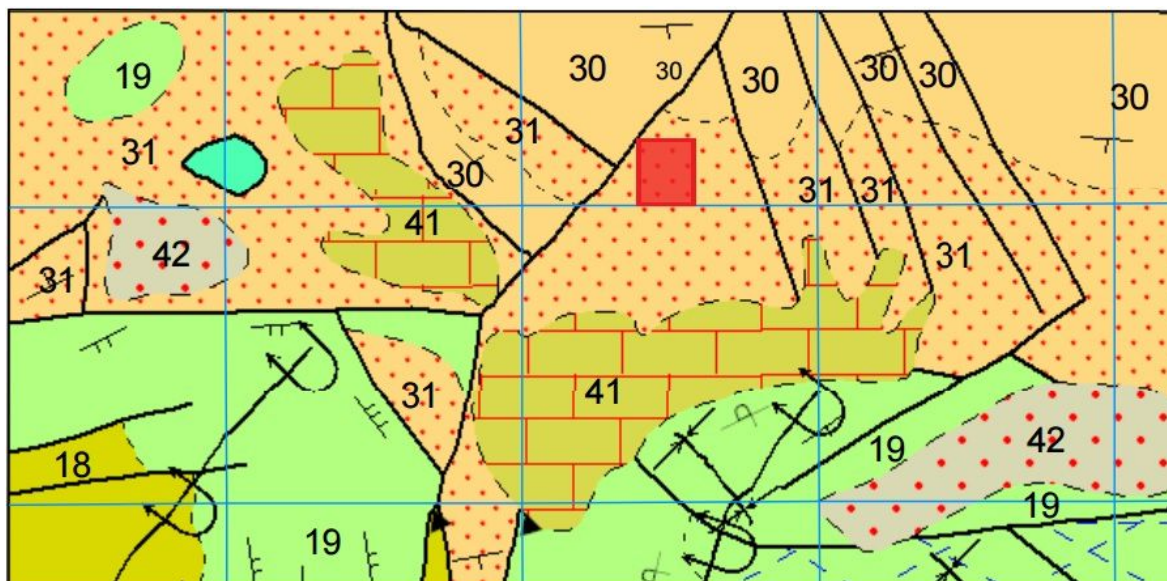
-Unidades Intermedias: Se sitúan paleogeográficamente entre las dos anteriores.

La zona de estudio se localiza al Oeste de la localidad de Torres sobre los materiales terciarios que rellenan en esta zona la Depresión del Guadalquivir. Al Norte de la zona se observan las litologías carbonatadas del Prebético que forman la Sierra de Torres.

La estructura de la zona, de Sur a Norte, sería la de las Unidades Intermedias cabalgando sobre el Prebético, siendo este a su vez alóctono, cabalgando sobre la Unidad Olistostrómica de facies triásicas y margas de Serravaliense-Tortonense.

La disposición estructural observada, se corresponderá con la tectónica transgresiva de componente OSO, ocurrida en el Longhiense superior y que produjo la fragmentación de las Zonas Externas.

Por último los sedimentos cuaternarios asociados a la denudación de los relieves y depósitos de fluviales recubren las laderas y vaguadas respectivamente.



LEYENDA

TERC. NEOGENO	MIO SUP	TORTONIENSE	POSTECTONICO			
			PLEISTOCENO			
			HOLOCENO			
			CUATERNARIO			

- 45 Arcillas rojas.
- 44 Fondo de valle.
- 43 Aluvial.
- 42 Coluvial.
- 41 Coluvial encostrado.
- 40 Terraza.
- 39 Terraza.
- 38 Glacis.
- 37 Conglomerados; margas en la base.
- 36 Margas y areniscas.
- 35 Calcarenitas y margas.
- 34 Jurásico indiferenciado.
- 33 Olistolitos de calizas y areniscas del Eoceno.
- 32 Olistolitos de brechas y megabrechas.
- 31 Margas grises y blanquecinas.
- 30 Cono de deyección.
- 29 Areniscas, brechas, conglomerados y margas.
- 28 Calcarenitas.
- 27 Margas.
- 26 Brechas y megabrechas.
- 25 Olistolitos de materiales mesozoicos indiferenciados.
- 24 Arcillas rojas con cantos, gravas yesíferas, yesos y bloques.
- 23 Margas y calizas. Capas rojas a techo.
- 22 Margas y margocalizas.
- 21 Margas y "capas rojas".
- 20 Dolomías y calizas.
- 19 Calizas.
- 18 Margas, areniscas y calizas.

PREBETICO

TERCIARIO	PALEOGENO	MIOCENO	MED.	SERRAVAL.	25
CRETAC.	SUPERIOR	INFERIOR	AQUITANIENSE	BURDIGALIENSE	24
CRETAC.	INFERIOR	SUPERIOR	OLIGOCENO	LANGHIENSE	21

Figura 1: Fragmento de la hoja nº 948 del Mapa Geológico de España. Estudio geotécnico

Como se ha podido comprobar en el mapa geológico más arriba representado, la zona de construcción de la balsa se encuentra marcada con los números 30 y 31. Estos materiales son limo-arcillas con tonos ocre y margas versicolores.

3.2 Geología de Superficie

Para la identificación de los materiales detectados tanto en las prospecciones realizadas como en la geología de superficie, hemos recurrido a criterios litológicos y estratigráficos, asignándole a cada unidad así diferenciada, la edad del piso estratigráfico al que habitualmente y en el ámbito regional suelen pertenecer.

Seguidamente se describen las litologías correspondientes, a las distintas formaciones geológicas que afloran en la zona.

- Cono de deyección:

-*Edad:* Cuaternario.

-*Litologías:* Se corresponde con unos derrubios de ladera formados por cantos de naturaleza carbonatada, englobados en una matriz limo-arcillosa de tonos ocres. Se observa la presencia de abundantes nódulos calcáreos y caliches que tienen su génesis en los procesos edáficos propios de climas semidesérticos.

-*Disposición y Estructura:* En contacto discordante, tanto sobre otros posibles depósitos cuaternarios como los derrubios de ladera como sobre las margas versicolores (facies triásicas) de la Unidad Olistostrómica.

- Margas versicolores:

-*Edad:* Mioceno Medio (Langhiense).

-*Litologías:* Constituido fundamentalmente por facies triásicas de margas abigarradas con cristales de yeso y yesos masivos.

-*Disposición y Estructura:* Contribuyen el substrato profundo en la zona. Tienen su origen en deslizamientos submarinos gravitacionales de grandes masas de sedimento y engloban grandes bloques de litologías diversas (Olistolitos).

4. Sismicidad

El análisis de las acciones sísmicas a tener en cuenta dentro del área de estudio se llevará a cabo de acuerdo con las consideraciones indicadas en la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02 y la específica de Puentes NCSP-07, de aplicación para todo el territorio nacional. Estas normas definen una zonificación del territorio nacional (*Figura 2*) según el grado de peligrosidad sísmica, expresado en relación al valor de la gravedad, g , la aceleración sísmica básica, a_b , (valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno y el coeficiente de contribución K , que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

Según la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, la zona de estudio se encuentra en el sector de Peligrosidad Sísmica Media-Baja.

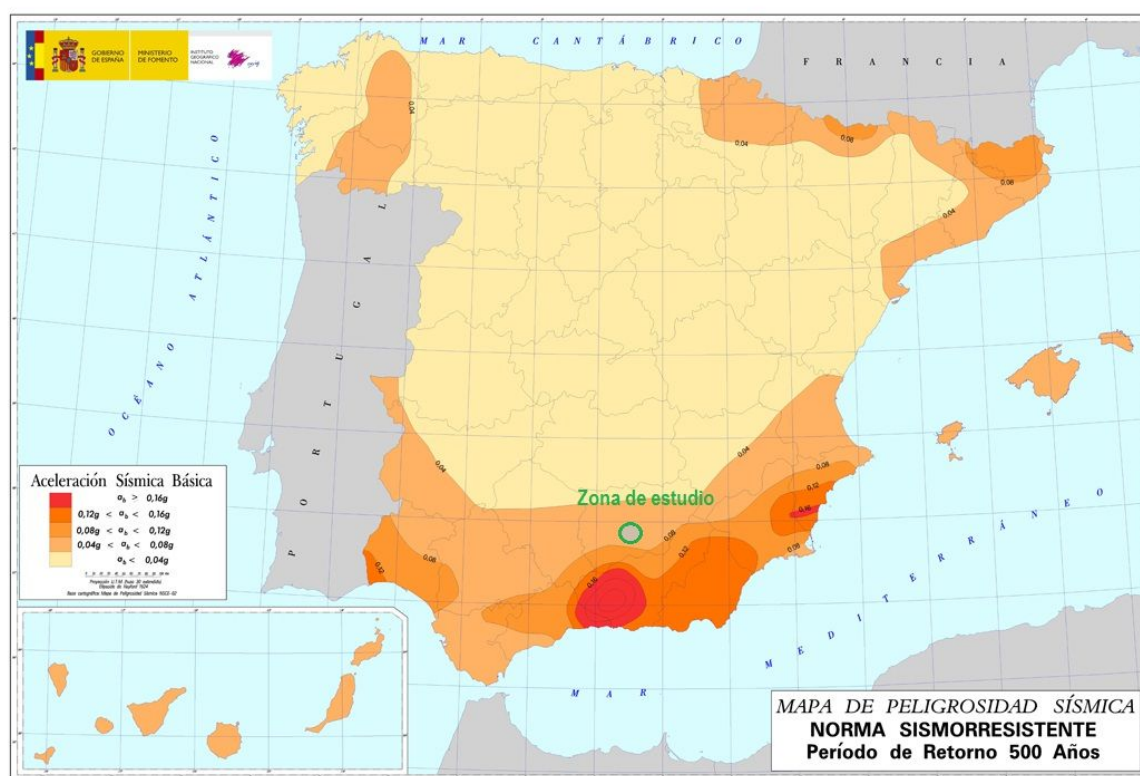


Figura 2: Acciones sísmicas en el territorio español. Estudio geotécnico

Torres tiene una aceleración sísmica básica " a_b ", expresada en relación al valor de la gravedad y con un periodo de retorno de quinientos años, de $0,07g$, y un coeficiente de contribución (" K ") igual a $1,0$.

La aceleración sísmica de cálculo “ a_c ” se obtiene a partir de la básica según la expresión:

$$a_c = \rho \cdot a_b$$

Donde:

a_b : aceleración sísmica básica

ρ : coeficiente adimensional de riesgo cuyo valor, en función del periodo de vida en años, t , para el que se proyecta la construcción, viene dado por:

$$\rho = (t/50)^{0,37}$$

Siendo, a efectos de cálculo para el tipo de construcción proyectada, $t \geq 50$ años.

Por lo tanto, en este caso tenemos que $a_c = a_b = 0,07g$.

Al ser la $a_b > 0,04$ es aplicable la norma sismorresistente NCSR-02, como indica la propia norma.

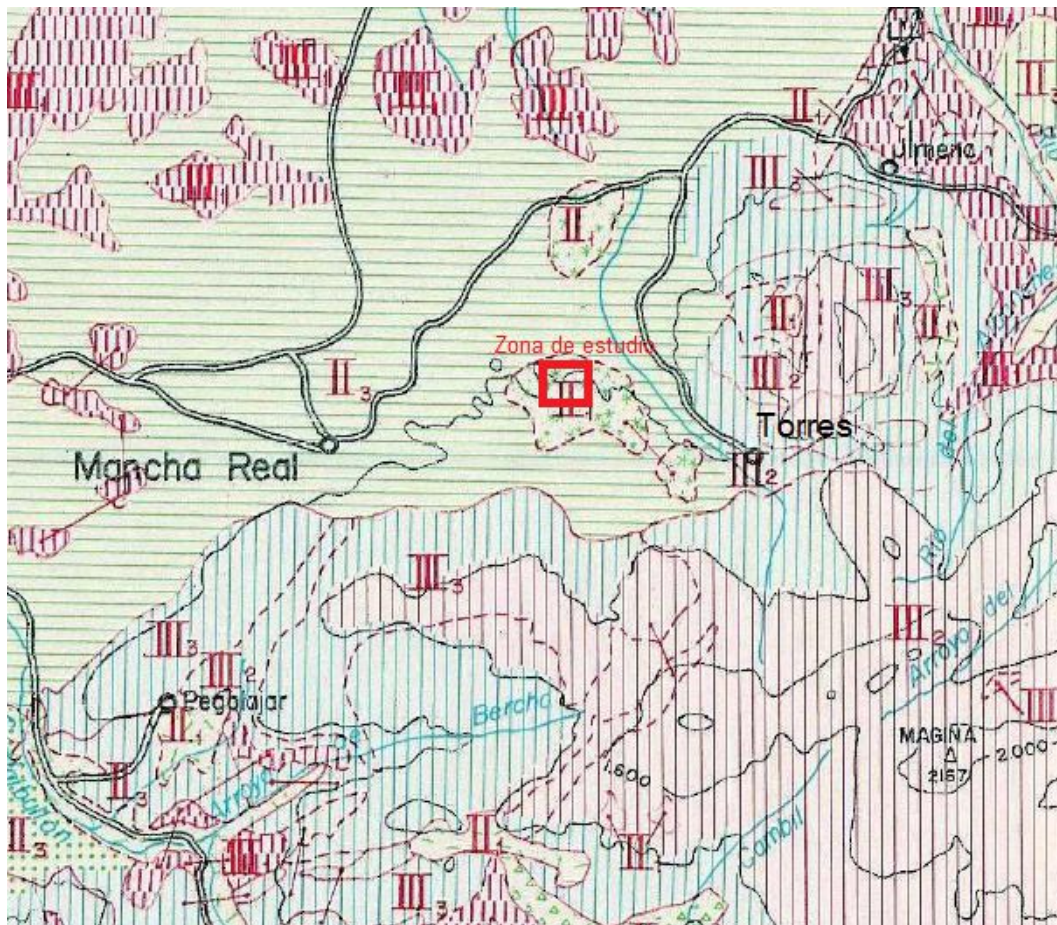
El terreno bajo el que se construirá la balsa será de Tipo III según la NCSR-02, con un coeficiente de suelo “C” de 1,60.

Los efectos sísmicos expuestos en la “*Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de grandes presas*” para este caso serán:

- En la zona de baja sismicidad no es necesario tener en cuenta las posibles acciones sísmicas.
- En la zona de sismicidad media se calcularán las estructuras y dispositivos cuyo buen funcionamiento es vital para la seguridad de la presa, como los aliviaderos, etc.

5. Características geotécnicas

En este apartado se analizarán las principales características geotécnicas de la zona, según el Mapa Geotécnico General. Este análisis se centrará en los aspectos de capacidad de carga y posibles asentamientos y taludes, así como otros factores que influyen en la construcción de la balsa.



LEYENDA											
CONDICIONES CONSTRUCTIVAS FAVORABLES				CONDICIONES CONSTRUCTIVAS ACEPTABLES				CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DESFAVORABLES			
	Problemas de tipo litológico, geomorfológico y geotécnico (p.d.)		Problemas de tipo geomorfológico y geotécnico (p.d.)		Problemas de tipo litológico, geomorfológico y geotécnico (p.d.)		Problemas de tipo litológico		Problemas de tipo litológico, geomorfológico y geotécnico (p.d.)		Problemas de tipo geomorfológico y geotécnico (p.d.)
	Problemas de tipo geomorfológico, hidroológico y geotécnico (p.d.)		Problemas de tipo geomorfológico (p.d.)		Problemas de tipo geomorfológico y geotécnico (p.d.)		Problemas de tipo geomorfológico y geotécnico (p.d.)		Problemas de tipo litológico y geotécnico (p.d.)		Problemas de tipo geomorfológico y geotécnico (p.d.)
	Problemas de tipo hidroológico y geotécnico (p.d.)		Problemas de tipo litológico		Problemas de tipo geomorfológico y geotécnico (p.d.)		Problemas de tipo geomorfológico y geotécnico (p.d.)		Problemas de tipo litológico y geotécnico (p.d.)		Problemas de tipo geomorfológico y geotécnico (p.d.)

Figura 3: Fragmento del mapa geotécnico. Hoja nº 77. Estudio Geotécnico

Se puede observar en el mapa que la zona de estudio entra dentro del área II₁, y además, la leyenda del mapa muestra que el terreno tiene “condiciones constructivas aceptables”. En la memoria adjunta al mapa, para esta zona se contempla lo siguiente:

-Formas de relieve llanas: La estabilidad de sus terrenos es elevada, pudiendo verse disminuida en los márgenes de la red fluvial y en obras que tienden a producir taludes importantes.

Sus materiales son semipermeables, con un drenaje, en general, deficiente, y más allí donde exista un nivel freático a cotas próximas a la superficie. Es normal la existencia de agua en profundidad.

Las características mecánicas son de tipo medio, pudiendo aparecer problemas mecánicos ligados a la existencia del nivel freático y a la alternancia litológica.

6. Trabajos de campo

Los trabajos de campo realizados que forman parte del estudio geotécnico han consistido en lo siguiente:

- Reconocimiento de 2 calicatas con toma de muestra alterada.
- Ejecución de 2 sondeos a rotación.
- 8 Ensayos de penetración dinámica S.P.T.
- 8 Tomas de muestras parafinadas.
- 2 Mediciones del nivel freático.

6.1 Calicatas

Se han realizado un total de 2 calicatas mecánicas con retroexcavadora mixta. A continuación se incluye un cuadro descriptivo de las mismas, especificándose:

- a) Número de calicata realizada
- b) Observaciones: se describen diferentes propiedades del terreno que pueden ser interesantes para caracterizar el material en obra.
- c) Niveles atravesados en la calicata estableciendo: litologías, espesor, descripción del terreno y excavabilidad (facilidad o dificultad de excavación de la cata).

CATA Nº	COTA (m)	LITOLOGÍA	OBSERVACIONES
1	0,00 a 0,20	Suelo edáfico	Terreno compacto Ausencia de desplomes No se detecta nivel freático
	0,20 a 2,00	Arenas y limos de tonos claros con esporádicos cantos de naturaleza carbonatada, abundantes concreciones calcáreas (caliches)	
	2,00 a 6,00	Gravas en matriz limo arcillosa. Presencia de nódulos calcáreos	
2	0,00 a 0,20	Suelo edáfico	Terreno compacto Ausencia de desplomes No se detecta nivel freático
	0,20 a 1,50	Arenas y limos de tonos claros con esporádicos cantos de naturaleza carbonatada, abundantes concreciones calcáreas (caliches)	
	1,50 a 5,80	Gravas en matriz limo arcillosa. Presencia de nódulos calcáreos	

Tabla 1: Calicatas. Estudio geotécnico

6.2 Sondeos a rotación

6.2.1 Ensayos Standard de penetración dinámica, S.P.T.

A lo largo de los sondeos a rotación nº1 y nº2 se han realizado 8 ensayos Standard de penetración dinámica S.P.T. cuyos valores N30 (número de golpes obtenidos en el ensayo), nos permiten conocer la capacidad portante, compacidad y homogeneidad de las capas de terreno prospectadas.

El aparato Standard empleado fue la cuchara normalizada tipo Terzaghi. Los valores obtenidos se incluyen en la siguiente tabla:

SONDEO	PROFUNDIDAD	Nº GOLPES /15cm	VALOR S.P.T.
SR-1	4,00 a 4,40	20-39-50 (En 10 cm)	89
	8,20 a 8,40	47-50 (En 5 cm)	Rechazo
	12,00 a 12,03	50 (En 3 cm)	Rechazo
	15,00 a 15,10	50 (En 10 cm)	Rechazo
	20,00 a 20,10	50 (En 10 cm)	Rechazo
SR-2	3,22 a 3,82	21-27-29-42	56
	6,00 a 6,10	50 (En 10 cm)	Rechazo
	9,00 a 9,25	37-50 (En 10 cm)	Rechazo

Tabla 2: Sondeos de rotación. Ensayos S.P.T. Estudio geotécnico

6.2.2 Estratigrafía

La estratigrafía puesta de manifiesto en el sondeo rotativo fue la siguiente:

CLAVE 7/4975/001/001					BALSA DE RIEGO EN TORRES	
SONDEO A ROTACION Nº1					JAEN	
					SITUACION	SEGÚN PLANO
Prof. (m)	SPT N ₃₀	Densd. H. (g/cm ³)	Humedad (%)	C. Simple (Kg/cm ²)	COLUMNA ESTRATIGRAFICA Y DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	
—						TERRENO VEGETAL
1,0					0'50	
2,0						UNIDAD OLISTOSTROMICA
3,0						
4,0	R	1'95	23'4	0'2		MARGAS VERSICOLORS CON YESOS
5,0						
6,0						
7,0						
8,0	R	2'17	22'3			
9,0						
10,0					9'60 m	
11,0						YESO MASIVO (ROCA)
12,0	R				12'20 m	
13,0						
14,0						MARGAS VERSICOLORS CON YESOS
15,0	R	2'08	23'1	0'58		
16,0					16'20 m	
17,0						YESO MASIVO (ROCA)
18,0					18'00 m	
19,0		1'77	25'5			MARGAS VERSICOLORS CON YESOS
20,0	R				20'00 m	
21,0						
22,0						

Figura 4. Estratigrafía sondeo a rotación nº1. Estudio geotécnico

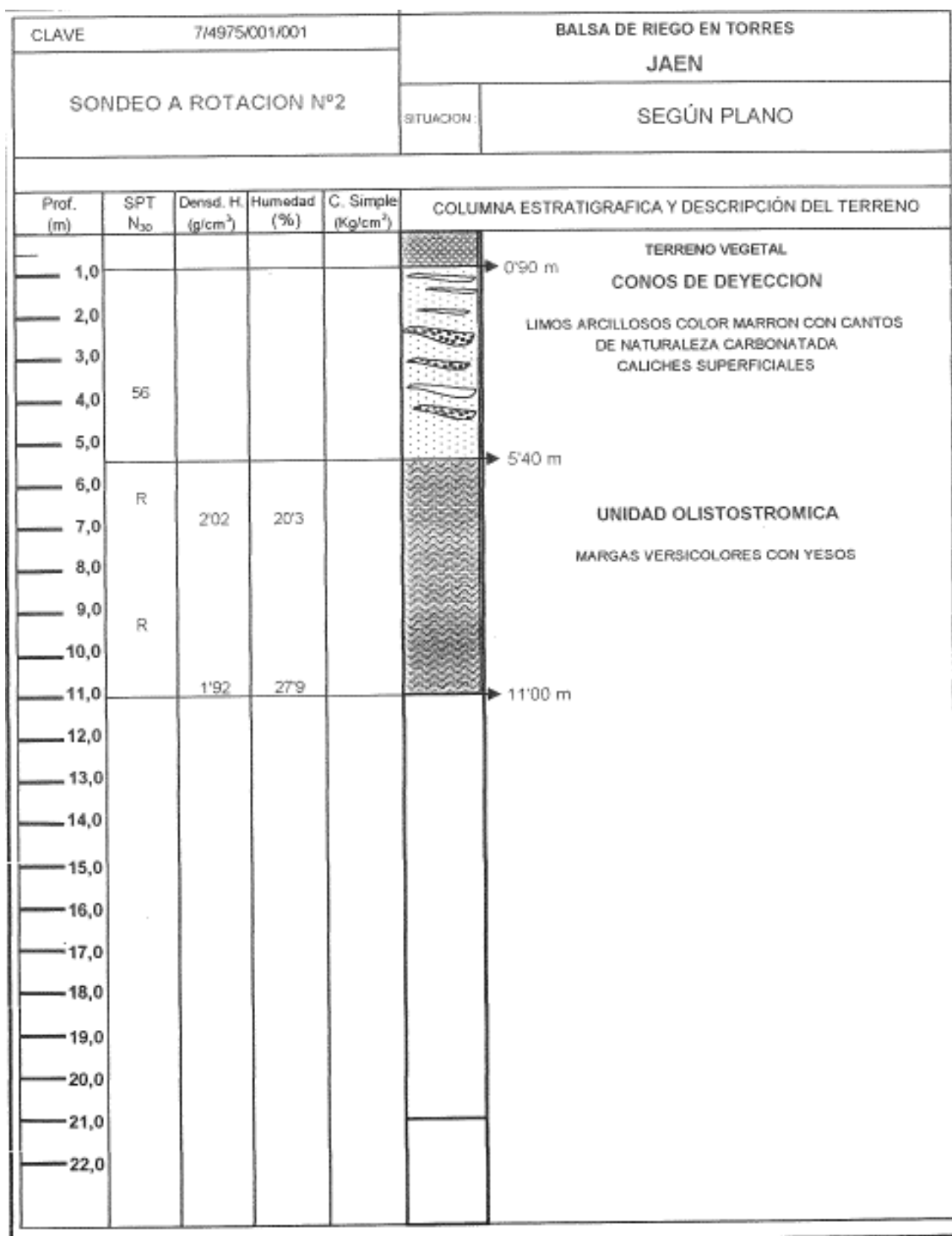


Figura 5. Estratigrafía sondeo a rotación n°2. Estudio geotécnico

6.2.3 Nivel freático

A la finalización de los sondeos, no se interceptó nivel freático alguno.

Seguidamente se muestran dos cortes litológicos esquemáticos de la zona estudiada.

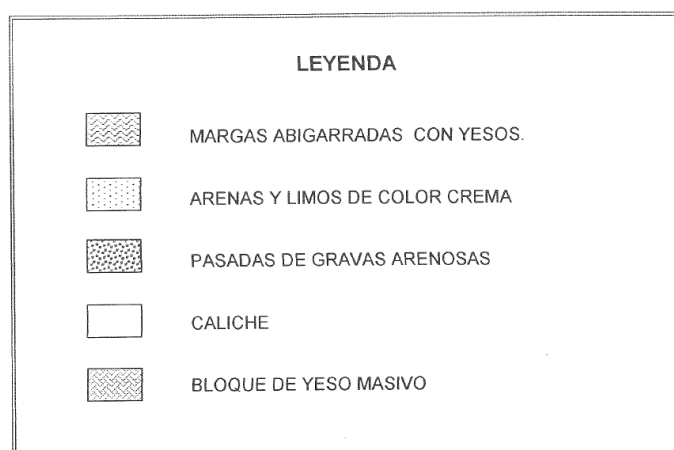
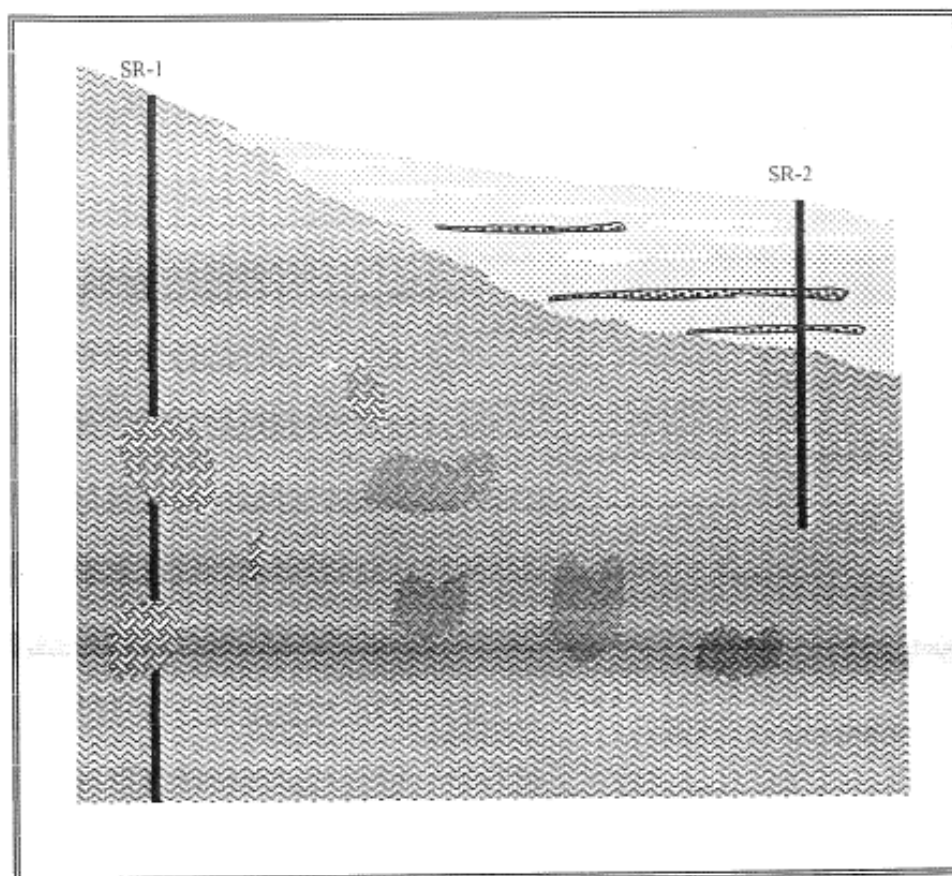


Figura 6. Cortes litológicos mediante sondeos. Estudio geotécnico

7. Ensayos de laboratorio

A continuación se incluye la cantidad de ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras extraídas en las prospecciones, siguiendo las correspondientes Normas UNE y/o NLT:

- 6 Clasificaciones USCS, incluyendo análisis granulométrico por tamizado según la Norma NLT 104, y determinación de Límites de Atterberg según la Norma UNE 7377 y UNE 7378 o comprobación de no plasticidad según NLT 102.
- 8 Ensayos de determinación de densidad aparente.
- 8 Ensayos de determinación de humedad natural.
- 2 Ensayos de corte directo consolidado y drenado.
- 2 Ensayos de compresión simple en suelos.
- 2 Ensayos de expansividad Lambe.
- 2 Ensayos Próctor normal.
- 2 Ensayos de C.B.R.
- 2 Ensayos determinación de materia orgánica.

En la siguiente tabla, se resumen los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados.

PROSP.	PROF (m)	Densidad Humedad (g/cm ³)	Humedad %	PLASTICIDAD		% 0,008	CLASIFICACIÓN		CORTE DIRECTO		C.SIMP. Kg/cm ²	HINCH. Kg/cm ²	P.NORMAL		CBR	
				L.L.	I.P.		USCS	IG	C Kg/cm ²	ψ			Ddad	Humd	100%	95%
SR-1	3,70 a 4,00	1,95	23,4	56,5	28,3	95,6	CH	20			0,20					
	7,80 a 8,20	2,17	22,3	42,4	20,8	67,8	CL	13	0,34	16,6						
	14,55 a 15,00	2,08	23,1	52,1	22,6	96,1	MH	20			0,58					
	18,80 a 19,20	1,77	25,5	49,3	24,8	86,6	CL	20				0,23				
SR-2	6,75 a 7,00	2,02	20,3	37,8	21,4	95,6	CL	20								
	10,80 a 11,00	1,92	27,9	42,3	17,7	62,9	CL	10	0,05	30,4		0,07				
CATA-1	1,00 a 2,00			36,5	7,5	69,0	ML	5	0,00	28,0			1,36	19,5	4,7	3,0
CATA-2	3,00 a 4,00			30,3	7,4	72,9	ML	4	0,00	38,0			1,67	13,1	10,5	7,0

Tabla 3: Resultados ensayos de laboratorio. Estudio geotécnico.

8. Conclusiones

Después de unificar todos los datos obtenidos se concluye que:

- El terreno se muestra excavable en su totalidad.
- Posee una capacidad de drenaje escasa, localmente media. Terreno semipermeable.
- Tiene capacidad portante aceptable.
- Se recomienda no utilizar la zona más superficial en el empleo de terraplenes debido a los caliches.
- El terreno es apto para la formación de taludes.

ANEXO 2.

CÁLCULO NECESIDADES DE HÍDRICAS

ANEXO 2. CÁLCULO DE NECESIDADES HÍDRICAS

1. Introducción

La finalidad de la balsa es almacenar un determinado volumen para el riego de 76 ha de olivar que actualmente se encuentran con un sistema de secano. Para ello, es necesario conocer las necesidades hídricas que se requieren.

2. Necesidades hídricas

2.1. Características del cultivo

Ciclo vegetativo anual

El olivo es un árbol rústico, de ahí que se le encuentre en terrenos de poca fertilidad y en climas extremadamente áridos. Tradicionalmente se ha cultivado en secano, ya que se adapta bastante bien a la sequía, pues dispone de mecanismos apropiados para dicho fin. Cuando el árbol crece en terrenos fértiles y en lugares de buena pluviometría, sus producciones son mucho más altas.

El desarrollo del árbol es variable según la variedad y el medio en el que se encuentra. A veces, alcanza gran tamaño, aunque las técnicas de cultivo limitan el desarrollo en altura del árbol para hacer más fácil su explotación.

El sistema radical del olivo es extenso. En terrenos con unos porcentajes cercanos al 50% de arena y el 30% de arcilla (en el terreno de este estudio es 44% arena, 36% arcilla y 20% limo), se ha comprobado que las raíces de olivos de 20 años han alcanzado 90 - 100 cm. de profundidad, con un desarrollo horizontal de dos o tres veces el radio de la copa. En olivos de mayor edad, las raíces han alcanzado 120 - 150 cm. de profundidad.

Necesidad del agua en el olivo

Ante la posible situación planteada anteriormente, de falta de agua, es interesante conocer los momentos críticos del estado vegetativo del árbol para suministrar, aunque sea de forma deficitaria, la máxima cantidad de agua posible.

A pesar de esta resistencia a la sequía, la productividad del olivo, como la de todas las plantas, responde negativamente a la falta de agua. El siguiente cuadro resume las respuestas observadas en los procesos de crecimiento y producción del olivo cuando aparece un déficit hídrico en las distintas fases del desarrollo del cultivo.

PROCESO	PERÍODO	Efecto del Déficit Hídrico
Crecimiento vegetativo	Todo el año	Reducción del crecimiento y del número de flores al año siguiente
Desarrollo de yemas florales	Febrero - Abril	Reducción del número de flores
Floración	Mayo	Floración incompleta
Cuajado de frutos	Mayo - Junio	Aumenta la alternancia
Crecimiento inicial del fruto	Junio - Julio	Disminuye el tamaño del fruto (menor nº de células/fruto)
Crecimiento posterior del fruto	Agosto - Cosecha	Disminuye el tamaño del fruto (menor tamaño de las células del fruto)
Acumulación de aceite	Julio - Noviembre	Disminuye el contenido de aceite/fruto

Tabla 1: Necesidad del agua en el olivo. Cálculo de necesidades hídricas

El período crítico, en cuanto a necesidades de agua en el olivo, se sitúa entre la prefloración y la maduración, que coincide casi por completo con el período de mayor escasez de lluvias.

Se estima que las buenas cosechas se obtienen con pluviometrías entre los 600 y 800 mm. En la cuenca mediterránea, donde se cultiva el olivo, las lluvias no suelen superar los 500 mm (en Torres es de 532 mm), lo que induce a pensar que la respuesta a los riegos del olivo es positiva.

Se ha demostrado también que el riego en las épocas de invierno y primavera ha supuesto un aumento de producción en aceituna del 48% y 50%, aumentando también el rendimiento del aceite. Si se riega además en otoño, la producción y el rendimiento aumentan notablemente.

Un cultivo funciona como una fábrica de asimilados, en la que la superficie verde utiliza la radiación solar, el CO₂ de la atmósfera y el agua del suelo para producir biomasa mediante la fotosíntesis. En condiciones potenciales, la producción de biomasa es directamente proporcional a la radiación interceptada por la superficie verde del cultivo.

Cuando los estomas de las hojas están abiertos para permitir la entrada de CO₂, el vapor de agua que está saturando los espacios intercelulares de las hojas se pierde en la atmósfera siguiendo un gradiente de presión de vapor. Esta pérdida de agua, conocida como transpiración, es el coste que debe pagar el cultivo para producir biomasa, y debe ser repuesta a los tejidos mediante extracción del agua del suelo por el sistema radical. Cuando el contenido de agua del suelo no es suficiente para reponer las pérdidas por transpiración, el cultivo sufre un déficit hídrico que altera toda una serie de procesos que finalmente se traducen en una reducción de la producción. Por tanto, si queremos alcanzar la máxima producción, debemos asegurarnos que el contenido de agua del suelo sea suficiente para que el cultivo pueda extraer todo el agua que le demanda la atmósfera.

Esta cantidad de agua, unida a la que se pierde por evaporación desde la superficie del suelo, constituye lo que se denomina **evapotranspiración máxima del cultivo (ET_c)**, que debe ser satisfecha estacionalmente mediante lluvia y/o riego para que la producción del cultivo no se reduzca como consecuencia de un déficit hídrico.

2.2. Metodología de cálculo de necesidades hídricas

El método más utilizado para determinar la ET_c del cultivo es el recomendado por la FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977), en el que la ET_c se calcula como:

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \cdot K_r \quad \text{ec. (I)}$$

Siendo:

ET_o = evapotranspiración de referencia.

K_c = coeficiente de cultivo.

K_r = coeficiente que cuantifica el estado de desarrollo del cultivo.

La ET_o es la *evapotranspiración de referencia*. Cuantifica la demanda evaporativa de la atmósfera y corresponde a la evapotranspiración de una pradera de gramíneas con una altura entre 8 y 10 cm que crece sin limitaciones de agua, nutrientes en el suelo y sin incidencia de plagas y/o enfermedades.

En general, para la zona de Sierra Mágina, se ha comprobado que puede utilizarse la expresión de Hargreaves, sin tener la necesidad de calibrarla para condiciones locales. Dicha fórmula sólo requiere la medida de datos de temperatura (Hargreaves y col., 1985):

$$ET_o = 0,0023 \cdot R_a \cdot (T_m + 17,8) \cdot (T_{max} - T_{min})^{1/2}$$

Donde:

- ET_o es la evapotranspiración de referencia en mm/día.
- T_{max} , T_{min} y T_m son las temperaturas medias ($^{\circ}C$) de las máximas, las mínimas y las medias durante el período considerado
- R_a es la radiación extraterrestre, expresada en mm/día, que sólo depende de la latitud y época del año (se encuentra tabulada, Doorenbos y Pruitt, 1977),

T_{max} , T_{min} , T_m son las temperaturas medias durante el mes considerado de las máximas, mínimas y medias

- P es la precipitación media mensual.

Los datos climáticos corresponden a la estación climática de Mancha Real.

Esta expresión ha dado buenos resultados cuando ha sido evaluada en la zona de Sierra Mágina, y dada su simplicidad, se recomienda su uso en aquellas zonas en las que se carezca de mayor información.

Los otros dos coeficientes (K_c y K_r) cuantifican el efecto propio del cultivo y de su estado de desarrollo en la ET_c .

El coeficiente de cultivo, K_c , expresa la relación entre la evapotranspiración de un cultivo que cubre completamente el suelo y la E_{To} , y debe ser determinado experimentalmente. El valor de K_c para la mayoría de los cultivos herbáceos es ligeramente superior a 1, lo que refleja que dichos cultivos consumen más agua que una pradera, y es casi independiente de las condiciones ambientales de cada zona particular.

En el caso del olivar, los datos existentes de K_c , indican que el olivar consume una cantidad de agua sensiblemente inferior a la de la mayoría de los cultivos herbáceos de regadío y que el K_c del olivar no es constante a lo largo del año, variando entre valores máximos en primavera y otoño y valores mínimos en verano. En el caso de la variedad Picual, puede tomar valores comprendidos entre 0,5 y 0,65 para los diferentes meses del año, empleándose la cifra menor en pleno invierno, ya que las bajas temperaturas son responsables de un cierre estomático, y el valor máximo correspondería a la primavera y otoño, coincidente con épocas lluviosas y temperaturas suaves, lo que se traduce en una alta actividad fisiológica de la planta. Mientras que para la mayoría de los cultivos anuales el K_c es independiente de las condiciones ambientales, en el caso del olivo también depende de las condiciones climáticas, ya que el árbol cierra estomas cuando la humedad relativa del aire es baja, aunque las disponibilidades de agua en el suelo sean suficientes.

Resumiendo, tendremos unos valores de K_c :

$K_c = 0,5$ en invierno.

$K_c = 0,55$ en verano.

$K_c = 0,65$ en otoño y primavera.

Parece obvio que la E_{Tc} de un olivar intensivo y adulto, con un elevado volumen de copa que cubra la mayor parte de la superficie del suelo, es superior a la de un olivar tradicional con un amplio marco de plantación o un olivar joven en formación.

El efecto del estado de desarrollo del cultivo viene reflejado en la fórmula anterior en el coeficiente K_r , que toma valores comprendidos entre poco más de 0 para un olivar recién plantado, hasta 1 para un olivar adulto e intensivo en condiciones de riego.

En el caso de estudio, para la densidad de plantación media de 100 olivos/ha, y un diámetro de copa de 6,4 m, tenemos valores próximos a 1.

-Pe = precipitación media efectiva o fracción de la lluvia total que se infiltra en el suelo.

A falta de información más precisa y para nuestras condiciones, se considerará Pe como el 70% de la lluvia medida, despreciando además las lluvias de escasa intensidad que se produzcan en los meses de verano (Julio y Agosto) que se pierden por evaporación directa casi instantáneamente.

Con el método descrito puede aproximarse la ETc de un olivar en las distintas zonas productoras, que corresponde a la cantidad estacional de agua que debe ser satisfecha mediante lluvia y/o riego para que la producción no se vea reducida por el déficit hídrico. Dada la variabilidad de las condiciones climáticas y de cultivo entre las distintas zonas productoras, la ETc debe calcularse para cada caso particular.

- Cálculo de la dosis de riego

Para el mayor ahorro de agua, se estimará una dosis de riego contemplando el suelo como almacén de agua, de este modo en periodos de menor demanda hídrica en la zona, según la climatología de esta zona abarca el periodo de noviembre a abril- mayo, el suelo es utilizado como reservorio de agua, para que en los meses de mayor demanda hídrica mayo-septiembre pueda servir esta reserva como aporte suplementario a la dosis de riego. Para ello se determinará:

- La capacidad de almacenaje de un suelo medio hasta niveles de agotamiento permisible y se partirá de dicho dato como disponibilidad de agua en un año medio.

- Se calcularán los aportes regulares de agua en los diferentes meses para llegar al mes con mayor demanda con suficiente aporte de agua para el árbol, tanto la procedente de la reserva, como la proveniente del riego.

- Se considerará una parcela “estándar”, formada por 100 árboles por hectárea a un marco de 10 m x 10 m.

Todo ello con datos de climatología medios, obtenidos en la estación agroclimática de Mancha Real, localidad a unos 9 km de la zona de estudio.

Dado la diversidad de suelos en una zona de cultivo tan amplia, se estima un suelo medio para la valoración de necesidades, en el caso que nos ocupa valoramos un suelo franco-arcilloso, con las siguientes características medias:

1. Capacidad de campo (gravimétrica): 24%
2. Punto de marchitamiento (gravimétrico): 9%
3. Profundidad del suelo explorado por las raíces: $Z_r = 1$ m.
4. Densidad aparente del suelo: 1,5 t/m³.

Con estos datos, la máxima cantidad de agua disponible para el cultivo que el suelo es capaz de almacenar será:

$$(0,24 - 0,09) \cdot 1m \cdot 1500 \frac{kg}{m^3} = 225 \frac{kg}{m^2} = 225 \frac{l}{m^2} = 225mm.$$

El riego se calcula de manera que el contenido de agua en el suelo no baje por debajo de un nivel umbral, por debajo del cual el cultivo empieza a sufrir déficit hídrico y por tanto, se reduce su producción.

Este nivel umbral se denomina Nivel de agotamiento permisible (NAP) y para el caso del olivo, se estima en un 75% del agua disponible (diferencia entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente en la zona explorada por las raíces).

Por tanto, de los 225 mm que es capaz de almacenar el suelo, el 25% no debe ser utilizado por el cultivo (56 mm), ya que si lo hiciéramos afectaríamos negativamente la producción. Se plantea un riego con una dotación mensual constante de 80 l/olivo/día durante el periodo abril - octubre, utilizando las reservas hasta el NAP.

En la siguiente tabla se recoge la reserva que tendremos en cada momento con este sistema de riego:

	ETc (mm/mes)	Pe (mm/mes)	ETc-Pe (mm/mes)	Riego Fijo (l/olivo/día)	Reserva (mm)
ENERO	11,5	64,4	-	-	109,99
FEBRERO	15,09	58,8	-	-	153,7
MARZO	32,65	43,4	-	-	164,46
ABRIL	44,08	29,4	14,68	75	161,78
MAYO	61,57	37,1	24,47	75	161,31
JUNIO	59,13	9,1	50,03	75	135,28
JULIO	67,78	-	67,78	75	91,5
AGOSTO	60,2	-	60,2	75	55,3
SEPTIEMBRE	50,55	21	29,55	75	49,75
OCTUBRE	31,92	35	-	75	55,75
NOVIEMBRE	16,81	38,5	-	-	77,44
DICIEMBRE	9,69	42	-	-	109,75

Tabla 2: Reserva de agua por meses. Cálculo de necesidades hídricas

Se colocarán 2 goteros con un caudal unitario de 8 l/h, por lo que para aportar los 75 l/olivo/día, deberán funcionar unas 4,5 horas.

El número de días de riego será de 200, comprendiendo la campaña de riegos desde Abril hasta Octubre.

Con esta dotación mensual constante se obtiene un caudal continuo de 0,15 l/s y ha, con lo que el caudal continuo solicitado será de:

$$0,15 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot (38+38) \text{ ha} \approx 11,4 \text{ l/s}$$

En el siguiente cuadro se recogen las horas de funcionamiento del riego así como el consumo de agua de cada olivo:

	Días de Riego	Riego (l/olivo/día)	Nº de horas al día de riego	l/olivo y mes
ABRIL	30	75	9	2250
MAYO	30	75	9	2250
JUNIO	30	75	9	2250
JULIO	30	75	9	2250
AGOSTO	30	75	9	2250
SEPTIEMBRE	30	75	9	2250
OCTUBRE	20	75	9	1500
TOTAL	200	-	-	15000

Tabla 3: Riego y consumo de agua por olivo. Cálculo de necesidades hídricas

Esto supone una dotación de:

$$15000 \text{ l/olivo año} \cdot 100 \text{ olivos / ha} = 1500 \text{ m}^3/(\text{ha} \cdot \text{año})$$

y un volumen total a derivar de:

$$1500 \text{ m}^3/(\text{ha} \cdot \text{año}) \cdot (38+38) \text{ ha} \approx 114.000 \text{ m}^3 / \text{año}$$

- Caudal salida:

El Caudal salida depende de los sectores que se realicen, que en nuestro caso serán 2 con una superficie aproximada para el cálculo de un sector con 38 has, con un número aproximado de olivos de: 3800 olivos.

Primero se calcula el caudal instantáneo por olivo:

$$Q_{ins} = 16 \text{ l/h} \cdot (1 / 3.600) \approx 0,44 \text{ l/s}.$$

$$Q_{salida} = 3800 \text{ olivos} \times Q_{ins} \approx \mathbf{16,9 \text{ l/s}}.$$

Por tanto, para el riego por goteo de olivar se solicita:

1. Caudal continuo:	0,15 l/s ha
2. Caudal ficticio continuo:	11,4 l/s
3. Caudal total a derivar:	114.000 m ³ / año
4. Caudal salida:	16,9 l/s.

El caudal a solicitar a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir será de 1500 m³/ ha.

Una vez realizados estos cálculos tenemos los siguientes condicionantes:

- Q_{Salida} debe ser de 16,9 l/s.
- Los meses de riego son desde Abril hasta Octubre (7 meses).
- Todos los meses se regarán 30 días al mes excepto Octubre que serán los 20 primeros días.
- La captación será de 365 días al año
- Se bombeará agua 8h al día, siendo éstas las horas en las que el precio del kw es menor.

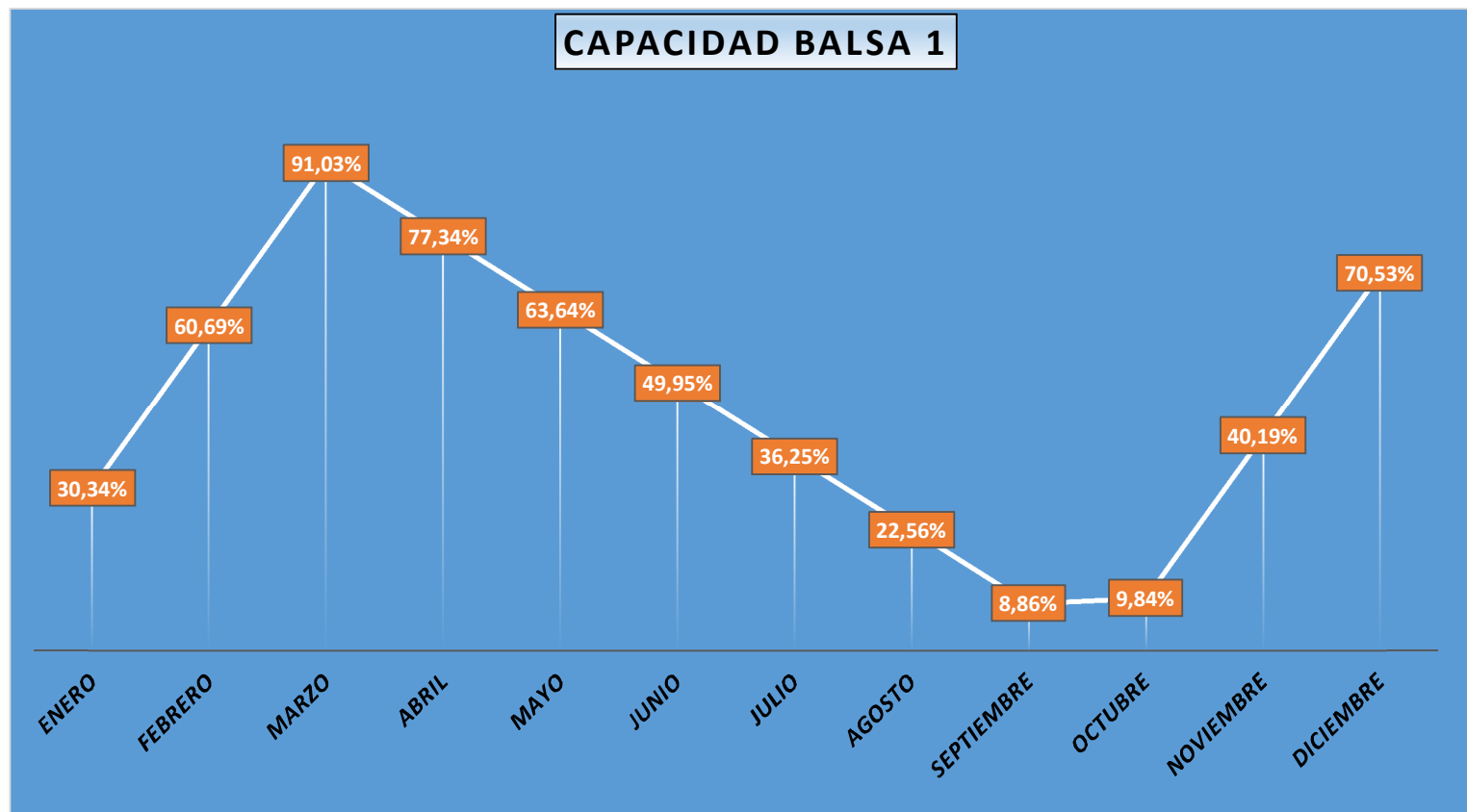
Sabiendo estas condiciones se obtiene que será necesario un $Q_{Entrada} = \mathbf{13,1 \text{ l/s}}$ por 8h al día, 365 días al año para un menor gasto energético.

3. Capacidad de las balsas en función de las necesidades hídricas

Para ver de manera más clara la capacidad de las balsas a lo largo de un año se ha realizado una tabla y una gráfica de cada una de ellas con los condicionantes mencionados anteriormente:

BALSA 1 (37.300 m3)											
	Q _{entrada} (l/s)	Q _{salida} (l/s)	Días captación	Días riego	h captación/día	h riego/día	m3 captación totales acumulados	m3 riego totales acumulados	Volumen agua en balsa (l)	Volumen agua en balsa (m3)	Capacidad de balsa
ENERO	13,1	-	30	-	8	-	11318,4	-	11318400	11318,4	30,34%
FEBRERO	13,1	-	30	-	8	-	22636,8	-	22636800	22636,8	60,69%
MARZO	13,1	-	30	-	8	-	33955,2	-	33955200	33955,2	91,03%
ABRIL	13,1	16,9	30	30	8	9	45273,6	16426,8	28846800	28846,8	77,34%
MAYO	13,1	16,9	30	30	8	9	56592	32853,6	23738400	23738,4	63,64%
JUNIO	13,1	16,9	30	30	8	9	67910,4	49280,4	18630000	18630	49,95%
JULIO	13,1	16,9	30	30	8	9	79228,8	65707,2	13521600	13521,6	36,25%
AGOSTO	13,1	16,9	30	30	8	9	90547,2	82134	8413200	8413,2	22,56%
SEPTIEMBRE	13,1	16,9	30	30	8	9	101865,6	98560,8	3304800	3304,8	8,86%
OCTUBRE	13,1	16,9	30	20	8	9	113184	114987,6	3672000	3672	9,84%
NOVIEMBRE	13,1	-	30	-	8	-	124502,4	-	14990400	14990,4	40,19%
DICIEMBRE	13,1	-	30	-	8	-	135820,8	-	26308800	26308,8	70,53%

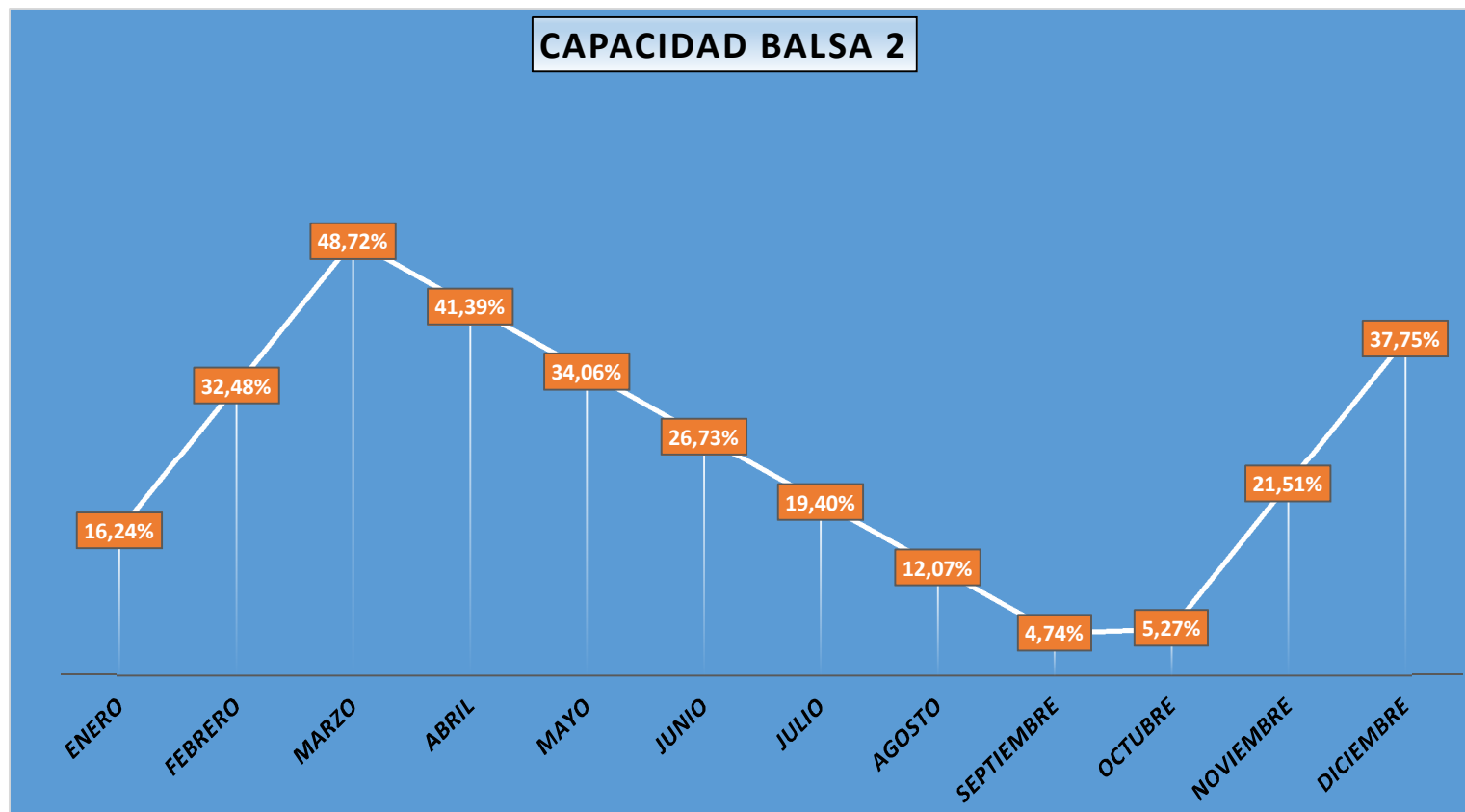
Tabla 4: Capacidad de la Balsa 1. Cálculo de necesidades hídricas



Gráfica 1: Capacidad Balsa 1. Cálculo de necesidades hídricas

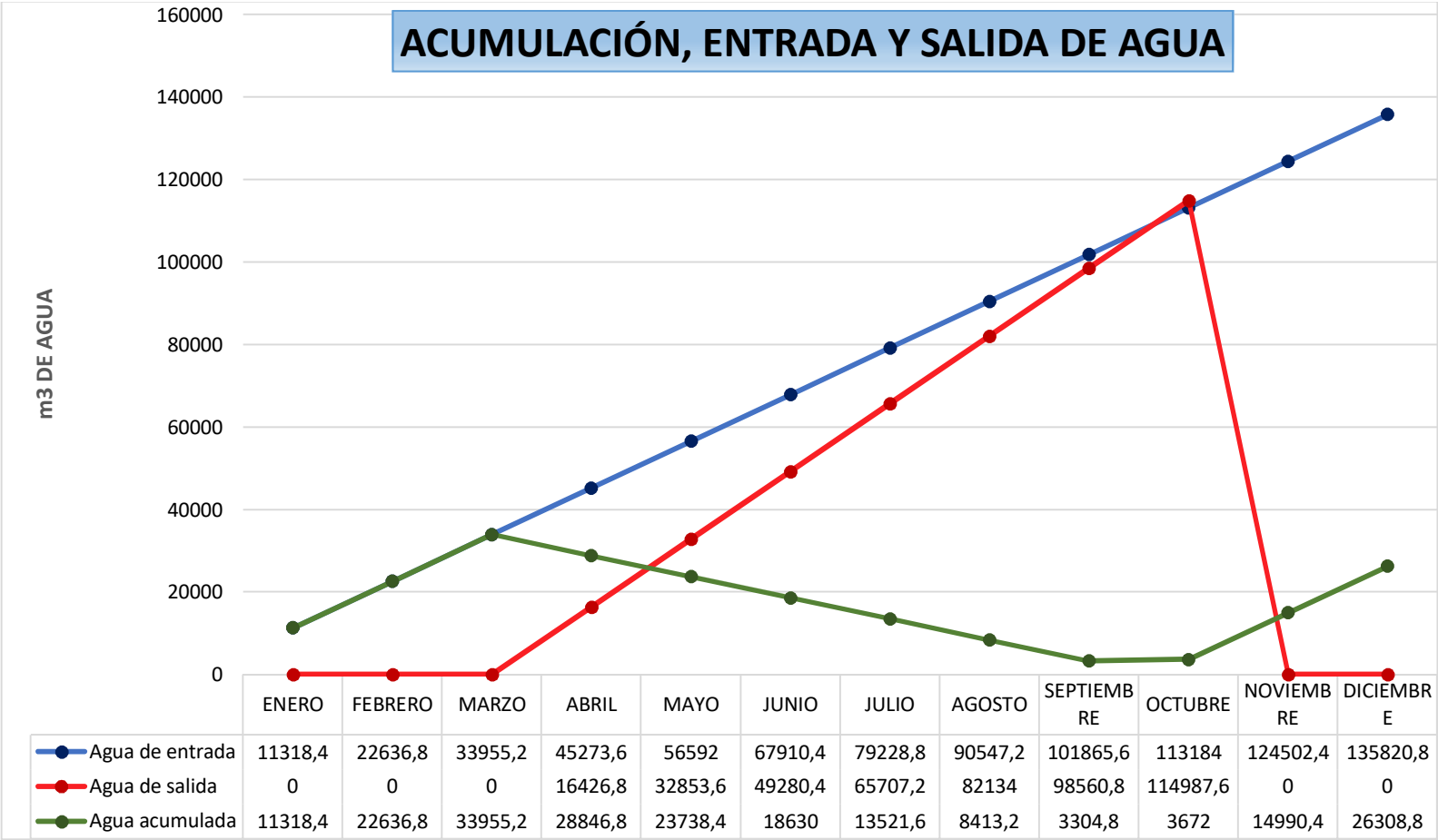
BALSA 2 (69.700 m3)											
	Q _{entrada} (l/s)	Q _{salida} (l/s)	Días captación	Días riego	h captación/día	h riego/día	m3 captación totales acumulados	m3 riego totales acumulados	Volumen agua en balsa (l)	Volumen agua en balsa (m3)	Capacidad de balsa
ENERO	13,1	-	30	-	8	-	11318,4	-	11318400	11318,4	16,24%
FEBRERO	13,1	-	30	-	8	-	22636,8	-	22636800	22636,8	32,48%
MARZO	13,1	-	30	-	8	-	33955,2	-	33955200	33955,2	48,72%
ABRIL	13,1	16,9	30	30	8	9	45273,6	16426,8	28846800	28846,8	41,39%
MAYO	13,1	16,9	30	30	8	9	56592	32853,6	23738400	23738,4	34,06%
JUNIO	13,1	16,9	30	30	8	9	67910,4	49280,4	18630000	18630	26,73%
JULIO	13,1	16,9	30	30	8	9	79228,8	65707,2	13521600	13521,6	19,40%
AGOSTO	13,1	16,9	30	30	8	9	90547,2	82134	8413200	8413,2	12,07%
SEPTIEMBRE	13,1	16,9	30	30	8	9	101865,6	98560,8	3304800	3304,8	4,74%
OCTUBRE	13,1	16,9	30	20	8	9	113184	114987,6	3672000	3672	5,27%
NOVIEMBRE	13,1	-	30	-	8	-	124502,4	-	14990400	14990,4	21,51%
DICIEMBRE	13,1	-	30	-	8	-	135820,8	-	26308800	26308,8	37,75%

Tabla 5: Capacidad de la Balsa 2. Cálculo de necesidades hídricas



Gráfica 2: Capacidad Balsa 2. Cálculo de necesidades hídricas

Con todo esto, se ha realizado un gráfico en que se exponen los m³ totales, de entrada, salida y acumulados a lo largo de un año. Es decir, el volumen de agua que cualquiera de las dos balsas iría almacenando cada mes del año.



Gráfica 3: Acumulación, entrada y salida de agua. Cálculo de necesidades hídricas

ANEXO 3.
ESTABILIDAD DE TALUDES DE
LA Balsa

ANEXO 3. ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA BALSA

1 Introducción

Por talud se entiende una porción de vertiente natural cuyo perfil original ha sido modificado con intervenciones artificiales relevantes con respecto a la estabilidad.

2 Determinación de la estabilidad de los taludes

Tanto para las obras de desmonte como de terraplén, se han escogido unas pendientes de 2:1, es decir, 26,56 °. Es preciso analizar si con estas pendientes los taludes son estables frente al posible deslizamiento provocado por las tensiones tangenciales que existen en el interior de la masa del suelo.

2.1 Métodos de análisis

Diversos autores han desarrollado métodos para realizar el análisis de la estabilidad de taludes. Los más antiguos y más utilizados en presas pequeñas o balsas son los basados en equilibrio límite.

El método del equilibrio límite consiste en estudiar el equilibrio de un cuerpo rígido, constituido por el talud y por una superficie de deslizamiento de cualquier forma (línea recta, arco circular, espiral logarítmica). Con tal equilibrio se calculan las tensiones de corte, τ y se comparan con la resistencia disponible, $\tau \cdot f$, valorada según el criterio de rotura de Coulomb. De tal comparación se deriva la primera indicación sobre la estabilidad con el factor de seguridad $F = \tau \cdot f / \tau$.

De todo el conjunto de métodos basados en el equilibrio límite, algunos consideran el talud completo (métodos de equilibrio global) mientras que otros lo dividen en fajas verticales (métodos de las fajas) analizando el equilibrio de cada una de ellas por separado. Los métodos utilizados en este estudio son el de Bishop (1955), y el de Morgenstern & Price. Ambos se basan en el método de las fajas.

2.2 Cálculo de factores de seguridad

Se estudia la estabilidad según un número suficientemente elevado de superficies de deslizamiento. La forma de la superficie varía según el método. La estabilidad se analiza comparando el cociente entre las fuerzas resistentes que se oponen al deslizamiento y las fuerzas que tiendan a provocarlo. Dicho cociente recibe el nombre de coeficiente o **factor de seguridad**. Si el mínimo de los coeficientes de seguridad obtenidos para las posibles superficies de deslizamiento probadas es superior al indicado por la *Instrucción Española de Grandes Presas* (I.G.P.), se podrá garantizar la estabilidad de la balsa.

Todo este trabajo sería inabarcable sin la ayuda de un software informático. En este caso se utilizará el programa GEO-SLOPE. En su módulo SLOPE/W.

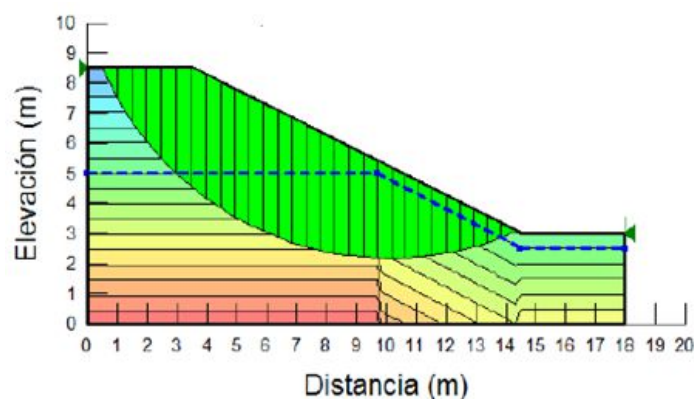
Como ya se ha comentado, se utilizarán los métodos de Bishop, y de Morgenstern & Price, para el cálculo de los factores de seguridad de los taludes en su situación más desfavorable. Siendo éstas:

- Para el talud interior: Talud aguas abajo. Balsa vacía y talud saturado.
- Para el talud exterior: Talud aguas abajo. Balsa llena y talud saturado por la hipotética rotura de la geomembrana.

Talud interior:

En esta suposición los factores de seguridad fueron de 1,838 con el método de Morgenstern & Price. Con el método de Bishop se obtuvo un valor de 1,839.

Ambos son mayores que el $F = 1,4$ que establece la I.G.P. Por lo que el talud Interior CUMPLE.

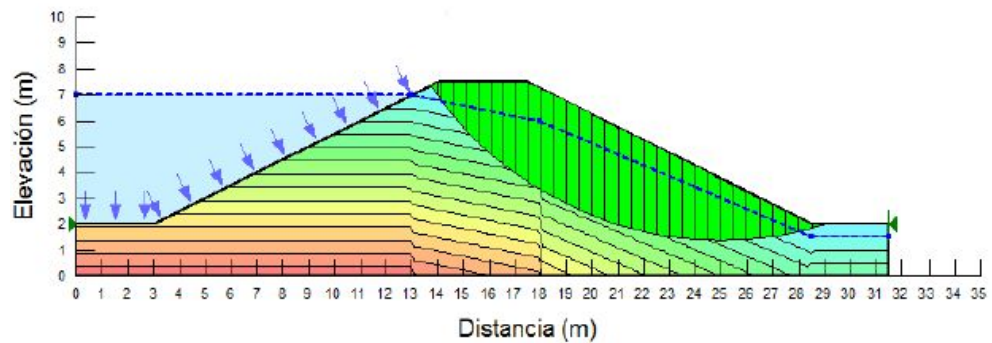


Dibujo 1: Cálculo del talud interior con SLOPE/W. Estabilidad de taludes de la balsa

Talud exterior:

En este caso los factores de seguridad fueron de 1,690 con el método de Morgenstem & Price. Con el método de Bishop se obtuvo un valor de 1,693 .

Ambos son mayores que el $F = 1,4$ que establece la I.G.P. Por lo que el talud Interior CUMPLE.



Dibujo 2: Cálculo del talud exterior con SLOPE/W. Estabilidad de taludes de la balsa

ANEXO 4.

CÁLCULO DE RESGUARDO Y ALIVIADERO

ANEXO 4. CÁLCULO DE RESGUARDO Y ALIVIADERO

1 Dimensionamiento del resguardo

La Instrucción de Grandes Presas (IGP) en su artículo 55.6, define el resguardo de una presa como la diferencia de cotas entre el máximo nivel de embalse en avenidas y el de coronación. La determinación del resguardo ha de tener en cuenta la altura de la lámina vertiente sobre el aliviadero y la altura máxima afectada por el oleaje.

La altura máxima del oleaje puede establecerse con la siguiente expresión (fórmula de Iribarren):

$$h = 0,6 \cdot \sqrt[4]{F}$$

h = Altura de la ola, en metros

F = Fetch, en kilómetros (máxima distancia libre de lámina de agua)

Por lo tanto:

- **Balsa 1:**

$$h = 0,6 \cdot \sqrt[4]{0,130} = 0,38 \text{ m}$$

Se adoptará, mayorando, una altura de resguardo de **0,5 m**

- **Balsa 2:**

$$h = 0,6 \cdot \sqrt[4]{0,285} = 0,44 \text{ m}$$

Se adoptará, mayorando, una altura de resguardo de **0,5 m**

2 Dimensionado del aliviadero

El aliviadero debe ser capaz de evacuar el exceso de agua en condiciones de precipitación torrencial más desfavorable, suponiendo que la balsa esté al máximo de su capacidad útil.

El aliviadero adoptado dispone de los siguientes elementos (ver plano correspondiente):

- El labio o umbral, por encima del cual vierten las aguas, en el que hay que considerar su cota superior.
- Un canal de hormigón, que conduce las aguas desde el umbral hasta el otro lado del talud.
- Un recubrimiento del talud con hormigón en la zona de vertido, para evitar su erosión.

Para el dimensionamiento del aliviadero se utilizará el “Método Racional”. Que se basa en la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{aliviadero}} = c \cdot i \cdot S + q$$

Dónde:

Q = Caudal a evacuar por el aliviadero.

c = Coeficiente de escorrentía. En la lámina de agua de la balsa, c = 1.

i = Intensidad de lluvia máxima a considerar = 1mm/mín.

S = Superficie de la balsa. Por seguridad se toma la superficie exterior total que ocupa la obra. S = 10.000 m² (Balsa 1) y S= 17.000 m³ (Balsa 2).

q = Caudal de entrada a la balsa = 13,1 L/s. Este término se despreciará al ser muy reducido en comparación la intensidad de lluvia.

Por lo tanto, queda de la siguiente forma:

- **Balsa 1**

$$Q_{\text{aliviadero}} = c \cdot i \cdot S = 1 \cdot 1 \frac{mm}{min} \cdot 10.000 \text{ m}^2 = 10.000 \frac{L}{min} = 166,67 \frac{L}{s} = 0,17 \frac{m^3}{s} = 600 \frac{m^3}{h} + 47 \frac{m^3}{h} = 647 \frac{m^3}{h}$$

Como se trata de un aliviadero de forma rectangular, el caudal que pueda evacuar, se determinará por la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{2}{3\sqrt{3}} \cdot l \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$$

Donde l y h son el ancho y el alto del aliviadero, respectivamente, y g es la aceleración de la gravedad. Igualando el caudal obtenido en las dos ecuaciones se obtendrá l en función de h:

$$166,67 \frac{L}{s} + 13,1 \frac{L}{s} = \frac{2}{3\sqrt{3}} \cdot l \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$$

$$\frac{0,178 \cdot 3 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot l \cdot \sqrt{2g}} = h \sqrt{h} = h^{\frac{3}{2}} \quad h = \left(\frac{0,178 \cdot 3 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot l \cdot \sqrt{2g}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Hay que tener en cuenta que la altura del aliviadero (h) debe ser algo menor que los 0,5 m que se han adoptado de resguardo. Realizando pocos tanteos, se escoge la opción que más convenga. En este caso, la opción elegida será una anchura (l) de 65 cm y una altura (h) de 30 cm.

Para l =	0,60 m	h =	0,32 m
	0,65 m		0,30 m
	0,70 m		0,28 m

Tabla 1: Aliviadero Balsa 1. Cálculo de resguardo y aliviadero

- **Balsa 2**

$$Q_{\text{aliviadero}} = c \cdot i \cdot S = 1 \cdot 1 \frac{\text{mm}}{\text{mín}} \cdot 17.000 \text{ m}^2 = 17.000 \frac{\text{L}}{\text{mín}} = 283,33 \frac{\text{L}}{\text{s}} = 0,283 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 1.020 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} + 47 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Como se trata de un aliviadero de forma rectangular, el caudal que pueda evacuar, se determinará por la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{2}{3\sqrt{3}} \cdot l \cdot h \cdot \sqrt{2 g h}$$

Donde l y h son el ancho y el alto del aliviadero, respectivamente, y g es la aceleración de la gravedad. Igualando el caudal obtenido en las dos ecuaciones se obtendrá l en función de h:

$$283,33 \frac{\text{L}}{\text{s}} + 13,1 \frac{\text{L}}{\text{s}} = \frac{2}{3\sqrt{3}} \cdot l \cdot h \cdot \sqrt{2 g h}$$

$$\frac{0,296 \cdot 3 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot l \cdot \sqrt{2g}} = h \sqrt{h} = h^{\frac{3}{2}} \quad h = \left(\frac{0,296 \cdot 3 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot l \cdot \sqrt{2g}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Hay que tener en cuenta que la altura del aliviadero (h) debe ser algo menor que los 0,5 m que se han adoptado de resguardo. Realizando pocos tanteos, se escoge la opción que más convenga. En este caso, la opción elegida será una anchura (l) de 105 cm y una altura (h) de 30 cm.

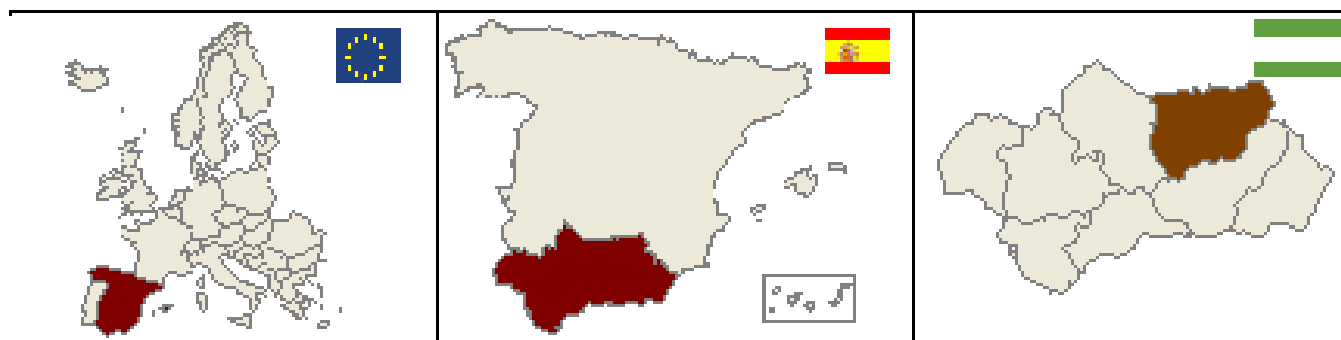
Para l =	0,90 m	h =	0,33 m
	1,05 m		0,30 m
	1,20 m		0,28 m

Tabla 2: Aliviadero Balsa 2. Cálculo de resguardo y aliviadero

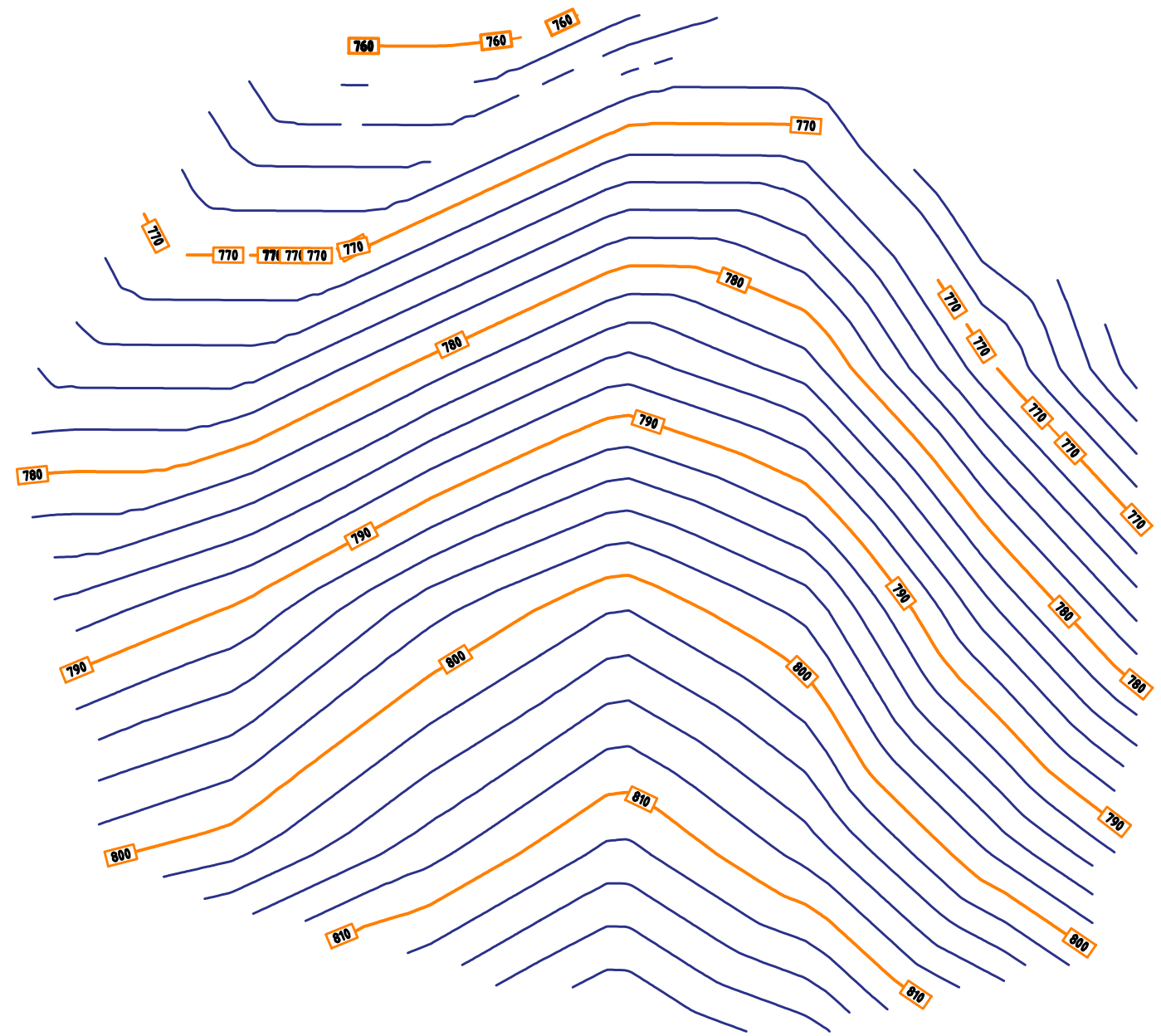
8 PLANOS

Este capítulo contiene los planos necesarios para completar el presente estudio, y son los siguientes:

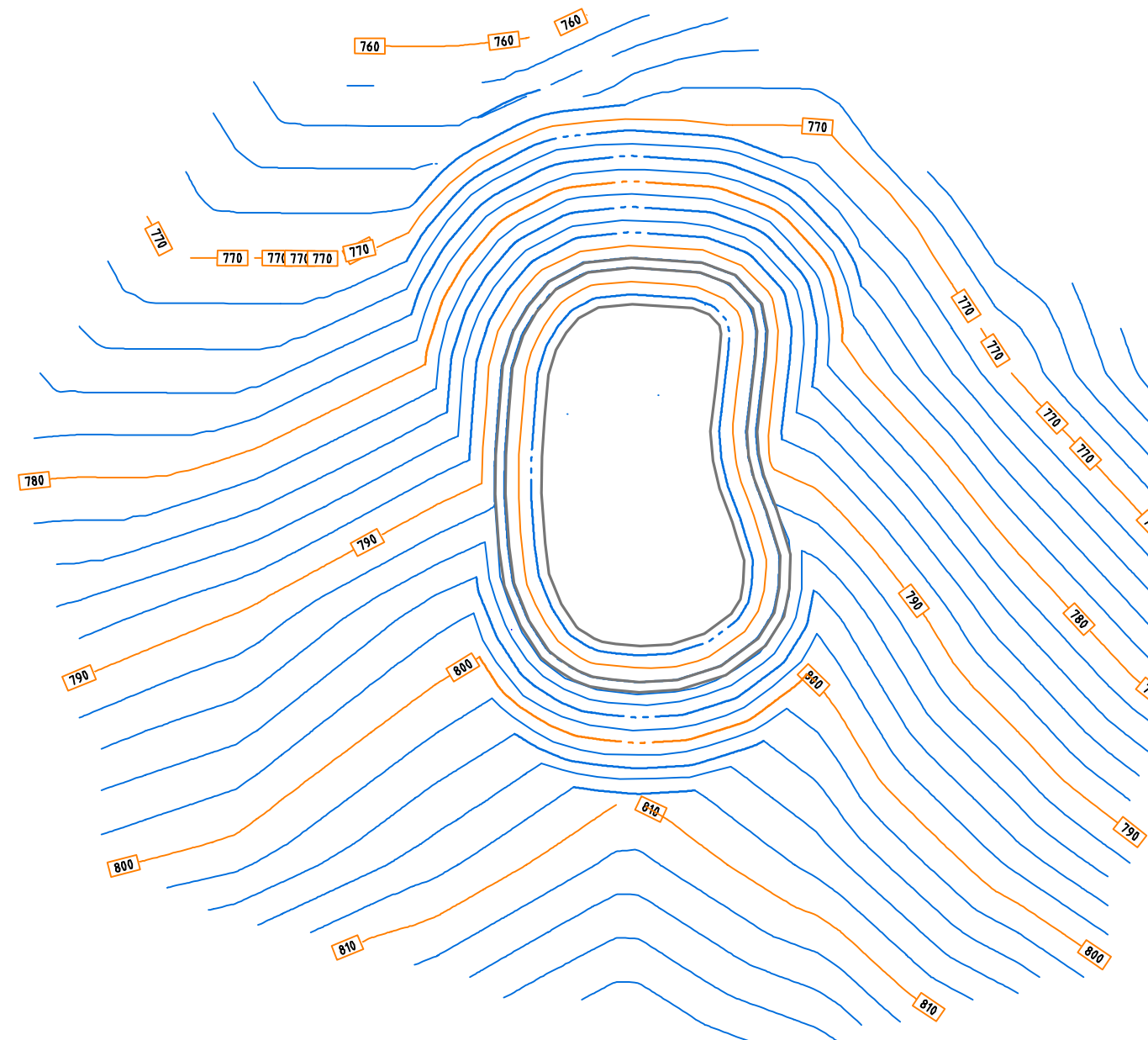
- PLANO 1. LOCALIZACIÓN
- PLANO 2. TOPOGRAFÍA GENERAL
- PLANO 3. TOPOGRAFÍA GENERAL MODIFICADA Balsa 1
- PLANO 4. PERFIL LONGITUDINAL Balsa 1
- PLANO 5. PERFILES TRANSVERSALES Balsa 1
- PLANO 6. TOPOGRAFÍA GENERAL MODIFICADA Balsa 2
- PLANO 7. PERFIL LONGITUDINAL Balsa 2
- PLANO 8. PERFILES TRANSVERSALES Balsa 2
- PLANO 9. SITUACIÓN SISTEMA DE BOMBEO Y FUTURA Balsa
- PLANO 10. DETALLE ALIVIADERO
- PLANO 11. DETALLE DRENAJE
- PLANO 12. DETALLE CORONACIÓN
- PLANO 13. POSIBLE BRECHA EN Balsa Y RECORRIDO DEL AGUA



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	30/06/2017	Antonio Jesús Roldán Expósito		
COMPROBADO				
ESCALA:	Estudio de ejecución de balsa de materiales suelos, impermeabilizada con lámina de PE			Nº PLANO 1
Sin escala				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



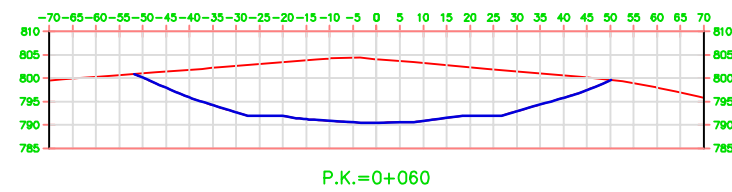
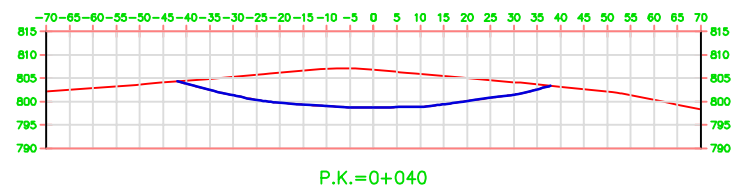
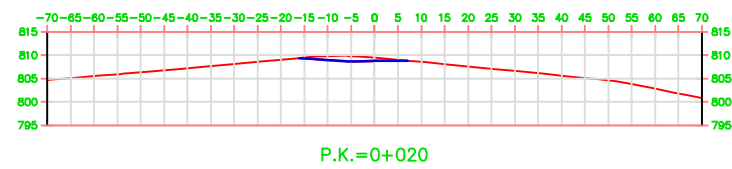
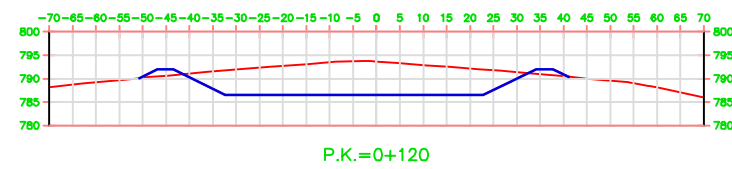
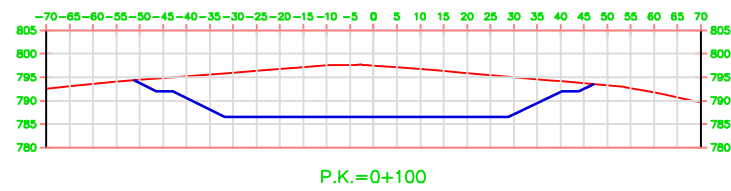
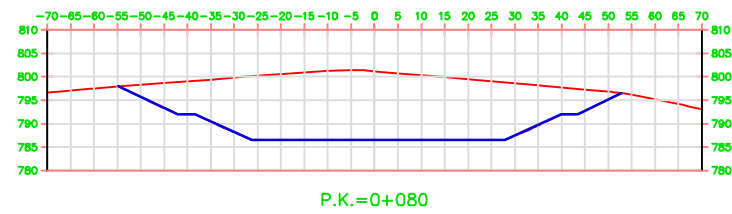
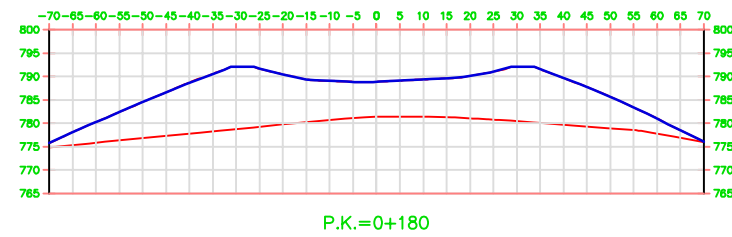
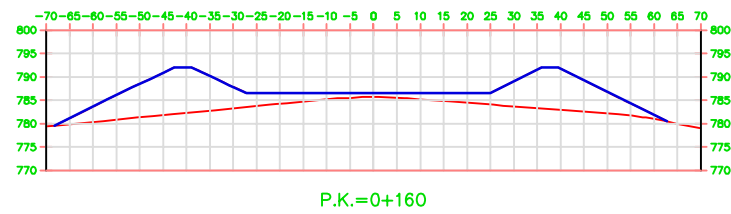
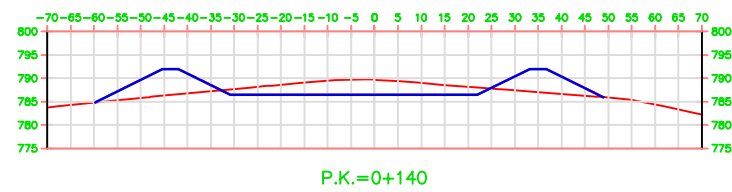
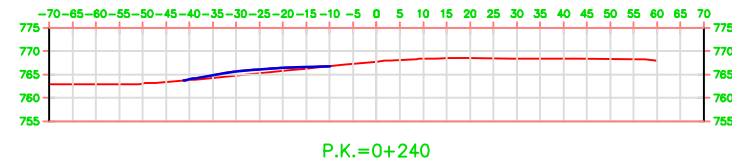
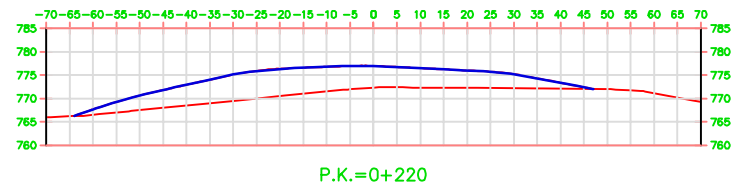
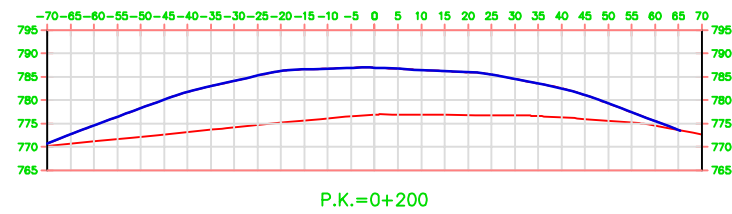
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	30/06/2017	Antonio Jesús Roldán Expósito			
COMPROBADO					
ESCALA:	Estudio de ejecución de balsa de materiales suelos, impermeabilizada con lámina de PE Topografía actual			Nº PLANO 2	
1:2000				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



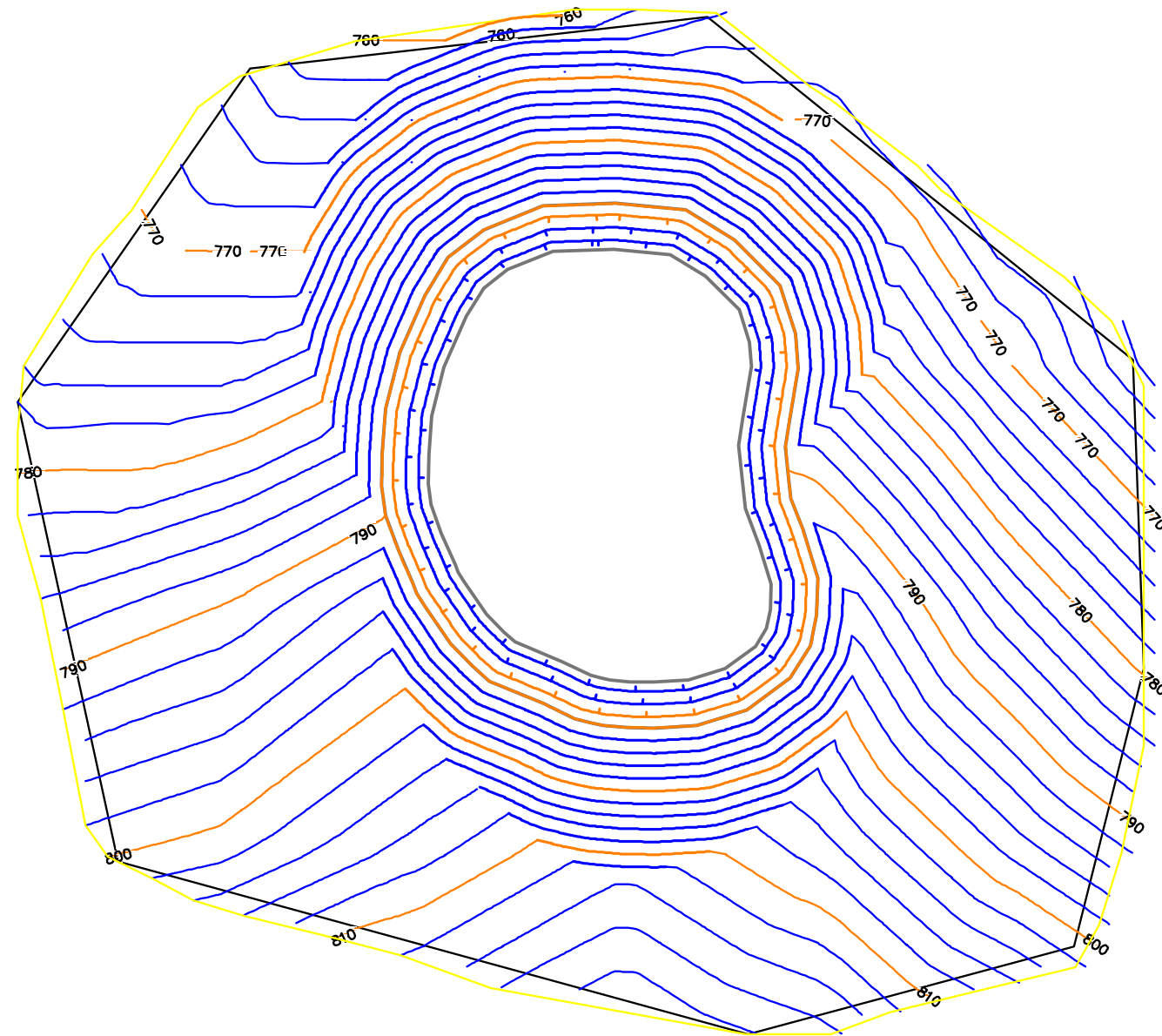
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	30/06/2017	Antonio Jesús Roldán Expósito			
COMPROBADO					
ESCALA:	Estudio de ejecución de balsa de materiales suelos, impermeabilizada con lámina de PE Topografía general modificada - Balsa 1			Nº PLANO	3
1:2000				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



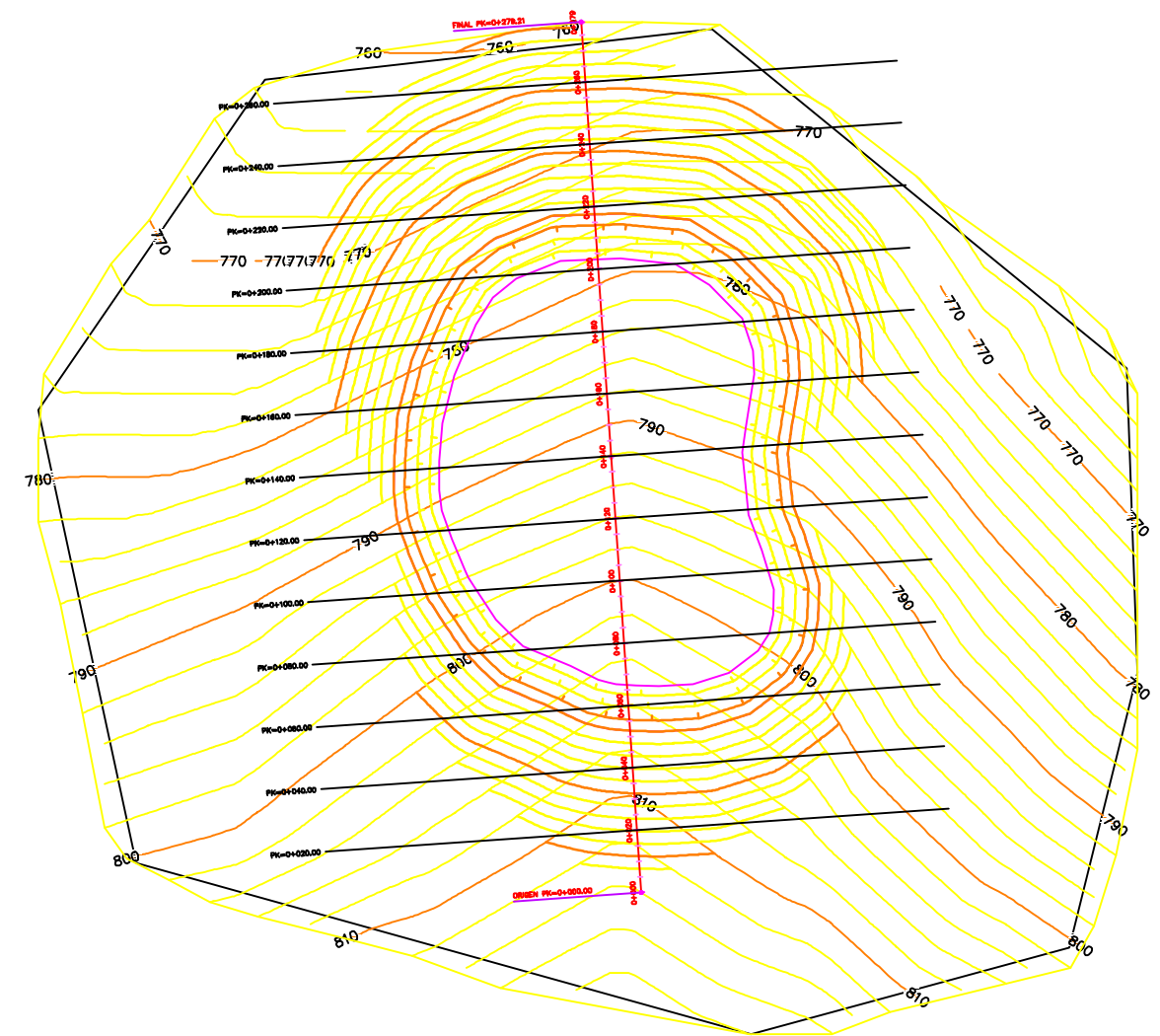
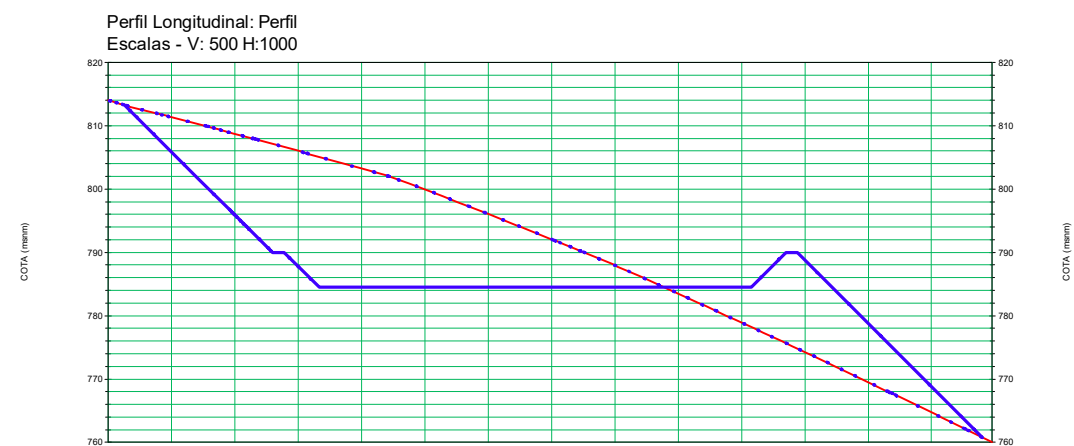
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	30/06/2017	Antonio Jesús Roldán Expósito		
COMPROBADO				
ESCALA:	Estudio de ejecución de balsa de materiales suelos, impermeabilizada con lámina de PE Perfil longitudinal - Balsa 1			Nº PLANO
Varias				4
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



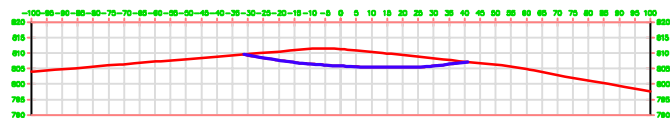
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	30/06/2017	Antonio Jesús Roldán Expósito			
COMPROBADO					
ESCALA:	Estudio de ejecución de balsa de materiales sueltos, impermeabilizada con lámina de PE			Nº PLANO	
1:1000				5	
				SUSTITUYE A:	
	Perfiles transversales - Balsa 1			SUSTITUIDO POR:	



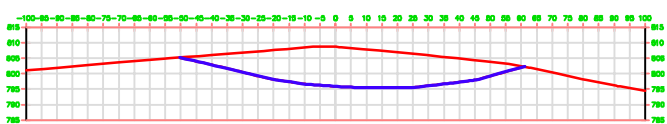
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	30/06/2017	Antonio Jesús Roldán Expósito			
COMPROBADO					
ESCALA:	Estudio de ejecución de balsa de materiales suelos, impermeabilizada con lámina de PE Topografía general modificada - Balsa 2				Nº PLANO 6
1:2000					SUSTITUYE A:
					SUSTITUIDO POR:



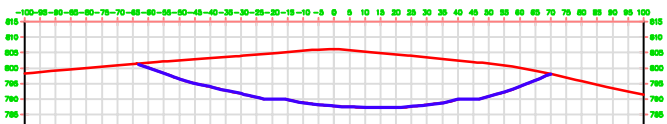
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	30/06/2017	Antonio Jesús Roldán Expósito			
COMPROBADO					
ESCALA:	Estudio de ejecución de balsa de materiales sultos, impermeabilizada con lámina de PE Perfil Longitudinal - Balsa 2			Nº PLANO	7
Varias				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



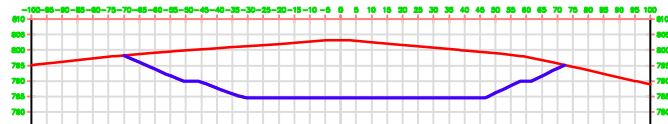
P.K.=0+020



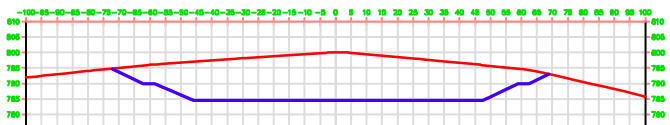
P.K.=0+040



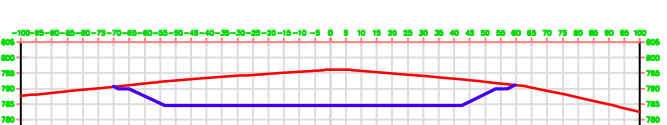
P.K.=0+060



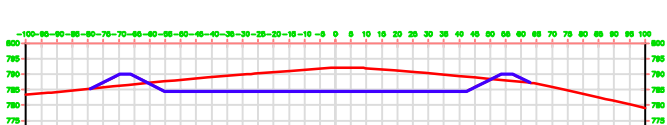
P.K.=0+080



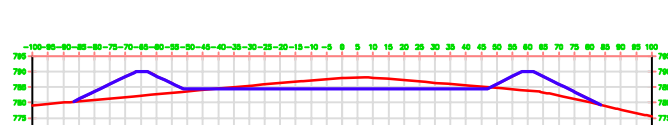
P.K.=0+100



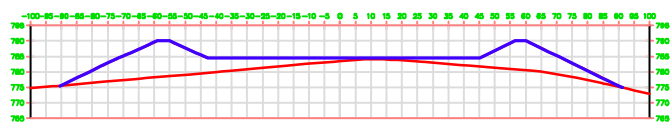
P.K.=0+120



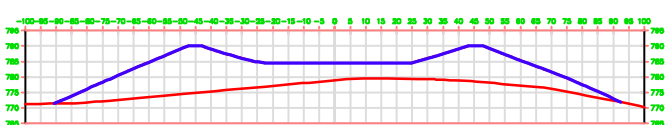
P.K.=0+140



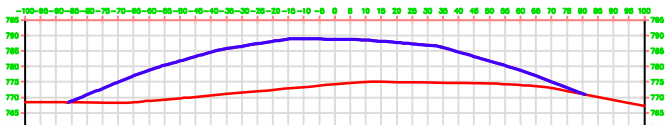
P.K.=0+160



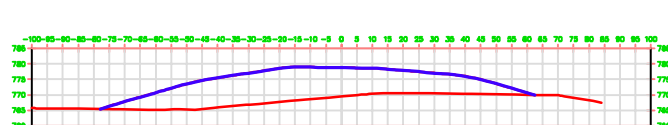
P.K.=0+180



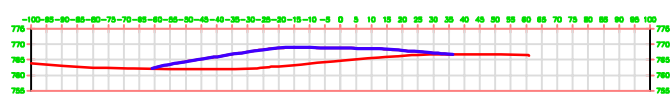
P.K.=0+200



P.K.=0+220

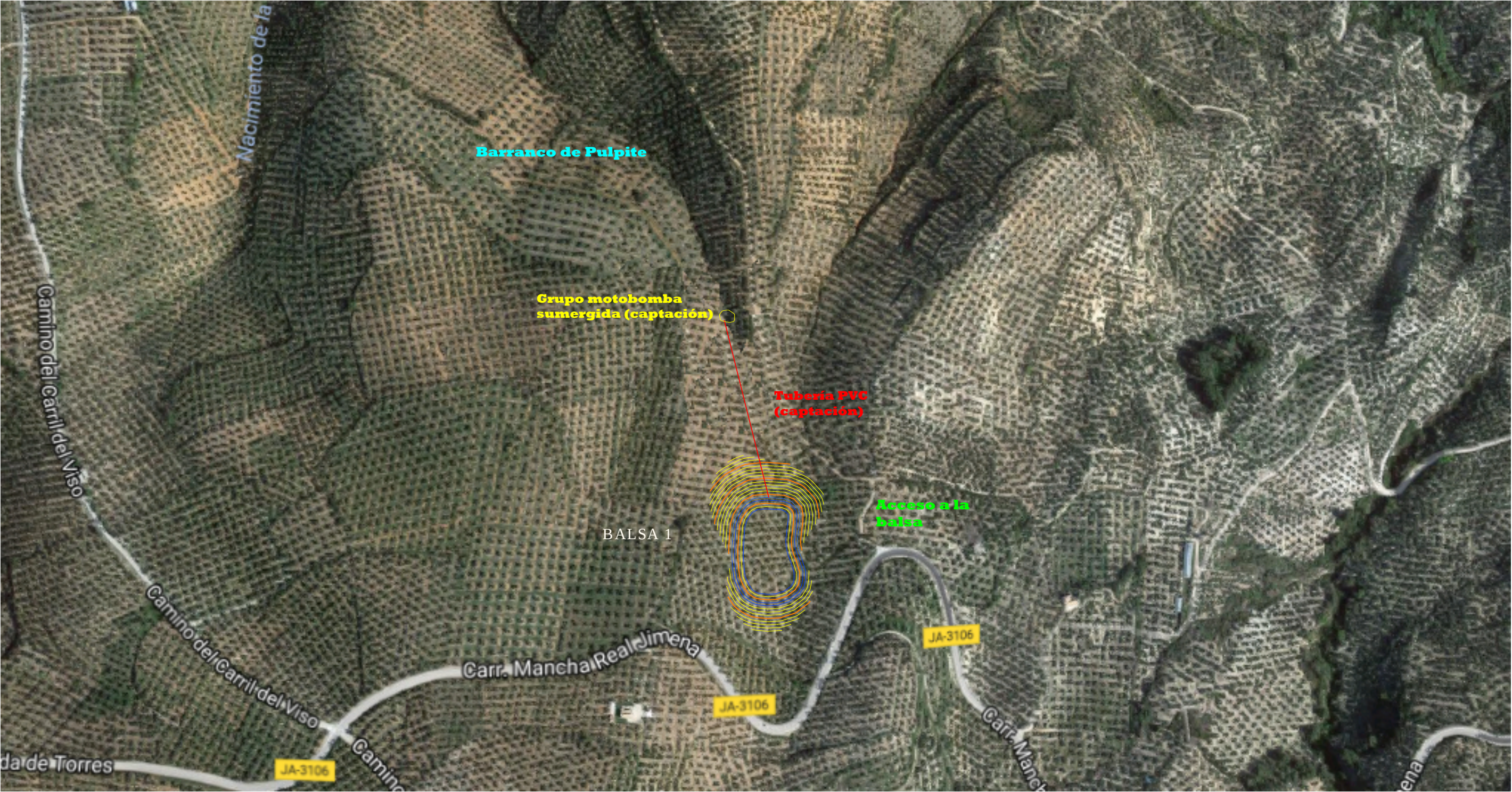


P.K.=0+240

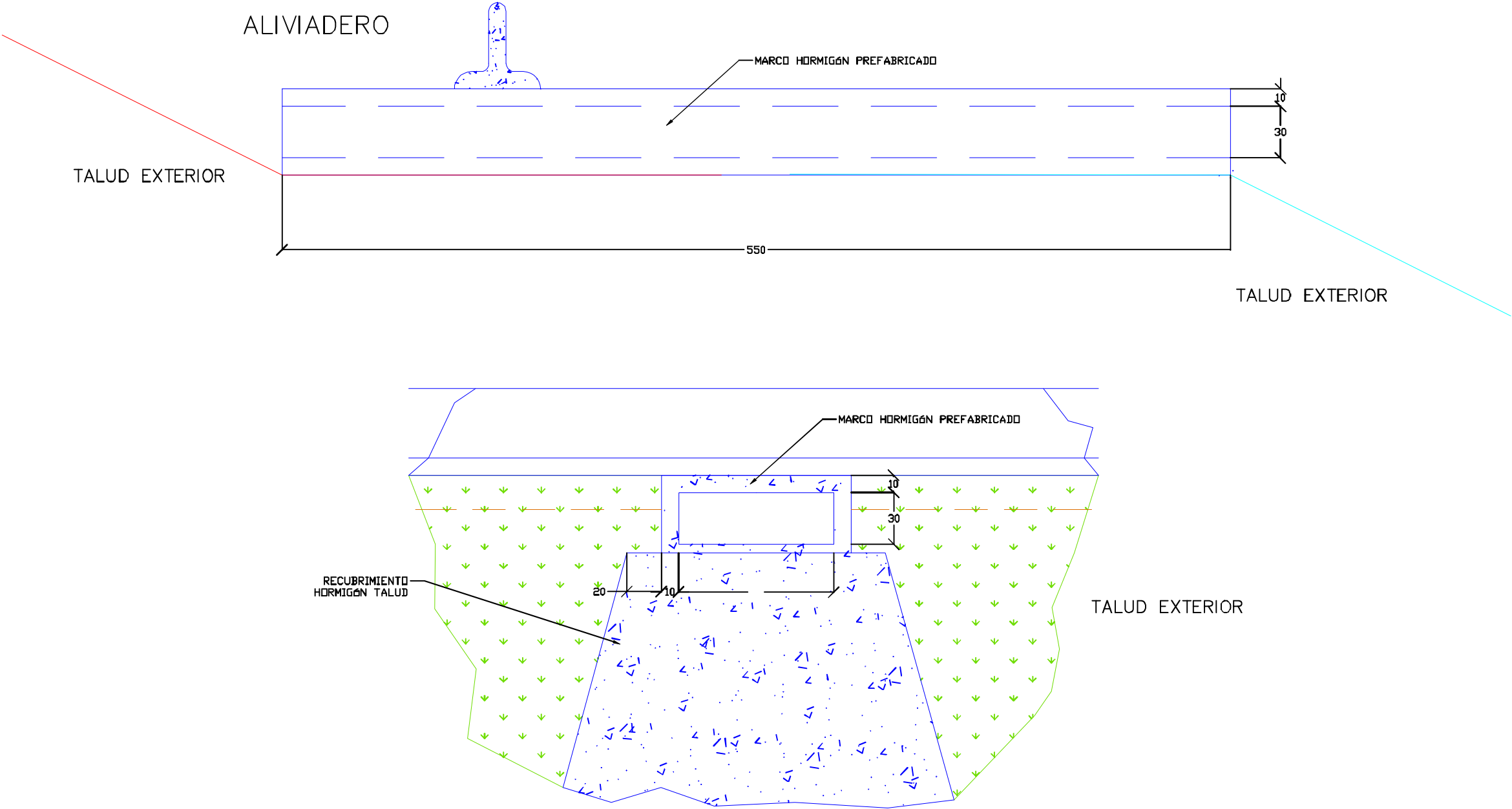


P.K.=0+260

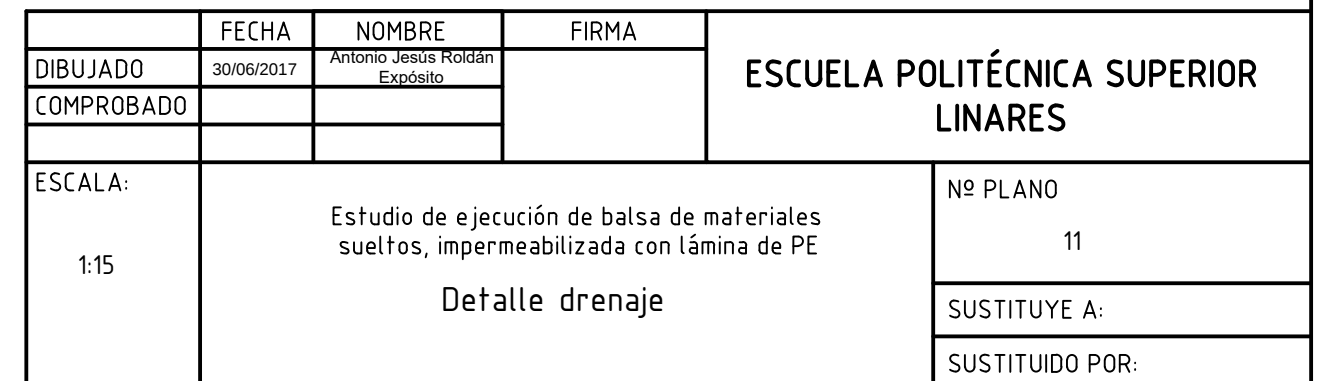
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	30/06/2017	Antonio Jesús Roldán Expósito			
COMPROBADO					
ESCALA:	Estudio de ejecución de balsa de materiales suelos, impermeabilizada con lámina de PE				Nº PLANO
1:1000					8
					SUSTITUYE A:
	Perfiles transversales - Balsa 2				SUSTITUIDO POR:

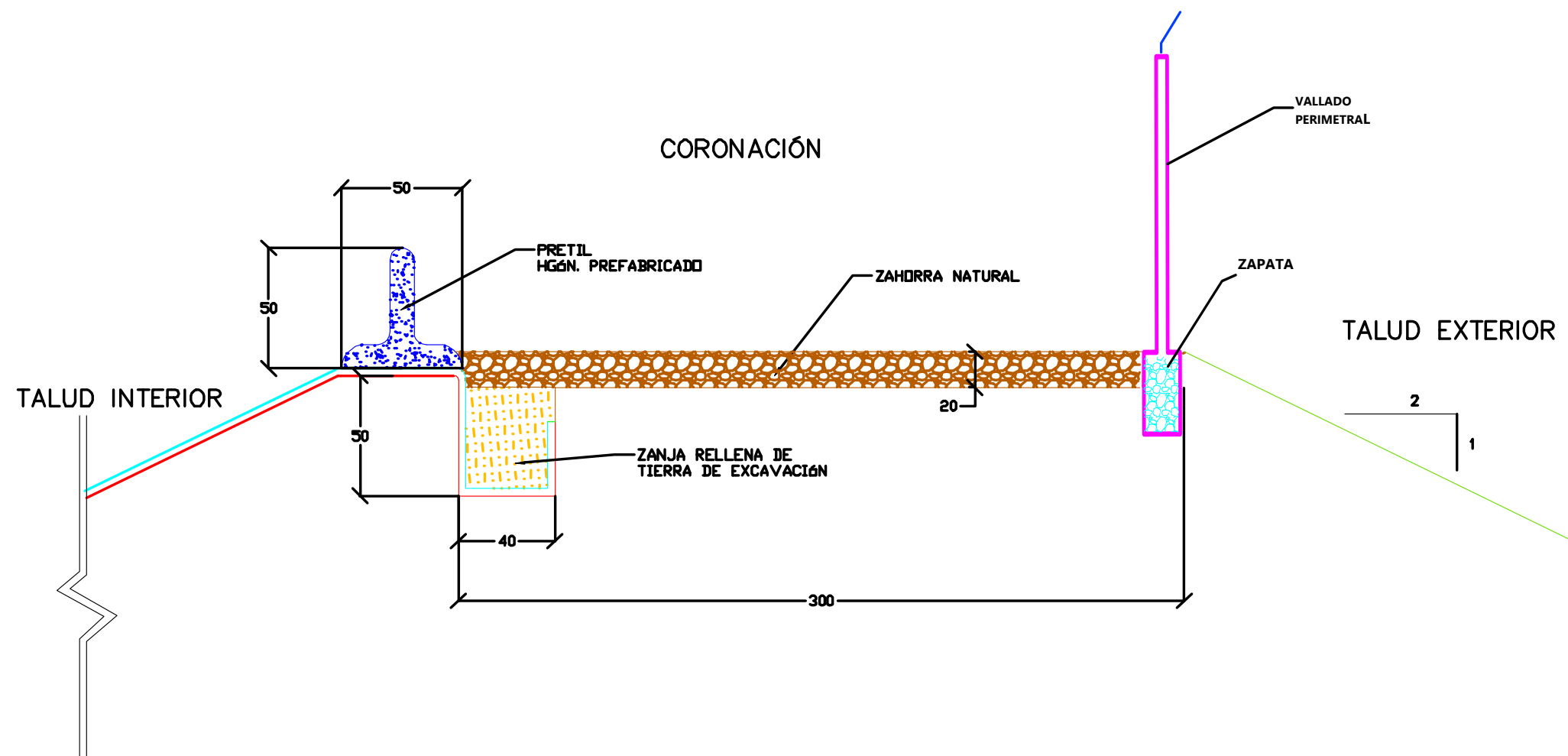


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	30/06/2017	Antonio Jesús Roldán Expósito			
COMPROBADO					
ESCALA:	Estudio de ejecución de balsa de materiales suelos, impermeabilizada con lámina de PE Situación instalación de bombeo y futura balsa			Nº PLANO	9
1:4 000				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

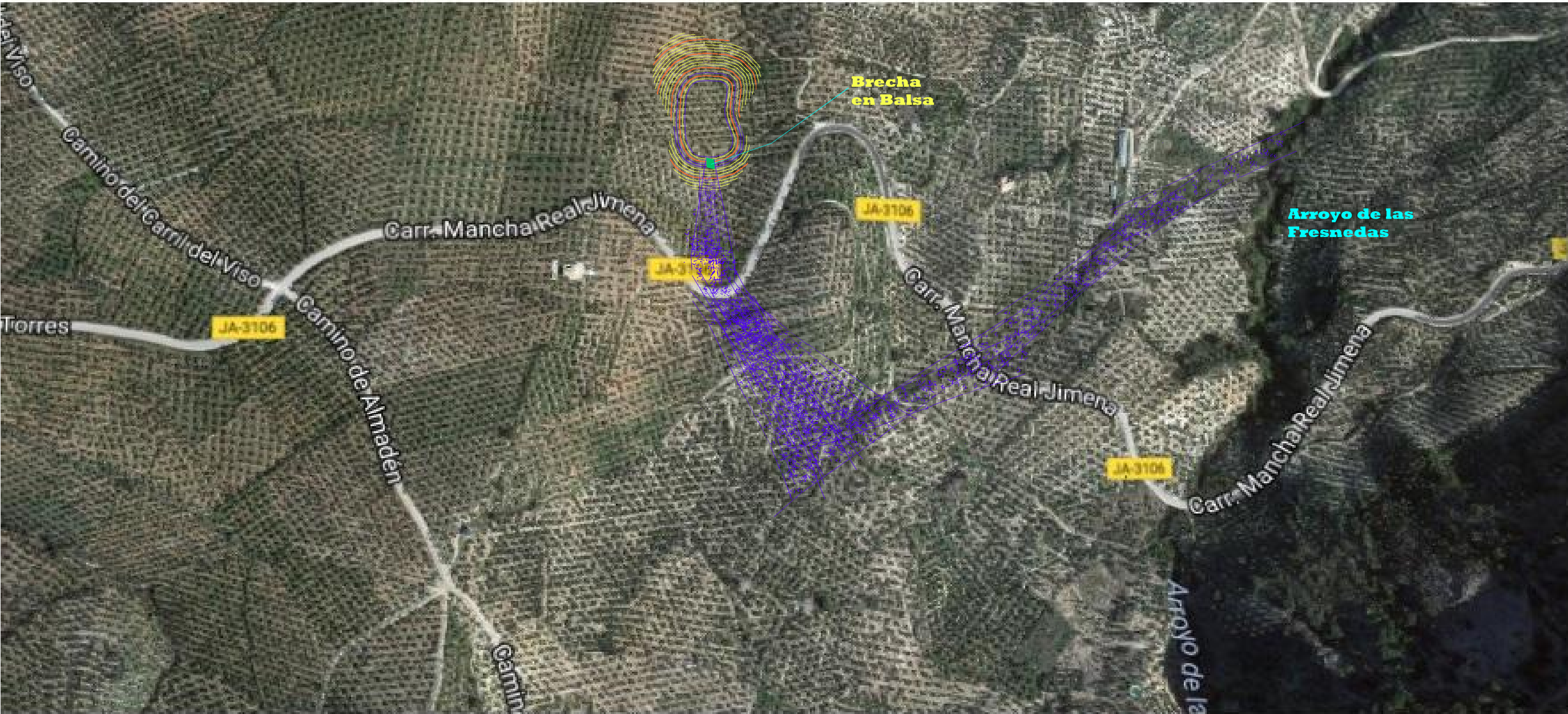


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	30/06/2017	Antonio Jesús Roldán Expósito		
COMPROBADO				
ESCALA:	Estudio de ejecución de balsa de materiales suelos, impermeabilizada con lámina de PE			Nº PLANO 10
1:20				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:





	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	30/06/2017	Antonio Jesús Roldán Expósito		
COMPROBADO				
ESCALA:	Estudio de ejecución de balsa de materiales suelos, impermeabilizada con lámina de PE			Nº PLANO 12
1:15				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	30/06/2017	Antonio Jesús Roldán Expósito			
COMPROBADO					
ESCALA:	Estudio de ejecución de balsa de materiales suelos, impermeabilizada con lámina de PE Posible brecha en la balsa y recorrido del agua			Nº PLANO	13
1:4500				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

Los referentes bibliográficos utilizados para el presente estudio fueron los que vienen a continuación:

-www.igme.es

-AYUSO et al. (2008) *Proyecto de depósitos de almacenamiento de efluentes de industrias agroalimentarias*. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.

-PONS et al. (2009) *Guías para el proyecto, de construcción, explotación, mantenimiento, vigilancia y planes de emergencia de las balsas de riego con vistas a la seguridad*. Generalitat Valenciana. Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge.

-*Instrucción para proyecto, construcción y explotación de grandes presas* (BOE 27 oct. 1967).

- *Norma Técnica de seguridad para la clasificación de las presas y para la elaboración e implantación de los planes de emergencia de presas y embalses*, Julio 2011.

- *Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02*.