



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

Escuela Politécnica

Grado en Ingeniería Civil – Hidrología

Trabajo Fin de Grado

“Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres”

Eduardo Delgado Bejarano

Julio 2019



Escuela Politécnica

UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

Escuela Politécnica

Grado en Ingeniería Civil – Hidrología

Trabajo Fin de Grado

“Aumento de capacidad de almacenamiento para abastecimiento a la ciudad de Cáceres (Guadiloba)”

Autor: Eduardo Delgado Bejarano

Tutor: Pablo Duran Barroso

Tribunal Calificador

Presidente: Miguel Candel Pérez.

Secretario: Jesús Ángel Torrecilla Pinero.

Vocal: Santiago Fernández Rodríguez.

Contenido

1 - INTRODUCCIÓN	9
2 - OBJETIVOS	20
3- ANTECEDENTES	20
3.1 - Proyecto de azud en el río Almonte:	21
3.2 - Mejora de la gestión de la demanda:	21
3.3 - Mejora de captación del río Almonte:	22
3.4 - Utilización de las aguas del embalse del Salor:.....	22
3.5 - Utilización de las aguas del embalse de Portaje.	23
3.6 - Recrecimiento del Embalse de Guadiloba:	24
3.7 - Utilización de las aguas del Calerizo:	25
4 - MATERIALES Y METODOS.....	25
4.1 – Localización.	26
4.2 - Geología.	28
Introducción.....	28
4.2.1 – Estratigrafía.	29
4.3 - Hidrogeología.....	31
4.3.1. Marco Hidrológico General	31
4.3.2 Hidrogeología Local	36
4.3.3 Características estructurales y análisis de la fracturación en acuíferos por fracturación ...	37
4.3.4. Permeabilidad.....	37
4.3.5. Caracterización geológica e hidrogeológica de la zona no saturada.	37
4.3.6 Situación del nivel piezométrico local. Evolución temporal.	37
4.4 Presa de regulación La Perodosma.	37
4.5 Datos de la cuenca.	38
4.5.1 Estudio de Aportes	38
5 - RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
5.1 Proyección del modelo hidrológico	40
5.2 Estudio del nivel del embalse	78
5.3 Modificación régimen de almacenamiento.	81
5.4 Necesidades de recursos hídricos.....	85
5.5 Afecciones al medio natural.	98
6– CONCLUSIONES	112
7 – ANEJO I: Planos.	

8 – ANEJO II: Datos hidrológicos.

9 – ANEJO III: Gráficas y resultados.

10 – ANEJO IV: Informe de viabilidad ambiental.

<i>Figura 1: Esquema de aportes y demandas</i>	11
<i>Figura 2 - Localización del embalse de Guadiloba a nivel regional</i>	27
<i>Figura 3: Localización del embalse a nivel local.</i>	27
<i>Figura 4: Embalse del Guadiloba Ubicación</i>	28
<i>Figura 5: Detalle geológico del Sinclinal de Cáceres.</i>	32
<i>Figura 6: Masa de agua de Galisteo</i>	33
<i>Figura 7: Estratigrafía del Sinclinal de Cáceres.</i>	34
<i>Figura 8: Corte SW-NE del sinclinal</i> 9	35
<i>Figura 9 Estructura básica del modelo.</i>	41
<i>Figura 10: Representación esquemática de la evaluación de la humedad del suelo en el modelo HBV.</i>	42
<i>Figura 11: Modelo de respuesta de escorrentía en el modelo HBV.</i>	43
<i>Figura 12: Efecto de la función de transformación.</i>	44
<i>Figura 13: Plano de la cuenca del Rio Guadiloba (PROYECTO ORIGINAL DE ABASTECIMIENTO A CÁCERES 1969)</i>	48
<i>Figura 14: Representación esquemática de los tres tramos de la curva de recesión del hidrograma.</i>	63
<i>Figura 15: Ejemplo del efecto de la variación del parámetros K_0 con valor 0,3, frente a K_0 dándole el valor 0.1.</i>	63
<i>Figura 16: Ejemplo de la variación del parámetro K_1. Valor 0.06 (línea gruesa) frente a 0.12 (línea fina).</i>	64
<i>Figura 17: Variación del valor del parámetro K_4 del valor 0,01 (línea gruesa). Frente a 0.03 (línea gruesa).</i>	64
<i>Figura 18: Ejemplo del efecto de la variación del valor del parámetro UZL_0.</i>	65
<i>Figura 19: Variación de la percolación con respecto a los valores K_4.</i>	65
<i>Figura 20: Ítems de dibujo de gráficas-</i>	66
<i>Figura 21: Barra de herramientas del programa AQUATOOL+.</i>	68
<i>Figura 22: Perfil longitudinal del rio Guadiloba</i>	80
<i>Figura 23: curvas de vaciado según cota de la lámina de agua.</i>	81
<i>Figura 24: Representación de las garantías consuntivas años 1974-1985.</i>	89

<i>Figura 25: Representación de garantías consuntivas años 1999-2014.</i>	90
<i>Figura 26: Representación de garantías años 2000-2100</i>	90
<i>Figura 27: Esquema de representación de tormentas del Modelo de Neyman-Scott (Cowpertwait, 1991)</i>	92
<i>Figura 28: Representación de las garantías para las distintas situaciones propuestas</i>	98

<i>Tabla 1: Estaciones y datos obtenidos de ellas</i>	50
<i>Tabla 2: evapotranspiración mensual; años 2000-2015</i>	55
<i>Tabla 3: Volumen de almacenamiento introducido en AQUATOOL+</i>	70
<i>Tabla 4: Datos del embalse cota-superficie-volumen</i>	71
<i>Tabla 5: Datos de evapotranspiración en mm /día y mm/mes</i>	72
<i>Tabla 6: Datos de población, año 2018</i>	73
<i>Tabla 7: Datos de toma mensual</i>	74
<i>Tabla 8: Demanda mensual</i>	75
<i>Tabla 9: Discretización por alturas de la cuenca del río Guadiloba</i>	79
<i>Tabla 10: Factor de forma de la cuenca</i>	79
<i>Tabla 11: Relación pendiente - Terreno</i>	80
<i>Tabla 12: Volúmenes del embalse Guadiloba</i>	82
<i>Tabla 13: Garantía consuntiva entre los años 1974-1985</i>	89
<i>Tabla 14: Garantía consuntiva entre años 1999-2014</i>	89
<i>Tabla 15: Garantía Consuntiva años 2000-2100</i>	90
<i>Tabla 16: Umbrales utilizados en las simulaciones con volumen de embalse</i> 32	
<i>Hm³</i>	94
<i>Tabla 17: Garantías consuntivas para los años 2000-2100</i>	97

1 - INTRODUCCIÓN

Este trabajo fin de grado titulado “*Aumento de capacidad de almacenamiento para abastecimiento a la ciudad de Cáceres (Guadiloba)*” se encuentra dentro de la modalidad de investigación y recogida en el Anexo 5. Estructura y contenido del TFG aprobado por la Comisión de Trabajos de Fin de Estudios a 15 de julio de 2015 siendo su cuerpo de trabajo el siguiente:

1. Introducción.
2. Objetivos.
3. Antecedentes.
4. Material y Método.
5. Resultados y Discusión.
6. Conclusiones

El trabajo se compone de dos partes generales que atienden a: El estudio de las demandas principales que se requieren en el embalse del Guadiloba y el estudio de los valores hidrológicos de la cuenca que abastece a dicho embalse y la segunda parte, a la modelización hidráulica de aportes, demandas y su posterior estudio

Entre las distintas formas de solventar el problema de la seguridad del abastecimiento de agua potable a la ciudad de Cáceres, como pudiera ser el uso del agua del embalse de Portaje, la mejora de la captación de agua del río Almonte o el uso de las aguas subterráneas del Calerizo; he decidido centrar la atención de este Trabajo de Fin de Grado en un aumento de capacidad del embalse del Guadiloba, ya que según mi forma de ver, son varias las formas de aumentar su capacidad con los métodos constructivos que tenemos a día de hoy, estos nos permitirán realizar las obras pertinentes afectando lo menos posible al entorno que le rodea, todo esto respetando la legislación pertinente en el marco medioambiental, hídrico y privado.

Los objetivos de este Trabajo Fin de Grado es obtener un modelo hidráulico empírico que nos dé como resultado, en caso de que fuera necesario, el incremento de volumen de almacenamiento que tendríamos que llevar a cabo en el embalse del Guadiloba y así estabilizar un abastecimiento lo más constante y de mayor calidad posible a la zona de Sierra de Fuentes, Malpartida de Cáceres y la ciudad de Cáceres, y por consiguiente, utilizar la impulsión de emergencia del río Almonte (1992) para lo que fue diseñada, para una urgencia de abastecimiento y no para un uso continuado.

¹En todo modelo hay unas demandas máximas que atender en una cuenca. La inclusión de los retornos de los usos consuntivos en el balance hídrico de una cuenca es muy importante, ya que ellos, junto a los recursos convencionales (aguas superficiales y subterráneas) más los no convencionales (desalación y reutilización), determinan los recursos disponibles garantizados, que es la cantidad de agua de que realmente se dispone para atender demandas en una cuenca determinada. Efectivamente si se realiza un balance hídrico en el esquema de utilización que se representa a continuación, se tiene que:

$$A_2 = A_1 - C_1 - C_2$$

$$A_2 = A_1 + D_b + D_n - D_n + R$$

$$A_2 = A_1 - D_b + R$$

$$D_b + A_2 = A_1 + R$$

- A_1 : Aportaciones de la cuenca (convencionales y no convencionales).
 A_2 : Aportación de la cuenca aguas debajo de una demanda cualquiera.
 D_b y D_n : Valores de demanda bruta y neta respectivamente.
 R : Retorno al cauce de dicha demanda.
 C_1 y C_2 : Consumos respectivos entre la demanda bruta y la neta y entre la demanda neta y el retorno.

¹ Libro: Gestión de recursos hídricos: Luis Balairón Pérez.

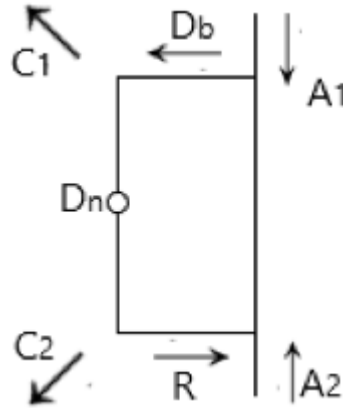


Figura 1: Esquema de aportes y demandas. Fuente: Libro: “*Gestión de recursos hídricos: Luis Balairón Pérez*”.

Si se supone que toda la aportación A_2 aguas debajo de esta demanda se vaya a utilizar para satisfacer otras demandas y esta ecuación de balance se hace extensiva a toda la cuenca, podría escribirse de la siguiente manera:

$$\sum D_{bi} = \sum A_i + \sum R_i$$

Es decir, el total de las demandas brutas que puede atenderse en una cuenca es la suma del total de las aportaciones disponibles de dicha cuenca y de los retornos de las propias demandas. Si se relacionan los retornos con las demandas brutas mediante el coeficiente de retorno ($C_R = R / D_b$), y se supone que éste es igual para todas las demandas, la anterior ecuación también se puede escribir de la siguiente manera.

$$\sum D_{bi} = \sum A_i / (1 - C_R)$$

En el caso de usos no consuntivos ($C_R = 1$), la demanda total que podría atenderse en una cuenca determinada sería ilimitada en lo referente a disponibilidades hídricas (lo cual es lógico ya que no habría consumo de agua) y en el caso contrario de un uso absolutamente consuntivo ($C_R = 0$), el valor de la máxima demanda que podría atenderse sería el de la aportación total (toda la aportación se consumiría en ese hipotético uso).

En cualquier caso, el único interés de conocer la cifra de las máximas demandas que pueden atenderse en una cuenca determinada tiene el valor de disponer de una cota máxima, teórica e inalcanzable, de los máximos usos del agua que pueden realizarse en ese territorio.

Para satisfacer dichas demandas de agua es para lo que se construyen principalmente las obras Hidráulicas. Éstas son, por tanto, un medio para lograr un fin determinado, no constituyen un fin en sí mismas. Bajo la definición de Obra Hidráulica se incluyen todas las construcciones que tienen por objeto fundamental modificar de alguna forma el curso natural del agua para hacerla útil al hombre, sea proporcionándosela o protegiéndole contra sus peligros. Su importancia es obvia, ya que en ocasiones las dificultades para satisfacer las demandas no son debidas a la falta de agua, sino a la incapacidad para atender los caudales punta que en determinados momentos son solicitados por los usuarios.

Administrativamente, la actual Ley de Aguas de 1985 no dice nada sobre la regulación de las obras hidráulicas; sin embargo, la modificación de la ley en 1999 define, en su artículo 114, el termino obra hidráulica como “La construcción o instalación cuya finalidad principal sea la producción, conducción, conservación, regulación uso o aprovechamiento de las aguas integrantes del dominio público hidráulico, así como su saneamiento y depuración y las que tengan como objeto la actuación sobre cauces y la protección frente a avenidas”. En dicha Ley de aguas se dedica un título nuevo (VIII: De las obras hidráulicas de interés general) a la regulación administrativa de las obras hidráulicas, estableciéndolos supuestos en los que una obra hidráulica es considerada de interés general y el tratamiento que en esas circunstancias deba proceder. De esta manera, el régimen jurídico de las obras hidráulicas se equipara al del resto de las obras públicas.

En cualquier caso, según su objetivo funcional, las obras hidráulicas admiten la siguiente clasificación:

- Obras de almacenamiento superficial.
 - Presas (Gravedad, materiales sueltos, hormigón compactado, etc).
 - Azudes de derivación.
- Balsas o depósitos de regulación.
- Obras de transporte y derivación.
 - o Canales.
 - o Acueductos.
 - o Sifones.
 - o Tuberías a presión
 - o Túneles.
- Obras de defensa contra inundaciones.
 - o Embalses de laminación.
 - o Encauzamientos y obras de protección y corrección de cauces.
- Estaciones de bombeo
- Aprovechamientos hidroeléctricos.
- Obras de saneamiento y depuración.
- Obras de potabilización
- Obras hidráulicas
 - o Instalaciones de reutilización
 - o Instalaciones de desalación.
 - o Instalaciones de navegación y transporte.
 - o Pasos para peces.

La garantía de la demanda queda definida por los siguientes parámetros, conforme a lo previsto en el Reglamento que desarrolla la ley de aguas de 1985:

- El volumen anual y la distribución temporal de los suministros necesarios, así como las condiciones de calidad exigibles.
- El nivel de garantía de los suministros para los diferentes usos.
- El consumo bruto, es decir, la porción del suministro que no retorna al sistema hidráulico.

- El volumen anual y la distribución temporal del retorno y previsión de la calidad previa a cualquier tratamiento.

La garantía es el último de los datos necesarios para definir una demanda de agua. Durante los últimos años se han propuesto distintas formas de determinar la garantía del suministro, no habiendo sido aceptada ninguna de ellas de modo universal. Cabe destacar que la aportación española en esta materia ha sido considerablemente importante. Su acepción más general consiste en definir la garantía como la probabilidad de que el sistema se halle en una situación satisfactoria, entendiéndose por tal aquella en que el suministro es superior a la demanda solicitada. Al precisar lo que se entiende por estar en una situación satisfactoria es cuando aparecen los distintos índices de garantía.

Os indicadores definidos bajo la acepción general de la garantía presentan el inconveniente de no considerar la diferente magnitud de los fallos. Es decir, se puede obtener un mismo valor de garantía tanto si los fallos se producen de forma catastrófica como si corresponden a situaciones en las que el suministro es solo ligeramente inferior a la demanda. La garantía obtenida de esta forma representa solamente una dimensión de comportamiento del sistema, sin tener en cuenta la importancia de los fallos ni la secuencia en que se presentan.

Factores que afectan al valor de la garantía:

Para que la aplicación de la garantía sea verdaderamente efectiva, es imprescindible que todos los factores que influyan en su valoración numérica presenten la necesaria homogeneidad.

En lo que se refiere a la longitud del periodo de análisis, conviene señalar que a medida de que este periodo aumente, la garantía disminuirá. Por tanto para que os cálculos sean comparativos, deberán referirse a períodos de igual longitud comprendiendo los mismos años. En nuestro trabajo, el periodo de estudio será de 11 años (1974 – 1985) y para crear el modelo de precipitación entre los años 2000-2100, hemos cogido los datos de precipitación entre los años (2000-2015) y posteriormente modificando la

demanda futura e introduciéndolos en Aquatool+ observaremos la evolución de las garantías.

En cuanto al volumen que consideramos embalsado al comienzo del análisis, puede tener gran efecto sobre el valor de la garantía, el factor de garantía sería muy distinto si la serie de aportaciones comenzase con el embalse vacío o con el embalse lleno, en este último caso se sobreestimaría el valor de la garantía, habitualmente se considera que al comienzo de los periodos de análisis, el embalse se encuentra al 50% de su capacidad.

La estrategia de explotación que se considere en los cálculos también repercute en el valor de la garantía. La práctica más usada es la “regla de operación estándar”, ésta es una regla bastante irreal, ya que nos indica que la demanda es constante hasta que el sistema no es capaz de satisfacerla, pudiendo llegar a agotar el embalse por completo. En la práctica, ante la proximidad de fallos importantes, los responsables de la explotación de los sistemas ponen restricciones en el suministro con el objetivo de limitar la repercusión de dichos fallos, como por ejemplo, el último 15% del agua del embalse que se denomina “embalse muerto”. Todas estas restricciones deben ser incluidas en el proceso de cálculo con el fin de simular con el mayor realismo posible el futuro comportamiento del sistema.

En cuanto a la economía de escala, los costes unitarios resultantes de la infraestructura disminuyen a medida que el tamaño de la obra aumenta, también es cierto que cuantas menos estructuras dispongamos para atender las demandas, mayores serán los efectos derivados de los fallos que puedan cometerse. Respecto a la eficiencia, cuanto más eficiente sea un sistema, menor capacidad de respuesta tendrá a situaciones deficitarias no previstas, disminuyendo por tanto la garantía.

El problema de la garantía de forma tradicional a la hora de determinar el volumen de embalse necesario para satisfacer la demanda, u obtener la demanda que podemos satisfacer con un volumen de embalse, se resuelve adoptando por acuerdo un valor de la garantía. Una vez fijado este valor, se halla el volumen mínimo necesario para

satisfacer dicha demanda a partir de las aportaciones naturales disponibles, en todo momento obedeciendo a los valores de garantía fijados inicialmente.

Para elegir este umbral de garantía, se basa en una comparación económica del coste que representa para el organismo responsable del sistema del sistema de explotación aportar más seguridad frente al coste que representa para los usuarios disponer de una menor seguridad.

Índices de garantía

Para definir la seguridad del suministro se definen unos índices de garantía, que pueden estar basados en:

- La ocurrencia de fallos: Son los más usados, consisten en definir la garantía como la probabilidad de que el sistema se encuentre en una situación satisfactoria, es decir, que el sistema si pueda aportar la demanda requerida. La probabilidad de que falle el sistema se denomina riesgo de fallo. Se suele adoptar el año como intervalo de tiempo. Y obedece a la siguiente ecuación:

$$G_a = 1 - \frac{M_a}{N}$$

G_a = Garantía anual.

M_a = Número de años en que se produce el fallo.

N = Número total de años

En el caso de que el intervalo fuese un mes, la formula cambiaria a:

$$G_m = 1 - \frac{M_m}{12 * N}$$

G_m = Garantía anual.

M_m = Número de años en que se produce el fallo.

N = Número total de meses.

El principal inconveniente de este índice basado en la ocurrencia de fallos es que no distingue entre magnitudes de fallo ni consecuencias del mismo.

- Índice basado en la duración del fallo: Este índice implica tanto los suministros como las demandas como elementos continuos en el tiempo. Dicha garantía se tiene como unidad de medida el mes y obedece a la siguiente ecuación.

$$Gt = \frac{1}{T} * \sum_{R(t) > D(t)} \Delta t$$

G_t = Garantía temporal.

T = periodo de operación total.

Δt = suma de todos los periodos sin fallo.

$R(t)$ = Suministro

$D(t)$ = Demanda

- Índices basados en la severidad de los fallos: La función de estos índices es describir la magnitud de los fallos, entre los más simples encontramos el déficit, que es la diferencia entre la demanda y el suministro. El cuerpo de ingenieros de la cuerpos de la marina de EEUU utiliza el concepto de índice de escasez (e), definido como la suma de los cuadrados de las relaciones anuales entre déficit y demanda, en tanto por ciento y dividida por el número de años de la operación.

$$e = \frac{100}{N} * \sum_1^N \left[\frac{\text{Deficit anual}}{\text{Demanda anual}} \right]^2$$

- Índices basados en la repercusión económica de los fallos: Este concepto hace referencia a la repercusión de los fallos, de tal modo que un sistema será tan vulnerable como alta sea dicha repercusión. Podremos tomar como valor de las debilidades la media de los déficits máximos que se producen en cada secuencia de años consecutivos con fallo.
- Relaciones entre los índices: Para una demanda constante, las garantías anuales, temporales y volumétrica descritas anteriormente tiene que cumplir:

$$G_a < G_t < G_v$$

Debido a que la mayor parte de los años con fallo contienen periodos de operación sin fallo y además en dichos periodos, los desembalses no son siempre nulos.

Caudal mínimo ecológico

Cuando los requerimientos medioambientales vienen definidos por atenciones meramente hidrológicas cuantitativas, se habla de un *Caudal mínimo hidrológico*. Este caudal mínimo no debe ser el que había antes de que la actividad humana lo modificase, porque nos obligaría a tener unos caudales tan grandes que no podríamos disponer del agua requerida para el uso humano.

El método para su determinación viene basado en la fijación de unos caudales mínimos a través de fórmulas o relaciones porcentuales.

En la cuenca del río Tajo, que es nuestro lugar de estudio no están aprobados estudios específicos y siempre que no esté fijado por otra normativa, se define la demanda medioambiental, de manera orientativa y de aplicación en condiciones hidrológicas normales, y siempre que no afecte a las garantías de otros usos preestablecidos, como el volumen mensual equivalente al 50% de la aportación mensual media en los meses de verano, medida en la serie de aportaciones naturales considerada en el plan.

Una vez establecidos los requisitos medioambientales del río, se presenta el problema de garantizar dicho caudal pese a los obstáculos que las obras de regulación suponen. Se optará por la creación de pasos, escalas de peces, estos son dispositivos que permiten a ciertas especies de peces franquear los obstáculos que suponen las presas.

Para que estas escalas o pasos para peces cumplan su cometido es necesario que cumplan ciertos requisitos, entre ellos podemos encontrar:

- Seguridad de que cumplan el cometido para el que fue instalado, sea cual fuere el nivel del río aguas arriba y aguas abajo del obstáculo.
- La velocidad de la corriente en el paso o escala debe ser en función de la velocidad máxima de natación de los peces, longitud del dispositivo y de la situación del mismo a lo largo del curso del agua.
- Las dimensiones del dispositivo han de ser suficientemente grandes como para permitir el tránsito por el de todos los peces que lleguen hasta allí.
- Dichas construcciones deben estar protegidas contra la acumulación de arenas por sedimentación, así como de pescadores furtivos.

El beneficio obtenido en la recuperación del río gracias al mantenimiento de la demanda ambiental, se refleja en varios aspectos como:

- Restauración del ecosistema, es el efecto directo de mayor importancia basado con el mantenimiento del caudal ecológico en el río. Logrando así fauna y flora autóctona.
- Posibilidad de nuevos lugares lúdicos o recreativos. Manteniendo el caudal ecológico, se pueden crear nuevas posibilidades a los cauces como en las orillas de los ríos. En general, en los ríos regulados en tramos bajos, el factor limitante es la calidad y en los tramos medios la cantidad.²

En el apartado de Materiales y método indicaré los procedimientos llevados a cabo para la obtención de los datos geológicos, hidrogeológicos e hidráulicos. Para llevar a cabo la localización y obtener los planos geológicos de la zona en la que se llevará a cabo la obra he ido a la página del instituto geológico y minero de España, para la topografía y cartografía, he ido a la página de IDEE y he obtenido las hojas cartográficas en formato .pdf y .dxf para tratarlas posteriormente en Quantum Gis. Para la realización de la predicción hidrológica, he adquirido el histórico de precipitaciones de la estación meteorológica de Cáceres entre los años 1982 – 2013³, situada en el

² Libro: Gestión de recursos hídricos: Luis Balairón Pérez.

³ Datos obtenidos de la página web www.datosclima.es y www.AEMET.es

instituto Profesor Hernández Pacheco en la ciudad de Cáceres (39° 28' 15" N 6° 23' 08" W - 460 m) situado en una zona periurbana de interior.

2 - OBJETIVOS.

El objetivo de este Trabajo Fin de Grado se centra principalmente en el cálculo del volumen que tendremos que incrementar el embalse del Guadiloba para que en un futuro se cumpla la garantía de suministro a las ciudades de Cáceres, Malpartida y Sierra de Fuentes, y solo se utilice la impulsión del río Almonte cuando nos encontremos en situación hidrológica de prealerta. Para ello se deberá hacer un estudio hidrológico de las aportaciones que llegan al embalse. También presentaré la alternativa constructiva que a mi forma de ver, será la más adecuada para llevar a cabo el objetivo.

3- ANTECEDENTES

El embalse del Guadiloba comenzó sus obras en 1971, después de 2 años de proyecto y estudios comenzados en 1969, anteriormente, la ciudad de Cáceres se abastecía por medio de pozos, ya gracias a ellos se llenaban depósitos de abastecimiento mediante los cuales se distribuía el agua a la ciudad. Debido al crecimiento poblacional y a la disminución del nivel de los acuíferos de los que bebía Cáceres, se decide poner en estudio la creación de una alternativa para dar abastecimiento de una forma más constante a la ciudad de Cáceres para los años venideros⁴.

Hasta la fecha, se han propuesto cantidad de alternativas para aumentar la cantidad y seguridad del abastecimiento a la ciudad de Cáceres y pueblos colindantes

⁴ Proyecto de abastecimiento a Cáceres 1969

(Sierra de Fuentes, Torrequemada, Torreorgaz, Torremocha, Malpartida de Cáceres) entre otros, pero por motivos medioambientales, económicos o sociopolíticos, no se han logrado llevar a cabo y así no consolidar un abastecimiento seguro y de calidad. Los proyectos que más relevancia han tomado han sido:⁵

3.1 - Proyecto de azud en el río Almonte:

Este proyecto propone la construcción de un azud de derivación de 2 Hm³ aguas debajo de la captación que abastece al embalse del Guadiloba, los impactos ambientales son relevantes, ya que se modifica la dinámica fluvial afectando tanto a especies amenazadas como endógenas, el impacto económico de ésta opción es escaso debido a la poca importancia de la obra civil, no siendo menor la actuación a realizar, los costes de esta actuación se acercan a los 35 millones de € sin incluir desviaciones previas del río Almonte, las consecuencias de tomar esa opción como alternativa es el incremento de la seguridad del suministro, no influyendo en la calidad del agua suministrada en la actualidad.

3.2 - Mejora de la gestión de la demanda:

Esta alternativa a nivel medioambiental es la más idónea, ya que no tiene impacto ninguno, puesto que la gestión se haría sobre las conducciones existentes. En el ámbito socioeconómico no tiene impacto susceptible de ser mencionado. Los costes referentes a esta alternativa, son muchísimo menores a los que serían desembolsados al construir grandes infraestructura. La seguridad en el suministro sería mayor que el abastecimiento actual, estando limitada aun así por la capacidad de almacenamiento del embalse del Guadiloba o la impulsión del Almonte. La calidad del agua gestionada aumentaría no de forma

⁵ Situación del proyecto de regulación del río Almonte para garantizar el abastecimiento de agua a Cáceres. WWF.

significativa a no ser que las conducciones principales fuesen renovadas, en tal caso, el desembolso que habría que hacer, sería mayor.

3.3 - Mejora de captación del río Almonte:

Los impactos medioambientales serán muy escasos y localizados sobre todo en las zonas donde se llevarán a cabo las obras, y por un corto periodo de tiempo, el impacto socioeconómico es poco relevante debido a la poca entidad de la obra, los costes de ésta serían aproximadamente de unos 4,5 mill. €. La mejora de la captación permitiría una mayor seguridad en el suministro evitando así las posibles inhabilitaciones como sucede en la actualidad, aunque con el volumen aportado, el suministro a Cáceres no se ha visto comprometido, lo cual permite un cierto margen de seguridad con la captación a pleno funcionamiento. La calidad del agua será la misma que en la actualidad al mezclarse con las aguas del Guadiloba, por tanto, la calidad se consideraría buena.

3.4 - Utilización de las aguas del embalse del Salor:

El impacto medioambiental de esta obra sería asumible puesto que casi la totalidad de las obras están realizadas, a excepción de las conducciones hasta Cáceres y un sistema de bombeo. Las arboledas cercanas a la zona del embalse son zona de interés ornitológico, ya que en invierno se refugian allí numerosas especies como Grulla común, cormorán Grande, especies anátidas, y en época de reproducción se dejan ver Milanos reales y negros además de águilas ratoneras y águilas culebreras, así como cigüeñas blancas, debido a este interés, se debería extremar el cuidado a la hora de realizar las obras. El impacto socioeconómico es variable, predominando los impactos positivos sobre los negativos. El uso del embalse del Salor, actualmente es de riego sobre unas 200 Ha de pastizal para ganado, el cual no es el medio principal de ingresos para los

ganaderos. Por tanto el cambio de usos de agua de este embalse no supondría un grave problema social en la zona afectada. El precio de esta alternativa, costaría alrededor de los 60 mill. €, Incluyéndose en este precio además de la obra civil (conducciones, depuradoras, potabilizadoras), la inversión del rescate de las actuales concesiones y algunas obras de infraestructuras. La complejidad de devolver la calidad anterior representa un capítulo muy importante, debido al vertido de todo tipo, también se considera sobrevalorada la estimación del precio, forzando su desestimación y el mantenimiento de los actuales usos del agua, así como las construcciones ilegales que se encuentran en la cola del embalse.

La conexión del Salor a Cáceres, aportaría 14 Hm³ nuevos a la red de suministro no solo de la ciudad sino a todas las localidades que se nutren de esta conexión Almonte-Guadiloba. La calidad de las aguas aportadas es la mayor baza de esta alternativa, ya que al no prohibirse la construcción de viviendas ilegales y su vertido de aguas residuales además de los usos ganaderos, han sido los principales causantes de la deficiente calidad del agua.

3.5 - Utilización de las aguas del embalse de Portaje.

El embalse de Portaje presenta una lámina de agua muy constante debido al poco uso que se le da a este embalse, debido a esto, se ha podido crear una zona de descanso migratorio avícola como espátulas, limícolas, anátidas y águilas pescadoras. En caso de que se decida abastecer a Cáceres con el agua del embalse de Portaje, se modificarán las condiciones actuales en cuanto al nivel del agua, por tanto, habrá que tener en cuenta y modificar las afecciones lo menos posible. Los costes socioeconómicos serían mínimos, puesto que a día de hoy, del embalse de Potajes solo beben las localidades de Portaje y Torrejoncillo, las cuales no se verían afectadas en ningún sentido.

El impacto económico es considerable, pues se trata de una conducción bastante larga (60 km aprox.) con su soterramiento incluido, hasta el Guadiloba

u otro lugar por determinar, ésta opción ha sido sugerida por Confederación Hidrográfica del Tajo, habiéndose hecho los estudios de viabilidad, fijaba el precio final de la obra en unos 50 mill. €, fijando así un precio de 0.22€/m³. La calidad del agua que se traería desde Portaje es notablemente mayor de la que se dispone en el embalse del Guadiloba debido a que la zona de Portaje no recibe ningún contaminante urbano y se encuentra en un área bastante poco poblada.

3.6 - Recrecimiento del Embalse de Guadiloba:

La situación del embalse, en la zona de los Llanos de Cáceres, se trata de un área de interés para la conservación de aves, (Zona ZEPA) en especial para la avutarda.

El recrecimiento del cuerpo de presa inundaría un número indeterminado de hectáreas pertenecientes a la ZEPA y modificaría el actual perímetro, circunstancia que afectará a algunas poblaciones de aves, no obstante las especies más afectadas son nidificantes oportunistas en isletas y orillas poco transitadas. El impacto socioeconómico no es de mayor relevancia que la pérdida de superficie de cultivo de secano y pastoreo vacuno y ovino, probablemente la mayor afección socioeconómica sea la interferencia de las obras con el suministro de agua.

El ámbito económico se vería influenciado por el tamaño del recrecido y así la cantidad de agua que se fuera a almacenar, del orden de 10-15 Hm³, de cualquier forma, esta opción sería más barata que la construcción de la presa del Almonte. La seguridad del suministro es menor que en otras opciones, pero se podría mantener operativa la toma del Almonte, para así en situaciones de más desfavorables se podría sufragar la demanda.

En este proyecto estudiaré los métodos de aumentar la capacidad de este embalse buscando la idoneidad técnica, medioambiental, socioeconómica y económica.

3.7 - Utilización de las aguas del Calerizo:

El impacto ambiental es mínimo puesto que no se interfiere ni en la flora ni la fauna de la zona donde se encuentra el acuífero del que se pueden llegar a extraer hasta $1\text{Hm}^3/\text{año}$, hasta el año 1972 se obtenía agua de este acuífero, pero la sobreexplotación hizo que el nivel de éste descendiera 30m de su nivel natural. Debido a ello, se limitó el uso de esta agua de baja calidad a $0.8\text{Hm}^3/\text{año}$ para su uso en baldeos de calles y riegos de jardines. El impacto socioeconómico es inexistente puesto que no se afecciona a ninguna propiedad. El coste económico sería reducido porque la infraestructura que se usó entre los años 50 y 70 sigue en pie, por tanto su utilización puede ser factible haciendo una inversión reducida y estar operativa en un corto periodo de tiempo. El empleo de éste tipo de agua no da más seguridad en el abastecimiento, pero sí ayudaría a aliviar la presión del uso de aguas de mejor calidad.

Con la problemática actual del déficit continuado en el embalse del Guadiloba y el continuo crecimiento de la ciudad de Cáceres, así como la incapacidad de tratar el agua demasiado “dura” con una alta concentración en sales disueltas del Calerizo, la opción que tomo para resolver esta problemática es aumentar la capacidad del embalse que se nutre del río Guadiloba con un caudal medio de $0.352\text{m}^3/\text{s}$.

4 - MATERIALES Y METODOS

Para obtener unos datos lo más fiables posible y que más se asemejan a la realidad, analizaré de manera más pormenorizada la información geográfica, geológica, hídrica e hidrológica además de hacer un modelo predictivo con el programa HBV Light⁶ para obtener el modelo predictivo con los efectos de

⁶ Seibert (2005)

cambio climático para luego introducir los resultados en el programa Aquatool+, el cual nos dará la garantía consuntiva de nuestro sistema formado por las aportaciones del río Guadiloba, la impulsión del Almonte y las demandas de Cáceres, sierra de fuentes y Malpartida de Cáceres para posteriormente tomar las soluciones pertinentes.

4.1 – Localización.

El embalse del Guadiloba se encuentra en la localidad de Cáceres, en la zona ZEPA de los llanos de Cáceres y Sierra de Fuentes a aproximadamente a 11 km. desde el centro de la ciudad, y a 13 km. de Sierra de Fuentes. El cuerpo de presa está orientado al Norte Oeste, entre las coordenadas:

(39° 29' 09''.67 N - 6° 17' 54''.13 O) estribo Sur

(39° 29' 24''.00 N – 6° 17' 45''.00 O) estribo Norte.

Podemos acceder al embalse desde dos carreteras distintas:

Desde el sur, desviándose en la N-521 en el P.K. 39+250 dirección norte.

Desde el norte, por la carretera EX-390 en el P.K. 5+550 desviándonos por el camino sin asfaltar de Perodosma de Arriba, seguimos este camino durante 4 Km, a continuación torcemos hacia la derecha por otro camino sin asfaltar y a 1,4 Km. nos encontramos el embalse.

La cuenca del río Guadiloba de superficie 135 Km² y obtenida mediante Quantum-Gis se encuentra en el anejo de planos, Plano nº 1.

El embalse ocupa una superficie a NMN a cota 359 m.s.n.m. de 223 Ha.

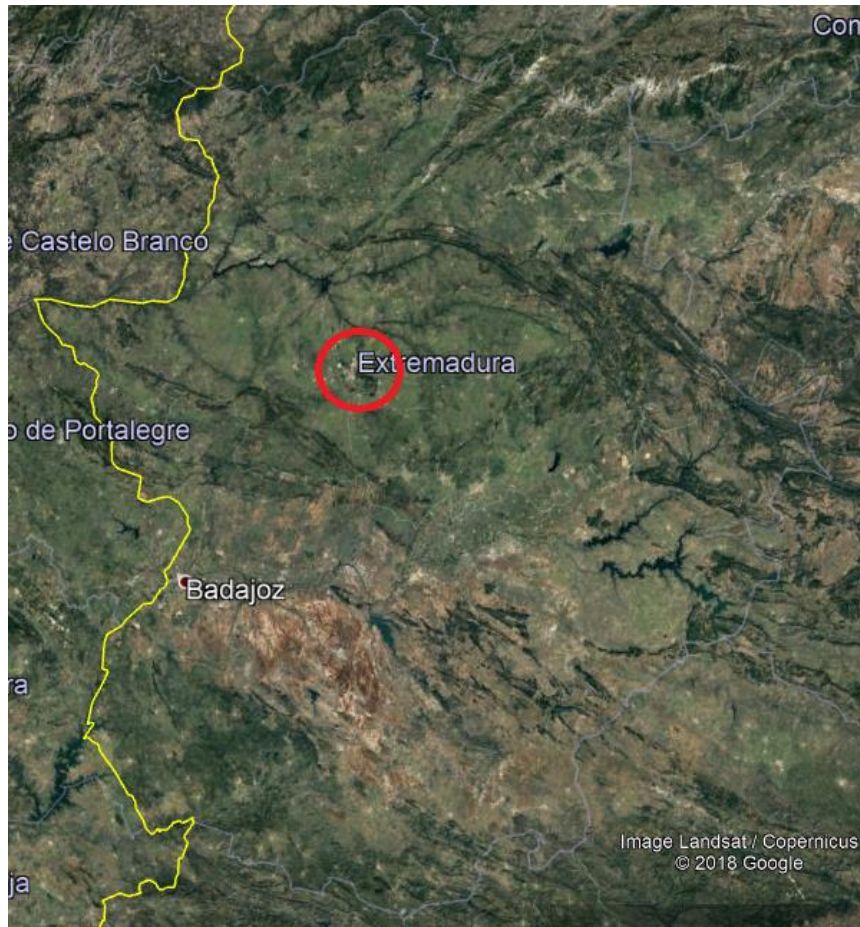


Figura 2 - Localización del embalse de Guadiloba a nivel regional

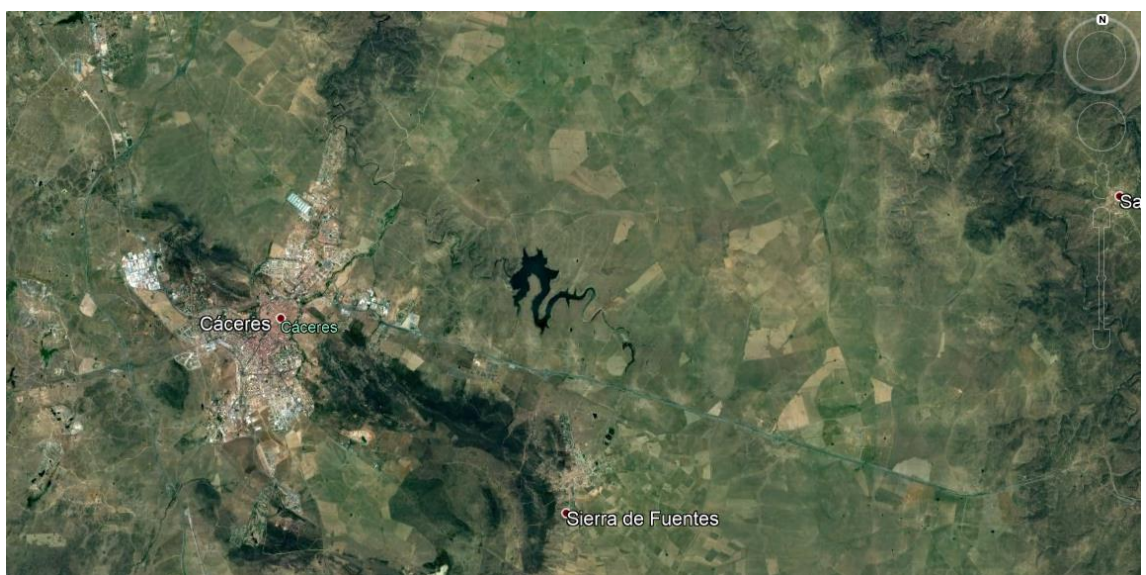


Figura 3: Localización del embalse a nivel local.



Figura 4: Embalse del Guadiloba Ubicación

4.2 - Geología.

Introducción.

Con el fin de obtener una orientación sobre las características geológicas y sísmicas de los terrenos que modificaremos en nuestro proyecto de aumento de capacidad al abastecimiento de Cáceres, se ha realizado un reconocimiento general de la geología general, más exhaustiva en las zonas de obra y movimiento de tierras.

Por tanto, este informe contendrá los resultados del estudio realizado y reconocido sobre terreno.

4.2.1 – Estratigrafía.

Visto de forma general, la zona de estudio de obra, se encuentra sobre terrenos pertenecientes al periodo del Paleozoico, formados casi en su totalidad por pizarras pertenecientes al Cámbrico y Silúrico con salientes graníticos en la zona oeste de la Ciudad de Cáceres. La zona de la ciudad de Cáceres, formado por: Pizarras y Tuff volcánicos, calizas, Pizarras y terreno Aluvial, forman el conocido Sinclinal de Cáceres, que hace que bajo la capital Cacereña, se asiente un subsuelo formado por rocas calcáreas del periodo Carbonífero Inferior, de las cuales se extraía abundante agua y cal utilizadas para la construcción⁷.

En el campo tectónico, el conjunto geológico, tiene una alineación típica herciniana, (Ciclo orogénico desarrollado durante el Paleozoico Superior, aproximadamente entre 400 y los 230 millones de años atrás.) afectó al centro y al sur de Europa, dando como resultado una serie de alineaciones montañosas al borde de los macizos precámbricos y caledonianos. Restos de estas cordilleras se hallan en el Macizo Galaico y Meseta Española, así como en las Cordilleras Alpinas con orientaciones NO-SE con inclinaciones medias comprendidas entre 40° y 60° hacia el NE.

Esta geología, unida a la lenta erosión debida a estar siempre por encima de la superficie del agua, ha provocado la formación de amplias penillanuras, dando la impresión de formar un gran monoclinal de inclinación NE.

En las proximidades donde se desarrollarán las obras, en la zona de la Perodosma predominan sobre todo las pizarras y cuarcitas, a continuación describiré las dos formaciones que se verán afectadas por la mejora.

- Pizarras

⁷ Plano N° 2: hoja geológica de Cáceres. Fuente. IGN.

Son unas pizarras silíceas, fácilmente laminables y descompuestas superficialmente debido a la meteorización, aumentando la calidad con la profundidad.

Como compuesto, se puede considerar bastante homogéneo a excepción de un grupo intermedio de arcillas entre la grauvaca: (Roca detrítica formada por la consolidación de los minerales que resultan de la disgregación del granito) y la ortocuarcita, con menor contenido en feldespatos, soportando de forma distinta la erosión, dando lugar a crestas.

Vetas y filones de cuarzo, de algunos cm. de espesor, se pueden encontrar en distintas direcciones, suponiendo que la cristalización se produjo previamente a la formación de la roca sobre la que se encaja, como relleno de fisura y grietas.

Dicha formación se considera impermeable en sí. Únicamente se consideraría la permeabilidad de la roca en las fracturas o fisuras de ésta. Sin embargo se ha observado en los ensayos que la forma de estos cuarzos incrustados se adapta perfectamente a los pliegos tectónicos, por lo tanto, las posibles fracturas quedan selladas en profundidad al haber tomado la roca la consistencia plástica durante su periodo de formación, pliegues y fracturas. Únicamente dichas roturas han dado lugar a zonas de debilidad o más meteorizable en la parte superficial, razón por la cual es posible distinguirlas a simple vista sobre el terreno.

Los distintos sistemas de diaclasas que encontramos tienen direcciones aproximadas de:

N 30/40° E - N 160/E a N-S con inclinaciones casi verticales o tendientes a 0 y al NO

Otro sistema que se cree horizontal, aunque variable, oscila entre:

N 20/40° E - 8/15° NO y

N 150/170° E - 20/30° NE

-Cuarcitas.

El único afloramiento destacable de la zona reconocida forma la cadena montañosa que atraviesa la ciudad en dirección NO-SE.

Estas pseudocuarzitas provienen de una zona arenisca bien consolidada por fuertes presiones, habiéndole faltado un contacto metamórfico para convertirlas en verdaderas cuarcitas por contacto con silicios.

Dentro de este conjunto se distinguen dos tramos, uno marginal en el que se distinguen perfectamente los granos de cuarzo, siendo así más disgregable la roca y otro de cuarcitas propiamente dichas, muy duras y resistentes.

Generalmente, los bancos se presentan bastante cuarteados y erosionados en superficie con una dirección de diaclasas muy variable, aproximadamente N 30 E subvertical. Asimismo, las direcciones de las capas no concuerdan con la tónica general herciniana (NO-SE) presentándose algo más inclinadas que el conjunto de las pizarras.

4.3 - Hidrogeología

4.3.1. Marco Hidrológico General

En la zona de actuación en concreto no encontramos masas de agua subterráneas significativas, la más cercana se encuentra en la zona del sinclinal de Cáceres formada por el Calerizo de unos 14 km² de superficie, que en corresponden a una extensión de unos 30 km² del que se pueden extraer hasta un total de 3 Hm³/ año aprovechando las fuentes del marco de las que emanan hasta 90 l/seg, la galería de desagüe de Mina Esmeralda 8 l/seg y la Fuente de la Alberca y Arropez 2 l/seg. Hasta el año 1972 Cáceres se estuvo abasteciendo del bombeo continuo de 95 l/seg. de dicho manantial.⁸

⁸ Blog geología Juan Gil Montes: Geología de "El Calerizo de Cáceres"

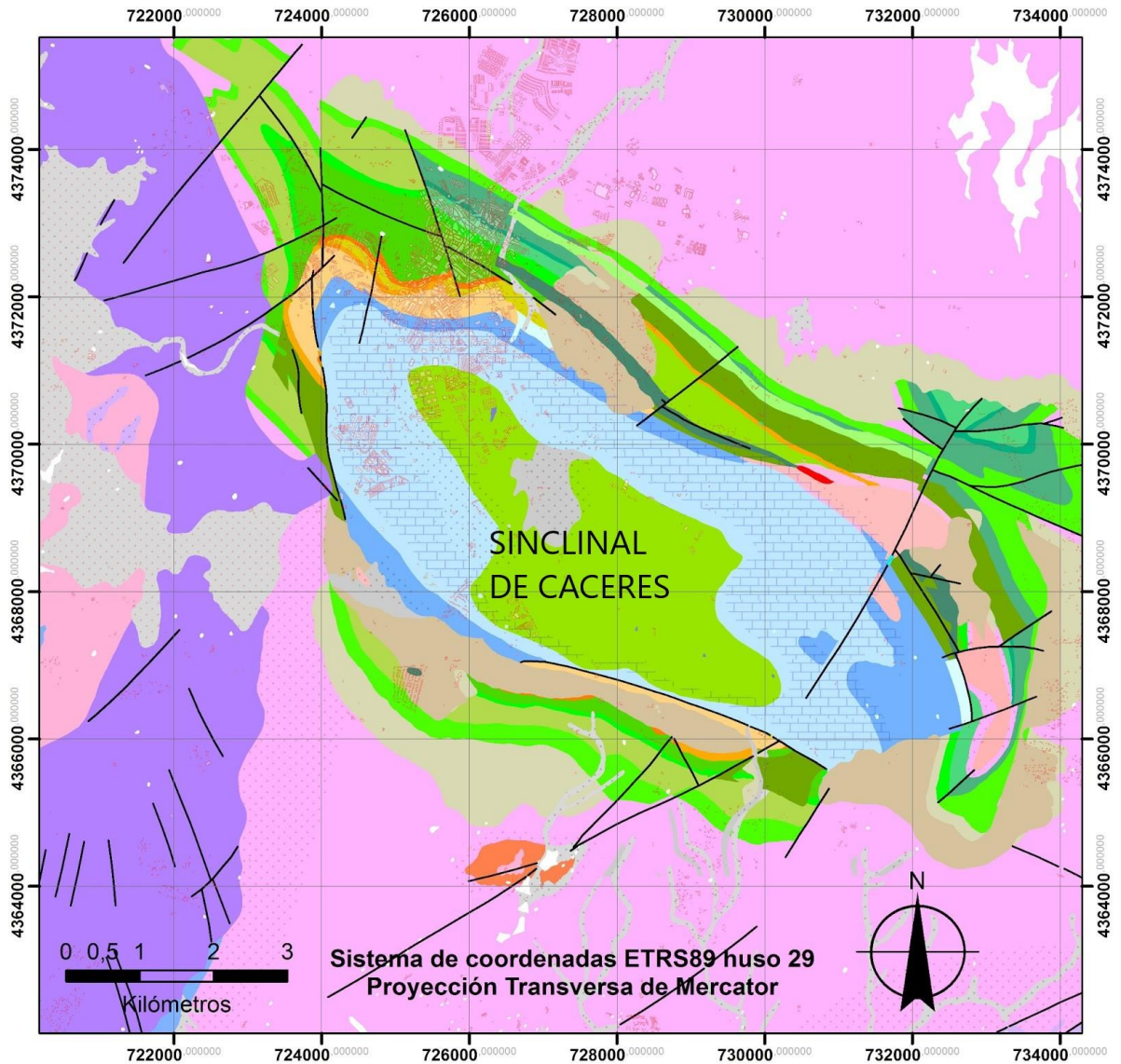


Figura 5: Detalle geológico del Sinclinal de Cáceres.

La masa de agua subterránea que algo podría influir a nuestro embalse es la Masa de agua de Galisteo de 732 km² Localizada en la provincia de Cáceres, al noroeste de Cáceres, al oeste de Plasencia entre Montehermoso y Cañaveral, limitando al suroeste con el embalse de Alcántara. Esta masa de agua está compuesta en un 85% de conglomerado, gravas, arenas y lutitas rojas, un 10% de gravas, arenas, limolitas y calizas en las zonas donde en la superficie existen ríos, (Alagón, Tajo y Jerte) y el 5%

restante lo componen pizarras, grauvacas, esporádicamente rocas carbonatadas, en concreto esquisto y cuarzdioritas.

Esta masa de agua se puede formar gracias a la alta y media permeabilidad de las rocas detríticas de la época cuaternaria.

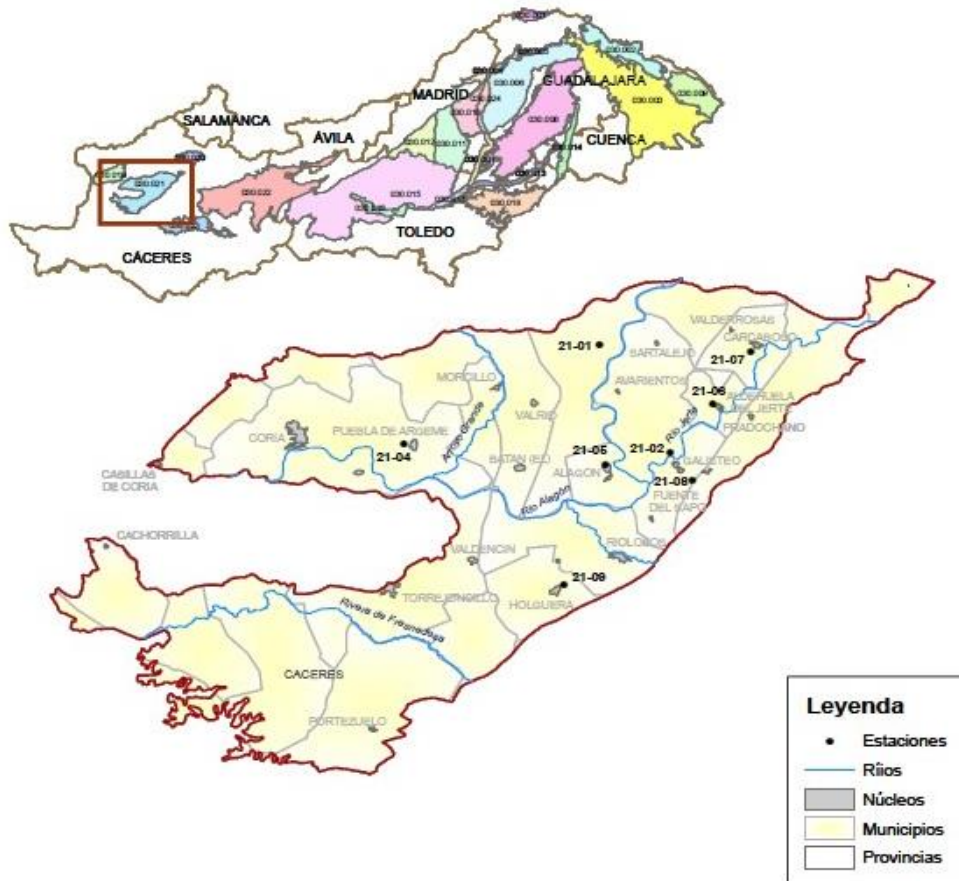


Figura 6: Masa de agua de Galisteo⁹

4.3.1.1. Presencia de acuíferos en el entorno y características geométricas y litológicas de los mismos.

Como anteriormente se expone, el único acuífero presente en la zona de estudio, es el del Sinclinal de Cáceres de forma ovalada con el eje mayor orientado al

⁹ Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente. Red de control de calidad de aguas subterráneas, confederación hidrográfica del Tajo.

NOROESTE - SURESTE, gracias al cual, la ciudad se pudo desarrollar en la época romana sobre el año 34 a.c.

Las características litológicas que permitieron la creación de dicho acuífero, se componen de un borde de cuarcitas impermeable, las cuales alojan en un estrato con doble afloración, que forman el cerro Romanos por el oeste y por el este Portanchito y Valdeflores, dentro de las cuarcitas, encontramos capas rocosas más permeables como son pizarras de la época ordovícica y cuarcitas silúricas, a continuación encontramos las zonas donde encontramos agua acumulada en una capa de calizas carboníferas comprendida entre dos capas de pizarras del silúrico-Devónico y una zona más superficial de pizarra carbonífera.

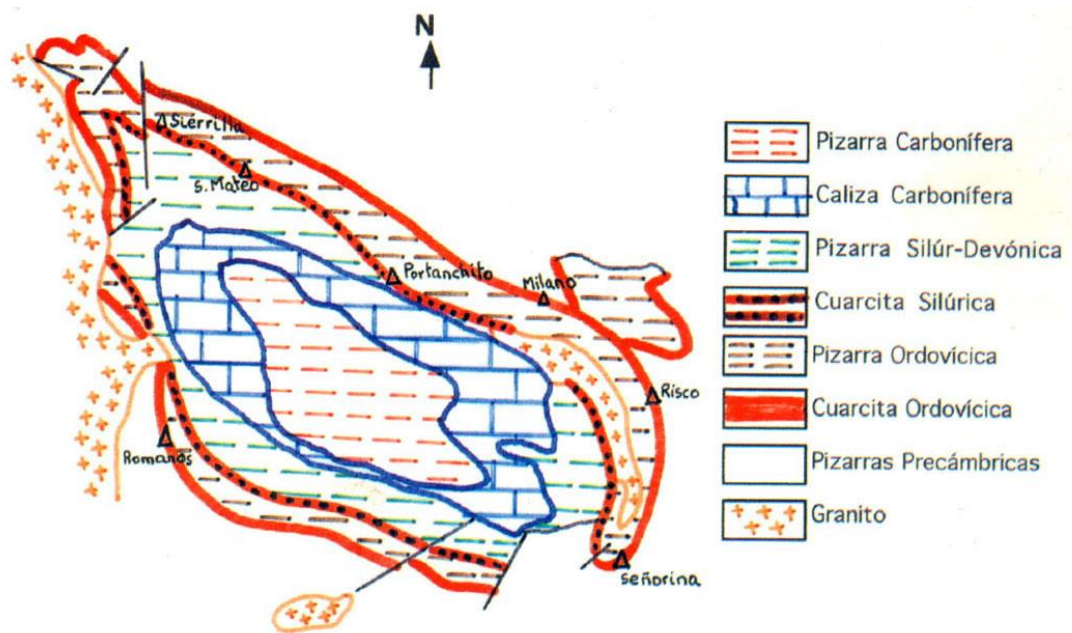


Figura 7: Estratigrafía del Sinclinal de Cáceres.¹⁰

¹⁰ Blog Calerizo primaria

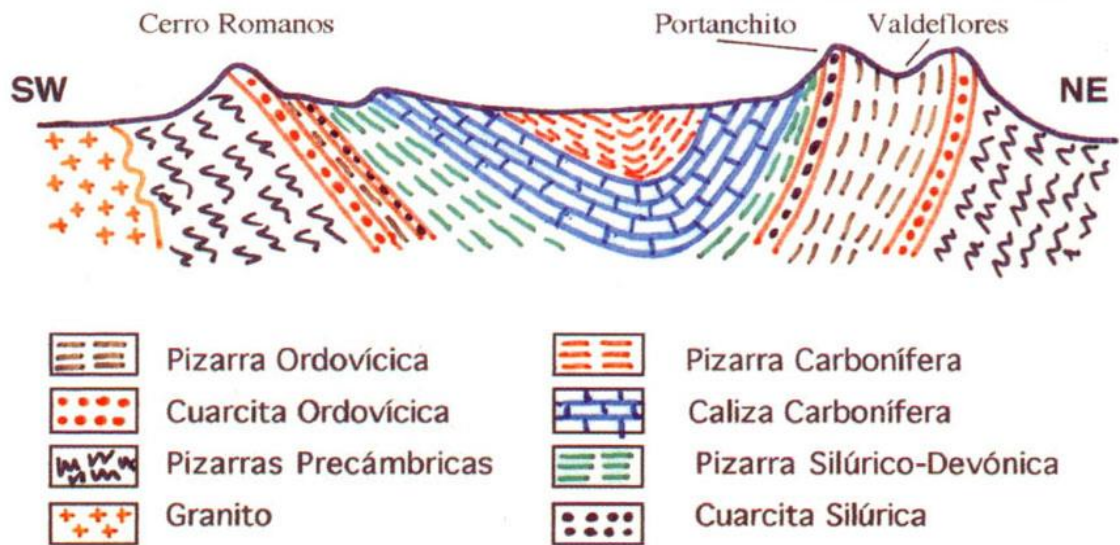


Figura 8: Corte SW-NE del sinclinal 10

4.3.1.2. Tipología de los acuíferos en función de sus características litológicas, según el tipo de hueco y según la presión hidrostática.

Según la litología, estamos ante un acuífero Kárstico ya que la zona donde se encuentra el agua es una caliza carbonífera que presenta pocas fracturas, este acuífero se encuentra entre dos pizarras, una superior carbonífera y la inferior silúrica.

Atendiendo la presión hidrostática, nos encontramos sobre un acuífero semiconfinado, ya que las capas de calizas sobresalen entre las dos pizarras superior e inferior.

4.3.1.3. Características piezométricas y flujo subterráneo.

Al ser un acuífero semiconfinado, el nivel piezométrico se encontrará al nivel de la presión atmosférica, excepto en la zona donde se encuentra la pizarra carbonífera que el nivel piezométrico aumenta ligeramente, el flujo subterráneo va desde la zona sureste hasta los manantiales de la ribera del marco y el desagüe de Mina Esmeralda entre otras.

4.3.1.4. Funcionamiento hidrogeológico.

El acuífero funciona como un embalse subterráneo, sometido en algunas zonas a presión, con ciclos de carga normalmente natural y descarga, ya sea artificial por medio de bombeos, y natural por medio de zonas de contacto con la superficie formando manantiales o fuentes naturales. A día de hoy, estas aguas del Calerizo solo se usan en situaciones de emergencia cuando la sequía

4.3.2 Hidrogeología Local

El acuífero que estamos estudiando, el Calerizo, localizado en Cáceres ha sido la principal fuente de abastecimiento desde que hay registros hasta el año 1972.

Por su caudal y volumen anual bombeado destacan la batería de sondeos de "El Marco", realizados por el Ayuntamiento para el abastecimiento de Cáceres entre 1.958 y 1.972, bombeando en la actualidad unos 95 l/seg de caudal continuo. Otros pozos de interés son: el de "Mina Esmeralda" que abastece al Campamento Militar y a la localidad de Valdesalor con bombeos de unos 10 l/seg y los destinados al Campo de Golf suministran unos 20 l/seg.

Las aguas que proceden de este acuífero cárstico, de acuerdo con los análisis efectuados son bicarbonatadas cálcico-magnésicas, presentando una moderada salinidad. Hay que destacar la elevada presencia de nitritos en todas las muestras analizadas, lo cual podría ser indicativo de una contaminación de tipo orgánico: fugas en la red de colectores del saneamiento de Cáceres y de los vertidos incontrolados de basuras sobre la superficie de "El Calerizo".

Del que se pueden extraer hasta un total de 3 Hm³/ año aprovechando las fuentes del marco de la que emanan hasta 90 l/seg, la galería de desagüe de Mina Esmeralda 8 l/seg y la Fuente de la Alberca y Arropez 2 l/seg. Hasta el año 1972 Cáceres se estuvo abasteciendo del bombeo continuo de 95 l/seg.

4.3.3 Características estructurales y análisis de la fracturación en acuíferos por fracturación

El acuífero más cercano a la zona de estudio del Guadiloba es el del Calerizo de Cáceres. Formado por los elementos explicados en apartados anteriores. Existen fallas y zonas de fracturación que no tienen relevancia en nuestro estudio pues no existe posibilidad real de que dicha falla sufra de un esfuerzo tal, que el acuífero pueda sufrir vaciados incontrolados.

4.3.4. Permeabilidad.

La permeabilidad de la zona geológica a estudiar está situada en una zona de baja permeabilidad con un coeficiente de permeabilidad $K \cdot 10^{-6} < K < 5 \times 10^{-6}$ m/s.¹¹

4.3.5. Caracterización geológica e hidrogeológica de la zona no saturada.

La zona de estudio no se encuentra incluida en ninguna unidad hidrogeológica, por tanto no existe zona no saturada.

4.3.6 Situación del nivel piezométrico local. Evolución temporal.

Teniendo en cuenta la cota del nivel freático en el momento actual (419 m.) y la de máxima profundidad de instalación de bombas (290 m.), el espesor del acuífero anegado que se podría explotar desde estas labores es de 129 m.

4.4 Presa de regulación La Perodosma.

Ubicada en el conjunto de pizarras con las características descritas en el apartado de geología. En la cerrada, la dirección de dichas pizarras es casi perpendicular al eje de la presa. A primeros rasgos, es una posición desfavorable, no

¹¹ Apuntes de la asignatura de Geotecnia Tema 4: El agua en el terreno.
Knappett, J.A. and Craig, R.F. (2012): *Craig's Soil Mechanics Eight Edition*. Spon Press, London.

solamente por presentar los estribos en el sentido más débil de las capas, sino además porque es la dirección más frecuente de diaclasas y fracturas es prácticamente normal a dicho eje, oponiendo la mínima resistencia a las filtraciones de agua a través del muro.

El alcance de estos inconvenientes en la mejora de dicho embalse no reviste gran importancia, pero se ha de tener en cuenta, ya que es un problema de fácil solución. El cual, vigilando las excavaciones y viendo la dirección de las pizarras y tapar dichas grietas o separaciones sería suficiente.

4.5 Datos de la cuenca.

En este apartado nos centraremos en la topografía y el estudio de los aportes a la cuenca del río Guadiloba que es el que suministra la mayoría de los aportes al embalse, objeto de estudio.

4.5.1 Estudio de Aportes

Los datos hídricos de nuestra cuenca los he obtenido de la web de la Agencia Estatal de Meteorología, desde el año 1974 hasta 1985, las precipitaciones han sido recogidas en distintos puntos de la cuenca donde se encuentran los pluviómetros, para introducirlas en los softwares de simulación se necesitan, para HBV-Light en precipitación diaria y para Aquatool+ mensuales.

La red pluviométrica que hemos considerado ha sido:

Estación 1: Casar de Cáceres (360 m.s.n.m).

Estación 2: Cáceres (440 m.s.n.m).

Estación 3: Malpartida de Cáceres (360 m.s.n.m.).

Estación 4: Torreorgaz (420 m.s.n.m.).

Estación 5: Trujillo (520 m.s.n.m.).

Estación 6: Ibahernando (510 m.s.n.m).¹²

La tabla con las aportaciones diarias se encuentra en el Anejo N° 2 Datos hidrológicos

La medición de las temperaturas diarias, que es como hay que introducirlas en HBV-Light las he obtenido de la base de datos histórica de la AEMET, los datos se encuentran en el Anejo N° 2: Datos hidrológicos.

El caudal que llega al embalse lo he obtenido de la base de datos de la AEMET.

El Estudio de avenidas lo haré de forma empírica. Par la formación de avenidas intervienen múltiples causas cuya posibilidad de coincidencia caracteriza el riesgo. La extensión de la cuenca es una de las causas principales, existiendo en general una buena correlación entre el área de la cuenca y la máxima avenida.

De las fórmulas que emplean la superficie de la cuenca como parámetro, usaremos las siguientes:¹³ Con S = Superficie = 135 Km²

Fanning: $Q \left(\frac{m^3}{s} \right) = 2.5 * S(km^2) = 338 \frac{m^3}{s}$

Dichens: $Q \left(\frac{m^3}{s} \right) = 6.9 * S^{\frac{3}{4}}(Km^2) = 275 \frac{m^3}{s}$

González Quijano: $Q \left(\frac{m^3}{s} \right) = 17 * S^{\frac{2}{3}}(km^2) = 446 \frac{m^3}{s}$

Ryves: $Q \left(\frac{m^3}{s} \right) = 8.5 * S^{\frac{2}{3}}(km^2) = 223 \left(\frac{m^3}{s} \right)$

Valentini: $Q \left(\frac{m^3}{s} \right) = 27 * S^{\frac{1}{2}}(km^2) = 313 \left(\frac{m^3}{s} \right)$

¹² Proyecto original de abastecimiento a Cáceres(1969)

¹³ Cálculo de caudales de avenida.

José Carlos Robredo Sánchez.
Prof. Titular de hidráulica e hidrología.
E.T.S. ingenieros de montes.
Universidad politécnica de Madrid.

5 - RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1 Proyección del modelo hidrológico

El análisis de los datos hidrológicos lo llevaremos a cabo con el programa HBV Light, para realizar un modelo conceptual del cálculo continuo de caudales, serán necesarios datos de caudales, nivel del embalse y datos de descarga del embalse en el caso de que se produjera, también necesitaremos datos medios mensuales de temperatura para la subrutina de nieve y valores medios de precipitación y evapotranspiración.

Los datos de las reservas medias mensuales los obtendremos de la página del CEDEX y los datos de los caudales los he obtenido con la diferencia de las reservas diarias obtenidas en el anuario de Aforos de la Pagina del CEDEX divididas entre la superficie de la cuenca y pasando las unidades de $\text{Hm}^3/\text{día}$ a m^3/s . Aunque el programa utilice intervalos de cálculo de 24h, también se pueden usar intervalos más pequeños.

El modelo HBV se compone de varias subrutinas.¹⁴

- 1 – Acumulación y fusión de la nieve.
- 2 – Evaluación de la humedad en el suelo.
- 3 – Generación de escorrentías.
- 4 – Procedimiento de propagación del caudal por el cauce.

Éste es un modelo de tipo distributivo, puesto que la cuenca principal se puede dividir en subcuencas, considerando las características geográficas, geológicas y holográficas de la misma, también se pueden tomar consideraciones edafológicas y faunísticas.

La subrutina de nieve se basa en una aproximación de la temperatura media diaria, sin tener en cuenta la elevación del terreno o vegetación del mismo. Si queremos que se

¹⁴ Diseño Hidrológico Sergio Fattorelli – Pedro C. Fernández
6. Modelo Hbv

tenga en cuenta la altura del terreno hemos de corregir éste parámetro con un gradiente de la temperatura llamado Parámetro Tcalt. De esta forma la temperatura se corrige teniendo en cuenta este promedio ponderado de las altitudes de las estaciones de temperatura en la cuenca o subcuenca y la altitud media de cada zona.

De la misma forma, la variación de la precipitación con la altitud puede ser corregida aplicando el mismo gradiente que para la temperatura. También existe un parámetro de corrección para la precipitación, con el que se puede estimar la precipitación media diaria en caso de que falten datos o haya errores en ellos.

Para el cálculo de la humedad en el terreno, principal control de generación de escorrentía, trabaja de forma independiente en cada subcuenca, en cada zona de elevación y vegetación. Para esta rutina, se usan tres parámetros empíricos β , Fc y Lp.

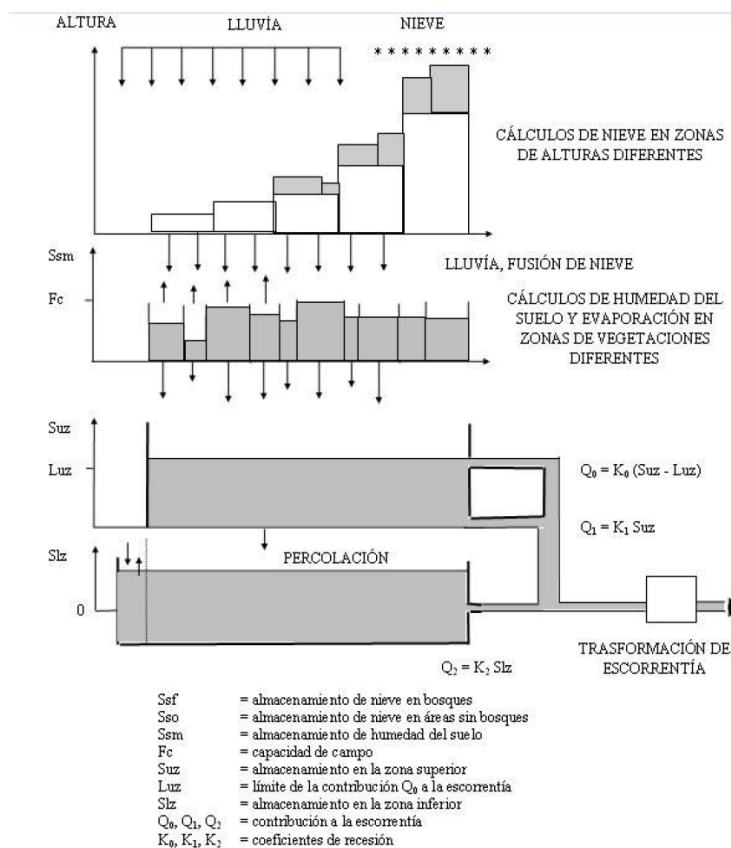
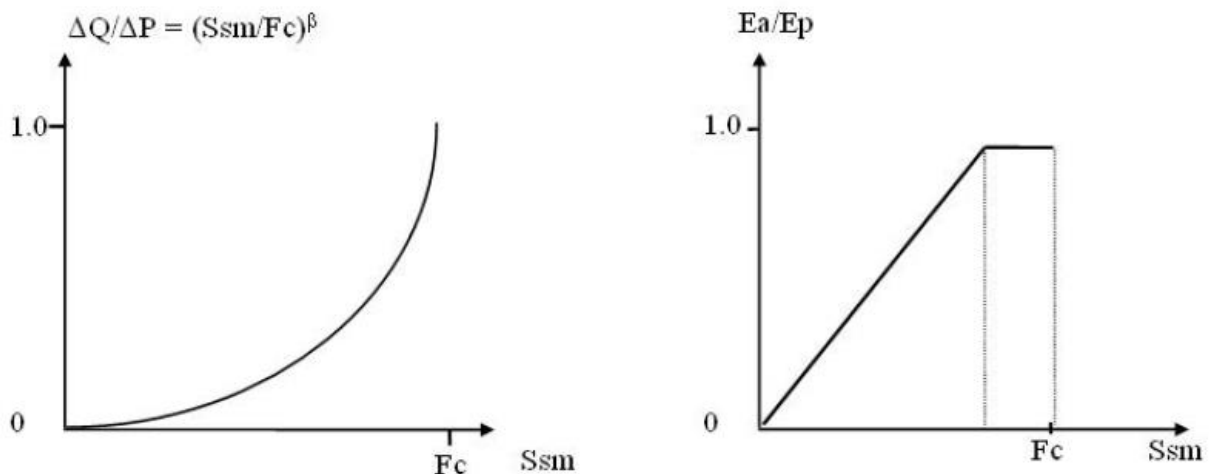


Figura 9 Estructura básica del modelo.

- β : controla la contribución de caudal a la respuesta de escorrentía (ΔQ) y aumento de la humedad en el terreno ($1-\Delta Q$). Para evitar problemas en la determinación de datos internos del programa, la rutina de humedad del suelo, se valdrá de la fusión de la nieve y lluvia con unidades en mm/h. El algoritmo que trabaja con dichos valores, da como resultado una contribución a la escorrentía cuando la humedad del suelo es significativa y un aporte apreciable cuando el suelo está seco.

- F_c : Factor de Campo. Es la mayor cantidad de agua que puede almacenar el suelo.

- L_p : Representa el valor de la humedad del suelo por encima del cual la evapotranspiración alcanza su valor óptimo.



- ΔP = contribución de lluvia o nieve
- ΔQ = contribución a la función de respuesta
- Ssm = almacenamiento de humedad del suelo
- F_c = capacidad de campo
- β = coeficiente empírico
- L_p = límite de evapotranspiración potencial
- E_p = evapotranspiración potencial
- E_a = evapotranspiración real computada

Figura 10: Representación esquemática de la evaluación de la humedad del suelo en el modelo HBV.

La rutina de respuesta de escorrentía transforma el agua en exceso de la rutina de humedad del suelo en escorrentía para la cuenca. También se incluye el efecto de la precipitación directa y evaporación en el embalse (p_w) La rutina está formada por un almacenamiento que distribuye la escorrentía generada en el tiempo y puede ser usada para obtener las partes más rápidas y lentas de la curva de recesión observadas en el análisis de hidrogramas.

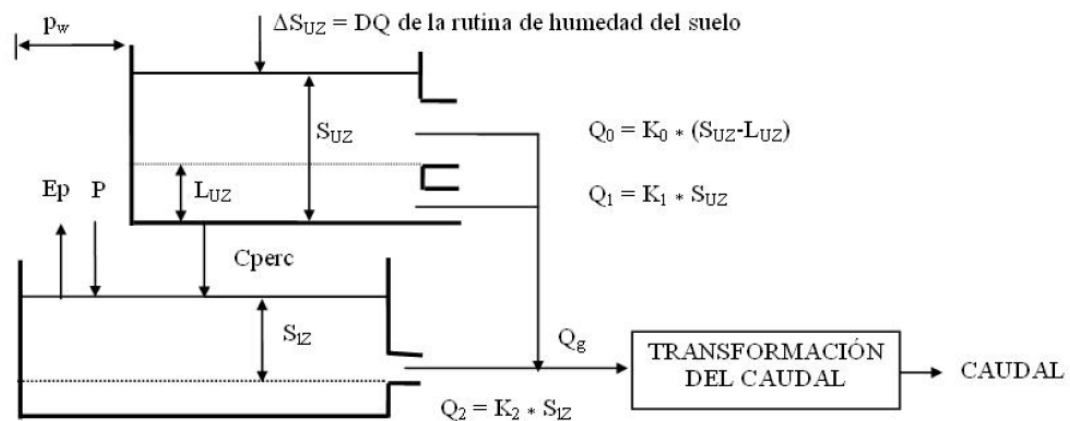


Figura 11: Modelo de respuesta de escorrentía en el modelo HBV.

El almacenamiento inferior se puede considerar como la representación de la contribución del agua subterránea y el almacenamiento de lagos al flujo superficial. El drenaje se controla con el coeficiente de recesión K_2 . Si la producción (ΔQ) de la rutina de humedad del suelo excede los niveles de percolación (C_{perc}), el almacenamiento se empezará a llenar y se drenará conforme al coeficiente K_1 . Este coeficiente representa el drenaje del agua a lo largo de los canales superficiales. Cuando el almacenamiento excede el valor máximo, comienza el drenaje rápido de acuerdo al coeficiente K_0 .

La contribución total de los almacenamientos (Q_g) pasa a través de un filtro simple de distribución triangular de pesos como representa la siguiente figura.

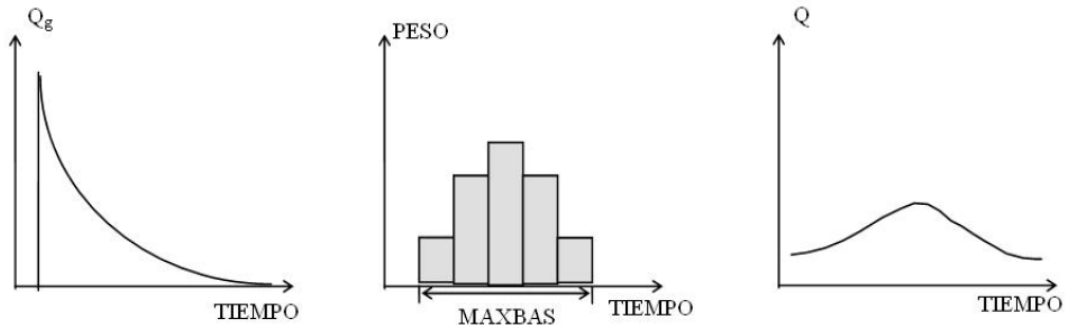


Figura 12: Efecto de la función de transformación.

Si un almacenamiento es de muy grandes dimensiones y además está localizado a la salida de una cuenca o subcuenca, se considerará una rutina de regulación especial. La descarga se controla mediante la relación nivel-caudal que se estipule en las diferentes regulaciones aplicadas. Las variaciones en la regulación durante el año y los vertidos durante los cambios de estación pueden ser considerados. La descarga se puede calcular como una parte del caudal de entrada, el cual ha sido modificado debido al almacenamiento de la cuenca.

La contribución de la escorrentía de las distintas subcuencas se añade de la misma forma en las que contribuyen al flujo total del curso del agua. El retardo y amortiguamiento del flujo que se produce a la salida de la subcuenca se puede considerar como una rutina de propagación o mediante un simple tiempo de retardo.

El modelo HBV es calibrado por un procedimiento de prueba y error mediante el cual se ajustan los parámetros para mejorar la correspondencia entre el hidrograma simulado y el registrado. El periodo normal de tiempo de registro es de 5 – 10 años de datos diarios de caudal. Para ajustar el modelo se utilizan los siguientes criterios.

- 1- Inspección visual del hidrograma calculado y observados.
- 2- Grafico continuo de la diferencia acumulada entre el hidrograma calculado y el observado.
- 3- La varianza entre caudales observados y modelados:

$$= 1 - \frac{\sum_{t=1}^n [Q_{comp}(t) - Q_{obs}(t)]^2}{\sum_{t=1}^n [Q_{obs}(t) - \overline{Q_{obs}}]^2}$$

Q_{comp} . = caudal calculado (m^3/s)
 Q_{obs} . = Caudal observado (m^3/s)
 t = tiempo (normalmente en días)

n = número de intervalos.

Q_{obs} = Media del caudal observado.

El modelo, generalmente es usado para el pronóstico del escurrimiento a corto y largo plazo. Antes de realizar un pronóstico el modelo debe ser ejecutado con los datos observados hasta el día anterior al que se desea pronosticar. Si existe alguna diferencia entre el hidrograma calculado y el observado durante los días previos al período de pronóstico, se considerará la posibilidad de actualizar el modelo. Esta acción se realiza ajustando los datos de entrada de unos pocos días o las condiciones de estado inicial. La actualización es un procedimiento iterativo automático en la que generalmente se requieren pocas iteraciones del modelo. De esta forma, es adecuado señalar que la actuación debe ser muy cautelosa para evitar introducir errores adicionales.

El pronóstico a corto plazo se utiliza en periodos de crecida y avenidas importantes con el fin de conocer el comportamiento del escurrimiento máximo durante el mismo. Para esta aplicación, el modelo ofrece la posibilidad de introducir hasta cinco pronósticos meteorológicos que incluyan precipitación y temperatura para obtener el comportamiento del escurrimiento para cada uno de ellos.

Los pronósticos a largo plazo se utilizan comúnmente para dos fines:

- 1- Predicción de caudal punta.
- 2- Predicción del volumen de escurrimiento que llega a un punto cualquiera del río. Este tipo de pronóstico requiere datos de precipitación y temperatura de un periodo no menor de 10 años, aunque, en función de la calidad de los datos y de propósitos de estudio que se realice, se pueden usar periodos de tiempo más cortos.

Con esta aplicación del modelo se logra obtener la probabilidad de excedencia de un valor cualquiera de escurrimiento y una interpretación estadística del resultado.

Cuenca del Río Guadiloba

Cáceres (Extremadura – España)

Generalidades

La utilización del Sistema de Pronósticos HBV a la cuenca del río Guadiloba ha requerido el análisis previo de las principales características morfológicas y métricas de la misma y la búsqueda y verificación de datos hidrológicos y meteorológicos provenientes de distintas fuentes, así como características edafológicas de la cuenca. Los pronósticos los usaremos principalmente para dos fines:

- 1- Predicción de caudal punta.

- 2- Predicción del volumen de escurrimiento que llega a un punto cualquiera del río. Para éste tipo de pronóstico se requieren datos de precipitación y temperatura de un periodo de al menos 10 años, aunque dependiendo de la calidad de los resultados que queramos, y del propósito del estudio, se pueden utilizar periodos de tiempo más cortos. Con esta aplicación del modelo, se consigue obtener la probabilidad de excedencia de un valor cualquiera de esorrentía y una interpretación estadística del resultado.

MODELIZACION DIGITAL DEL TERRENO.

El conjunto de planos obtenidos para la modelización del terreno se encuentran en el Anejo 1: Planos

- 1- Localización de objeto de estudio.
- 2- Hoja geológica de la zona de estudio.
- 3- Usos del suelo.
- 4- Cuenca del río Guadiloba.
- 5- Discretización por alturas de la cuenca.
- 6- Cuenca del río Guadiloba afectada por la Zona Zepa.
- 7- Diseño del modelo hidrológico AQUATOOL+.

- 8- Superficie subacuática Embalse Guadiloba.
- 9- Superficie Modificada Embalse Guadiloba.

El análisis de las características morfológicas lo he efectuado mediante la utilización de la herramienta SIG (QGis). La disponibilidad de los datos de información numérica del MDT realizado nos permite calcular de manera automática y precisa muchos de los parámetros de la cuenca necesarios para generar curvas de análisis que permitan verificarlos.

Las hojas geográficas para obtener la cuenca del río Guadiloba las he obtenido de la página web del PNOA, en concreto he adquirido las hojas 704 y 705. Posteriormente con las herramientas de Quantum Gis y GRASS he obtenido la cuenca del río y la discretización por alturas.

La hoja Geológica de Cáceres la he obtenido de Instituto Geológico y Minero español, el plano de usos de suelo de la página del idee de Extremadura y posteriormente en Quantum Gis he obtenido los usos de suelo que tenemos en la cuenca.

Para la realización del plano de la zona ZEPA, he obtenido de la página de la junta de Extremadura el plano general de la zona protegida y posteriormente con Quantum Gis he obtenido las zonas afectadas por esta zona especial en nuestra cuenca.

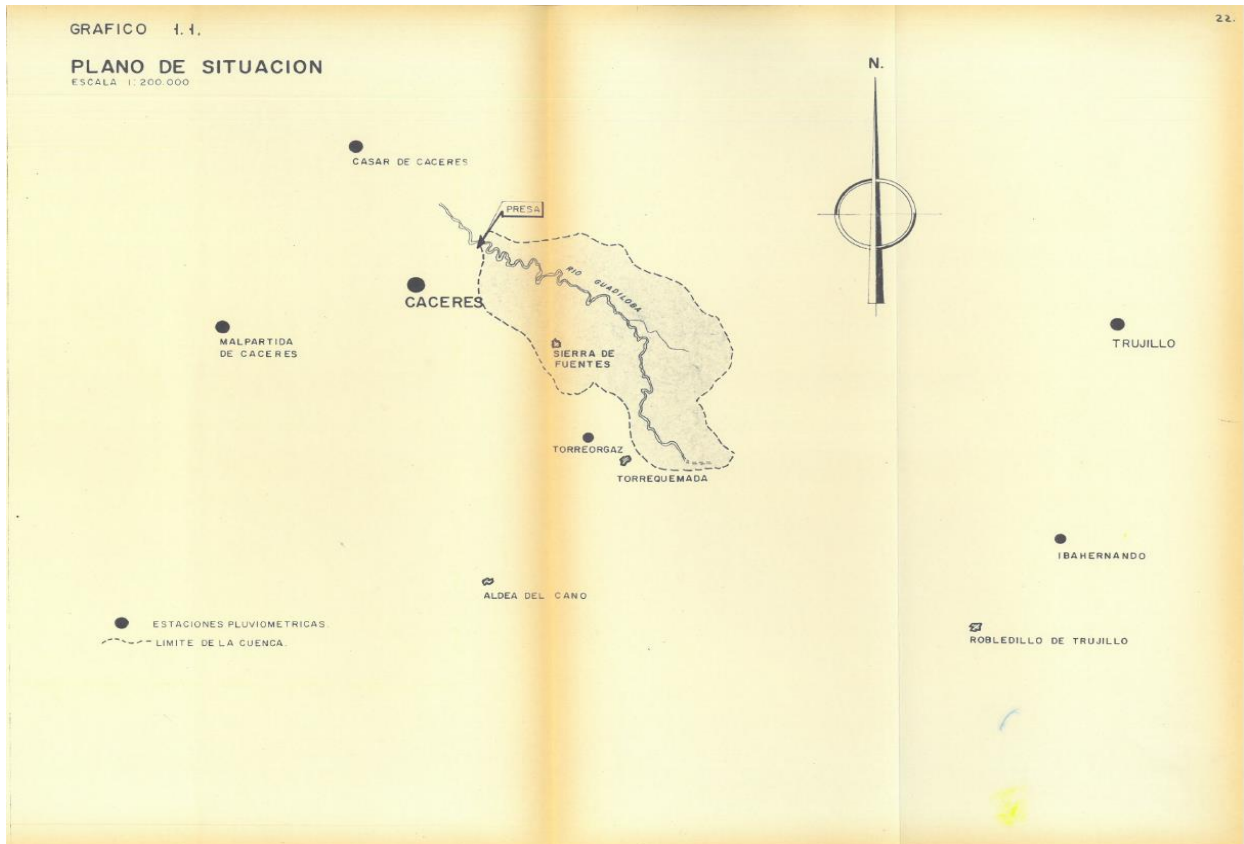


Figura 13: Plano de la cuenca del Rio Guadiloba (PROYECTO ORIGINAL DE ABASTECIMIENTO A CÁCERES 1969)

IMPLEMENTACION DEL MODELO HBV¹⁵

En este capítulo describiré los procesos para llevar a cabo la implementación del modelo HBV en la cuenca del río Guadiloba. Desde el punto de vista operativo la modelización está realizada para la cuenca en un periodo en concreto, (1973-1985), en la siguiente lista enumeraré los procesos a examinar en la cuenca.

Las tareas de ejecución del modelo se pueden resumir en:

- Definición de la superficie para la que se realizará el ajuste.
- Definición de la cuenca que compone el territorio a estudiar.
- Definición de la configuración de las estaciones de la cuenca.
- Definición de las estaciones meteorológicas utilizadas para el ajuste del modelo correspondiente a cada zona de estudio en el caso de que hubiera subcuencas y hubiera que estudiarlas y definición de su importancia para el cálculo de la precipitación equivalente sobre la cuenca.
- Definición de la conexión hidrológica entre cuencas vecinas.
- Definición de las características de los lagos y embalses presentes en la cuenca.
- Introducción de los datos de evapotranspiración.
- Introducción de los datos hidrológicos y meteorológicos en archivos ASCII standard.
- Realizar análisis preliminar de los datos hidrometeorológicos.

Las anteriores tareas constituyen la fase preliminar al ajuste del modelo. Las tareas de ajuste, en razón de su importancia, se tratan en forma separada en el capítulo de definición de los distritos.

¹⁵ Diseño Hidrológico Sergio Fattorelli – Pedro C. Fernández

- 6. Modelo Hbv

Definición de los distintos usos de suelo. (IDEEX)

El uso operativo del modelo HBV prevé la selección del área geográfica de trabajo llamada “*District*”. Un distrito representa el área geográfica en la cual se realiza una ejecución del modelo de simulación HBV.

La definición de un distrito depende además del objetivo de la aplicación. Puesto que el objetivo principal de la implementación es la determinación del volumen generado por la escorrentía del río Guadiloba, podré generar los siguientes distritos basados en los usos del suelo, Anejo 1: Planos; Plano nº 3: Usos de suelo.

Definición de la configuración de las estaciones hidrometeorológicas.

Después de haber definido la subdivisión de la cuenca discretizando los usos del suelo por alturas, se han seleccionado las estaciones hidrometeorológicas que operan dentro de cada uno de los distritos y que se utilizan para el ajuste del modelo de pronósticos, en las siguientes tablas se muestra la estación utilizada los valores obtenidos de ella.

En particular se especificará el nombre de la estación, el tipo de sensor y el código de la estación proporcionado por la AEMET.

NOMBRE	TIPO	CODIGO
Estación meteorológica de Valdesalor	P,T ETP	VAL
Estación de aforo de la presa del embalse del Guadiloba	Q	GUA

Tabla 1: Estaciones y datos obtenidos de ellas.

P= Sensor pluviométrico.

T= Sensor termómetro.

ETP= Sensor de evapotranspiración.

Q= Sensor de nivel.

Definición de las estaciones hidrometeorológicas utilizadas para calibrar el modelo. (Valdesalor y aforos)

La fase sucesiva de la ejecución del modelo ha sido la definición de las principales características de las estaciones hidrometeorológicas a ser utilizadas para la calibración del modelo definido en cada distrito. Para esta operación, hemos utilizado el comando 'DATA → STATION WEIGHTS' he definido:

- Nombre de la estación.
- Tipo de estación donde p=precipitación, t=temperatura, q= caudal, etp= evapotranspiración.
- Cota de las estaciones sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).
- Peso para el cálculo de la precipitación media de la superficie, de la temperatura media de la cuenca y la evapotranspiración media de la cuenca.
- Periodo de disponibilidad de datos hidrometeorológicos.
- Eventuales estaciones similares y el relativo factor de corrección.

Por lo que involucra a la importancia de las estaciones, en primera instancia he utilizado pesos calculados según el método de Thiessen para las estaciones pluviométricas y para las termométricas he usado un peso tal que la temperatura media calculada por el modelo fuese el resultado de la media aritmética de todos los datos termométricos disponibles.

Definición de las zonas geográficas de la cuenca en función de los usos de suelo.

Es posible dividir las cuencas en subcuencas dependiendo la zona geográfica en base a la altitud y uso de suelo. Esta división es fundamental para la simulación de procesos de nivel y es imprescindible para una buena calibración del modelo en cuencas con desniveles importantes, pero como en nuestro caso, el desnivel total no supera los 250 m desde el nacimiento hasta la desembocadura, solo haré una división de 4 zonas dentro de la misma cuenca. (Nacimiento, aportes externos estacionarios, embalse y desembocadura) como se refleja en el plano nº 5: Discretización por alturas.

El modelo permite determinar hasta un máximo de 50 zonas geográficas, pero si se utilizase una división tan detallada, esto aumentaría la complejidad del proceso de cálculo, siendo poco notable la calidad de la simulación. Por este motivo he decidido no definir subcuencas, sino definir las zonas geográficas usando franjas altimétricas de 50 m y dividir cada franja en función del tipo de vegetación presente. El modelo permite 5 tipos distintos de vegetación:

- Zona 1 *`Forest`*: Caracterizada por la presencia de bosques.
- Zona 2 *`Field`*: Caracterizada por tener zonas de pasto y carentes de vegetación arbustiva.
- Zona 3 *`Glacier`*: Caracterizada por tener glaciares
- Zona 4 *`Internal lake`*: Caracterizada por tener lagos internos en la cuenca o acumulaciones artificiales de agua (lagos, charcas de suministro...)
- Zona 5 *`Outlet lake`*: Esta zona se caracteriza por tener lagos o embalses ubicados en el punto de cierre de la cuenca.

Como se puede observar, la división en zonas vegetales no es muy detallada, lo cual puede representar una limitación en el modelo, sobre todo en los casos donde haya zonas fácilmente diferenciadas y difícilmente clasificables entre las categorías *`forest`* y *`field`*.

La definición de las franjas clasificadas por altitud de cada zona la he efectuado con la herramienta Quantum Gis dividiendo el plano cartográfico en 5 alturas, auto clasificadas por el algoritmo interno del programa.

Nuestra división de la cuenca según los usos de suelo se representa en el plano N° 3: Usos de suelo.

Definición de las zonas de discretización entre zonas de usos de suelo similares.

Una vez que tenemos definido las características de las zonas geográficas, es necesario determinar el tipo de conexión hidrológica existente entre ellas. Esta operación se puede realizar con el comando ``DATA SUBBASINS LINK``.

El comando se utiliza para describir el traspaso a una determinada subcuenca. Dicho flujo se puede representar como por la escorrentía simulada de una cuenca aguas arriba o por el caudal observado correspondiente a una estación medida. El modelo permite definir los siguientes tipos de flujo:

- *in*: El flujo a la subcuenca es el caudal total simulado de otra subcuenca.
- *inreq*: El flujo es el caudal observado en el punto de cierre de otra subcuenca
- *main*: El aflujo es el caudal simulado del ramo principal de otra cuenca
- *branch*: El aflujo es el caudal simulado de un tramo secundario de otra cuenca
- *noin*: La contribución de caudal de alguna subcuenca aguas arriba es nula, el modelo usa este tipo de conexión para calcular el caudal local de la cuenca en estudio, sustrayendo el caudal observado en el punto de cierre el caudal observado en el punto de cierre de las cuencas aguas arriba.

La conexión del tipo ``in`` es la más usada, mientras que las conexiones de tipo ``main`` y ``branch`` se usan cuando se produce una bifurcación, ya sea natural o artificial en el punto de cierre de la cuenca aguas arriba.

Definición de las características de los lagos y embalses

La cuenca a analizar tiene un solo embalse, el Guadiloba y numerosas masas menores de agua, como charcas para el abastecimiento de ganado y en menor medida para el riego de pequeños huertos.

Como más adelante se explicará, la primera caracterización trata de definir la presencia de masas de agua internas a la cuenca o en tal caso al punto de cierre de la misma, para ello usaremos el comando `DATA → GEOGRAPHICAL ZONES`. En el área de estudio, la cuenca del río que estamos estudiando (Guadiloba) no presenta masas de agua notables más allá del embalse y en la desembocadura la cola del embalse José María de Oriol.

Otros comandos que pueden ser útiles a la hora de caracterizar los lagos o embalses definidos como `outlet lakes` son:

- `DATA → STORAGE CURVE`: Este comando nos define la curva de almacenamiento nos da la relación entre el nivel del embalse [m] definido como salidas `outlet` y el almacenamiento en el mismo dando el área en km² y el volumen en m³/s. Si no se introduce ninguna curva de almacenamiento, ésta se considerará constante.
- `DATA → REGULATION SCHEUDLE`: Este programa de regulación describe en forma de tabla o fórmula matemática el tipo de regulación que se aplica al lago, embalse o cualquier elemento de tipo `outlet`. Los tipos de regulación pueden ser combinados entre ellos, si no se definiese ningún tipo de regulación, el modelo calcula el caudal efluente del lago o embalse en función de la `rating table`.
- `DATA → RATING TABLE`: Este modelo de regulación usa como fórmula o tabla, la relación entre el nivel del lago o embalse y el caudal efluente. Si no se definiese tabla o formula alguna, el caudal efluente sería igual al afluente. Este modelo permite la creación de estas `rating tables` en función del tiempo.

Los lagos definidos como `outlet lakes` en este modelo han sido el embalse de Guadiloba.

Introducción de los datos de Evapotranspiración.

En el área de estudio encontramos una única estación meteorológica que nos da valores de evapotranspiración, la estación de Valdesalor, la cual se instaló en 1999, por tanto haré una extrapolación de datos desde el año 1999 hasta el 2015 cogiendo los datos diarios y posteriormente hallando las medias mensuales.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
2000	0,857	1,633	2,804	2,556	4,092	6,395	6,100	5,551	3,978	2,400	1,237	1,001
2001	1,005	1,631	2,098	3,660	4,233	6,384	6,444	5,657	3,740	2,200	1,348	0,939
2002	1,003	1,619	2,217	3,146	4,424	6,051	6,721	5,608	3,281	2,128	1,109	0,915
2003	1,011	1,330	2,336	3,264	6,130	6,130	6,207	5,778	4,205	2,155	1,104	0,770
2004	0,846	1,308	2,106	3,264	3,907	6,294	6,590	5,090	3,915	2,146	1,126	0,950
2005	0,950	1,667	2,654	3,694	4,784	6,450	6,633	5,602	4,179	2,055	1,202	0,932
2006	0,878	1,453	2,205	3,456	5,131	6,051	6,806	6,271	4,024	2,435	1,176	0,770
2007	0,774	1,428	2,611	2,806	4,168	5,029	6,449	5,600	3,698	2,238	1,288	0,839
2008	0,935	1,665	2,683	3,330	3,424	5,598	6,441	5,653	3,746	2,282	1,201	0,878
2009	0,923	1,567	2,833	3,589	5,219	5,624	6,796	5,846	4,077	2,364	1,442	0,861
2010	0,863	1,396	2,051	3,261	4,092	6,170	7,622	6,707	4,347	2,523	1,285	0,937
2011	0,910	1,546	3,256	3,020	4,763	6,523	7,286	5,976	4,541	3,080	1,258	0,762
2012	0,941	1,974	3,256	3,020	4,877	6,846	7,658	6,789	4,326	2,326	1,277	0,777
2013	1,011	1,614	1,948	3,441	4,719	6,263	7,188	6,465	4,568	2,333	1,379	1,128
2014	1,193	1,520	2,527	3,418	5,527	6,414	6,698	6,436	3,456	2,345	1,271	0,771
2015	0,896	1,720	2,640	3,237	5,605	6,870	6,405	6,137	4,452	2,253	1,322	0,983

Tabla 2: evapotranspiración mensual; años 2000-2015

Importación de datos hidrometeorológicos.

Una vez introducidas las características de la cuenca, importamos los datos hidrometeorológicos necesarios para calibrar nuestro modelo con el comando

`DATA → IMPORT STANDARD FORMAT´ Estos datos deben ser introducidos en formato ASCII estándar para el modelo.

Los datos importados han sido:

- Evapotranspiración: Datos mensuales 1999-2011.
- Precipitación: Datos diarios 1974-1985. Y para la simulación de futuro, desde el año 2000 a diciembre del año 2099.
- Caudal: Datos diarios 1974-1985.
- Temperatura: Datos diarios 1974-1985.

Antes de importar los datos y ante la presencia de ausencia de los mismos, he usado un promedio de los tres valores inmediatamente anteriores.

Análisis preliminar de los datos hidrometeorológicos

Antes de comenzar la calibración del modelo, hemos analizado previamente los datos hidrometeorológicos introducidos. Este análisis lo hemos realizado con los comandos

- `DATA → PTQW → COMPILE TABLE (PTQW)´
- `DATA → PTQW → DISPLAY, PRINT TABLE´

Estos comandos permiten sacar a la luz periodos incompletos de datos o elementos ausentes.

CALIBRACION DEL MODELO HBV¹⁶

Refiriéndonos al término Calibración, nos referimos al proceso mediante el cual modificamos algunos parámetros con el fin de hacer coincidir la simulación de nuestro

¹⁶ Manual de usuario HBV.

modelo hidrológico y condensado en el punto de cierre. En la aplicación a la cuenca de nuestro modelo (Rio Guadiloba), hemos hecho esta calibración de forma manual visualizando los resultados de la simulación para cada distrito dentro de la cuenca. De tal forma, con el fin de evaluar las prestaciones del modelo y resultado de su aplicación, he utilizado el criterio estadístico de verificación de concordancia entre los datos observados y simulados, disponible en el modelo mismo, es decir, la varianza explicada (R^2).

La varianza explicada es una estimación de las presentaciones del modelo, sin contar con las características específicas del periodo considerado, calidad y consistencia de los datos utilizados

Una vez realizada la simulación, hemos considerado además de la varianza, las características hidrológicas específicas del periodo simulado y de la calidad y consistencia de los datos de entrada *`inputs`* y la calidad de los datos de caudal observado.

La calibración ha sido de tipo iterativo, es decir, he ido modificando los parámetros hasta que he considerado una concordancia aceptable entre caudales observados y simulados. A continuación describiré detalladamente los criterios que he seguido en la fase de calibración del modelo, indicando las características generales en relación a los parámetros que a mi modo de ver, han sido los más influyentes a la hora de la calibración del mismo.

Finalmente añadiré a la explicación unos documentos gráficos obtenidos de la calibración de los distritos con el objetivo de evidenciar las causas de las discordancias que podemos encontrar entre caudales observados y simulados.

Antes de comenzar con los procedimientos de calibración efectiva, describiré los procesos preliminares que son necesarios ejecutar antes de procesar el modelo.

-SELECT PRINCIPAL BASINS: Se trata de seleccionar las cuencas para las cuales se prevé presentar los resultados de la simulación.

- SELECT BASINS MODEL SIMULATION: Elige las cuencas para las cuales se prevé realizar la simulación.

- SELECT OUTPUT VARIABLES: Define las variables de salidas *outputs* que se necesitan calcular.
- CREATE/SAVE/DELETE/MODEL STATE: Crea un estado inicial para la simulación.
- DESCRIBE MODEL SIMULATION: Describe la simulación que será ejecutada.

Procedimientos preliminares a las ejecuciones *run* de calibración del modelo.

Antes de proceder a la calibración del modelo, es necesario ejecutar algunos procedimientos preliminares numerados a continuación.

1. Selección de las cuencas para las cuales queremos presentar los resultados de la simulación, esto lo haremos activando el comando `SELECT PRINCIPAL BASINS` En las ejecuciones de calibración efectuados, seleccionaremos las cuencas de interés.
2. Selección de las cuencas para las cuales necesitamos ejecutar la simulación `SELECT BASINS FOR MODEL SIMULATION`. Normalmente estas cuencas coinciden con las principales.
3. Selección de las variable de salidas *outputs*, realizadas con `SELECT OUTPUT VARIABLES`. En nuestro caso las variables que usaremos serán:
 - a. Qrinfl: Caudal observado [m³/s].
 - b. Qcinfl: Caudal simulado en el cierre [m³/s].
 - c. Accdinfl: Diferencia acumulada entre caudal simulado y observado [mm].
 - d. Snow: manto de nieve [mm].
 - e. Evap: Evaporación [mm].
 - f. Cprec: precipitación media real [mm].
 - g. Ctemp: temperatura media de la cuenca.

4. Definición de un estado inicial de simulación: El programa inicia los procesos hidrológicos en un periodo definido previamente.
5. Descripción de la simulación a ser efectuada, debemos introducir fecha inicial, fecha final del periodo de simulación, estado inicial a ser utilizado la simulación corriente y el tipo de ejecución a efectuarse (calibración, previsión a corto plazo y previsión a largo plazo)

Calibración del modelo.

Crterios generales asumidos en fase de calibración.

Como he indicado anteriormente, la calibración del modelo la he efectuado en el periodo de tiempo desde el 22 de noviembre de 1974 hasta el 20 de enero de 1986.

Al disponer de una sola cuenca las pruebas de calibración se harán de forma más rápida y precisa, teniendo en cuenta los periodos de discordancia. Una vez definidos estos periodos intentaremos encontrar los motivos de estas discordancias revisando pormenorizadamente los datos pluviométricos y termométricos que a nuestro modo de ver, son más propensos a fallar debido a que los valores cogido en las estaciones usadas, no han sido del todo representativas debido a ubicación que presentan sobre la cuenca.

En este aspecto, la calibración de nuestro modelo cobra especial importancia debido a la localización de nuestras estaciones, ya que estas se han posicionado en zonas altas o en poblaciones cercanas a nuestra cuenca. Sumando a esto las características climáticas de nuestra zona en los 12 años examinados en nuestro estudio; en particular las situaciones pluviométricas o termométricas que han caracterizado el periodo analizado, intentando simularlas cada vez de mejor modo.

En algunos casos, debido a la falta de datos, he atribuido valores con un parámetro 'promedio' que aunque no permita una simulación de modo satisfactorio en una situación puntual, si podemos obtener buenos valores generados por nuestra

simulación asimilando un comportamiento típico de la cuenca en condiciones hidrológicas `medias`.

Una vez ajustado los parámetros de entrada o `inputs` al modelo de la mejor forma posible hemos dado paso a la calibración de los parámetros, intentando de forma general mejorar la concordancia entre los volúmenes de caudales observados y simulados modificando los parámetros que influyan sobre el volumen del caudal. Repetidamente he ido calibrando los parámetros que influyen sobre la forma del hidrograma simulado con el fin de obtener mayor relación con el hidrograma observado.

Principales parámetros modificados en la calibración del modelo

A continuación mostraré los principales parámetros que modifican las respuestas en el hidrograma de nuestra cuenca que usaré.

- 1 Parámetros que influyen en la entrada de datos meteorológica al modelo (PCORR, PCALT, TCALT);
- 2 Parámetros que influyen en el proceso hidrológico del suelo (FC, BETA, LP)
- 3 Parámetros que influyen en la función de respuesta de la cuenca (K0, K1, K4 UZL0, PERC, MAXBAS)
- 4 Parámetros que influyen en los procesos de fusión de la nieve: (CFMAX, FOCFMAX, DTTM, CFR, CWH, TT)
- 5 Parámetros que influyen en la entrada de datos meteorológica al modelo (PCORR, PCALT, TCALT)

PCORR: Es un factor general, que normalmente asume el valor de 1 o cercano a 1 y nos permite aumentar o disminuir el volumen de precipitación.

PCALT: Es un factor de corrección de la precipitación con la cota, esta precipitación es multiplicada por un factor $(1+h*por)$ donde h es la diferencia de altitud entre la zona altimétrica considerada y la media de las cotas de las estaciones pluviométricas utilizadas. Como es obvio, este parámetro permite considerar el aumento de precipitación con la cota. Normalmente no toma un valor muy alejado de 0.1. En nuestro caso el valor de este parámetro es de 0.1.

TCALT: Representa un gradiente de temperatura expresado en °C/100 m. Toma un valor estándar de 0.6°C/100m. Este parámetro es relevante en áreas con zonas elevadas en las que la precipitación de nieve tiene una importancia significativa dado que su fusión aporta una precipitación muy retardada con respecto a su caída.

Parámetros que influyen en los procesos de fusión de la nieve:

CFMAX: Determina el valor del coeficiente de fusión en las zonas caracterizadas por cobertura forestal. El valor usado ha sido 0.3650945062097.

SFCF: Factor que incrementa la precipitación definida por el modelo como nieve, he usado el valor 0.645535630.

TT: Representa la temperatura umbral bajo la cual la precipitación se considera nieve. 4.769140.

CFR: Representa el coeficiente de congelación del agua proveniente de la fusión, he tomado un valor de 0.0853.

CWH: Representa la capacidad hídrica del manto de nieve, nuestro valor es 0.0853647.

Parámetros que influyen en los procesos hidrológicos del suelo (FC, BETA, LP).

FC: Capacidad de Campo, es el principal parámetro que domina sobre los procesos hidrológicos del suelo, y en particular, volumen de escorrentía, FC es la capacidad de campo, por lo que se han de tener en cuenta las características físicas del terreno que

constituye la cuenca. En nuestra simulación usaremos el valor 132.38 ya que es una zona de vegetación tipo 1.¹⁷

BETA: Representa el coeficiente de la formula característica del procedimiento de cálculo de la humedad de suelo ($\Delta Q/\Delta P = (S_{sm}/F_c)^\beta$).

El valor usado es 24.99 debido al tipo de zona de vegetación.

LP: Este parámetro representa el límite tras el cual la evaporación actual es igual a la evaporación potencial, los valores más comunes rondan el valor de la unidad. En nuestro caso es 0.3.

Parámetros que influyen en la función de respuesta de la cuenca (K0, K1, K4, UZL0, PERC, MAXBAS)

K0, K1, K2: Representan el coeficiente de recesión de la escorrentía superficial que se verifica cuando se haya saturado la capacidad hídrica de la zona.

Los valores que hemos tomado han sido:

K0: 0.9989

K1: 0.0364669

K2: 0.010675.

UZL0: Coeficiente de recesión del flujo superficial de alta velocidad que se presenta cuando el aflujo en la zona superior es mayor de la velocidad de percolación.

Para nuestra simulación he considerado un valor de 2.0433, esto quiere decir que cualquier flujo de agua por debajo de esa velocidad se filtrará al subsuelo.

PERC: Coeficiente de recesión de la escorrentía de base, característica de la zona inferior del suelo. Desde un punto de vista práctico, el valor atribuido a los tres parámetros influencia la pendiente respectivamente de la parte alta, media y baja de la curva de recesión del hidrograma, en el estudio he usado el valor 0.47323.

¹⁷ Apuntes Obras Hidráulicas II

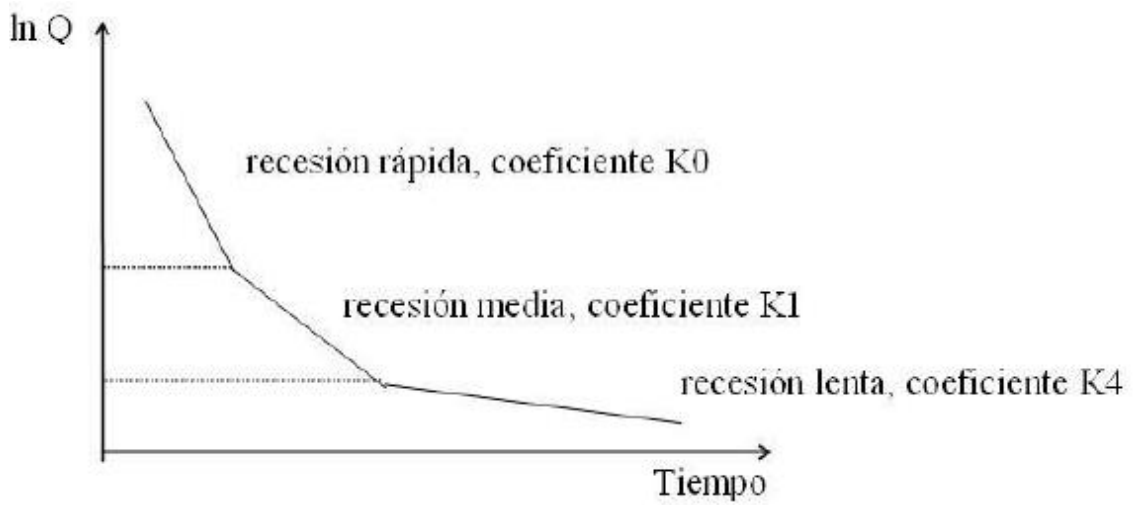


Figura 14: Representación esquemática de los tres tramos de la curva de recesión del hidrograma.

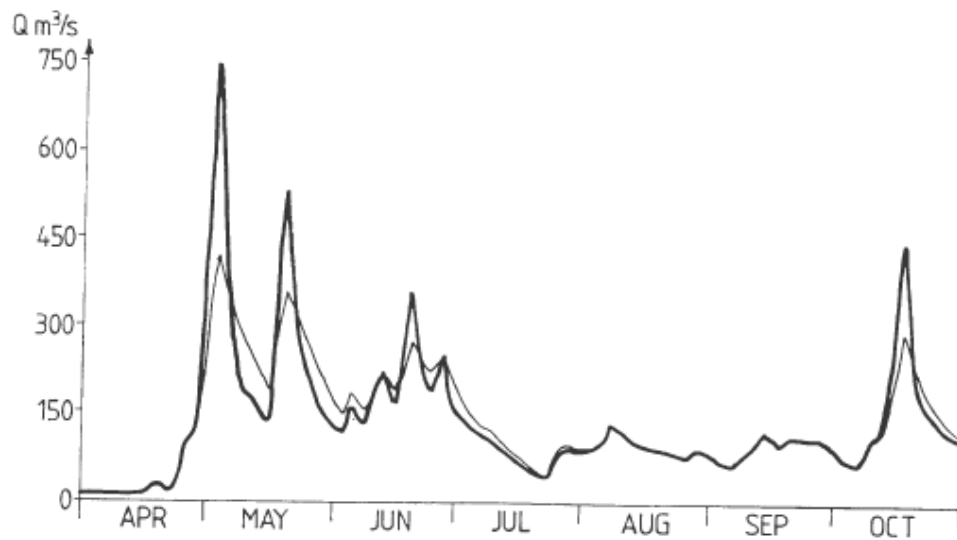


Figura 15: Ejemplo del efecto de la variación del parámetros K_0 con valor 0,3, frente a K_0 dándole el valor 0.1.

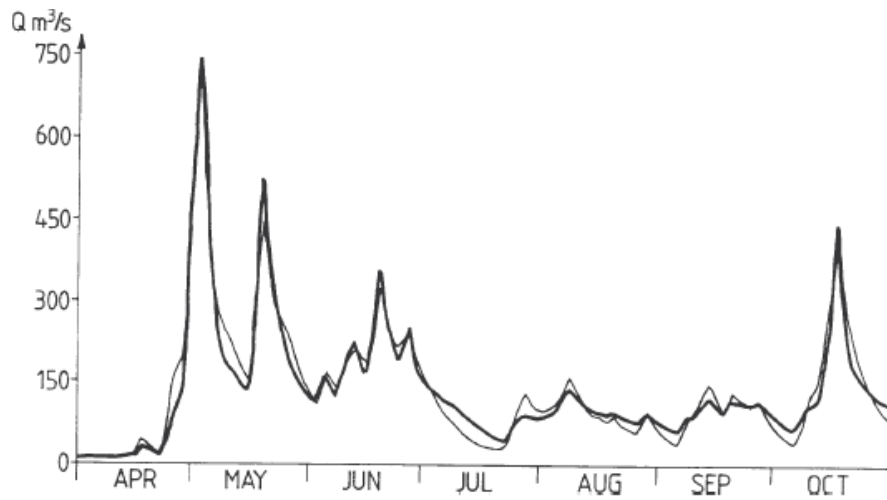


Figura 16: Ejemplo de la variación del parámetro K1. Valor 0.06 (línea gruesa) frente a 0.12 (línea fina).

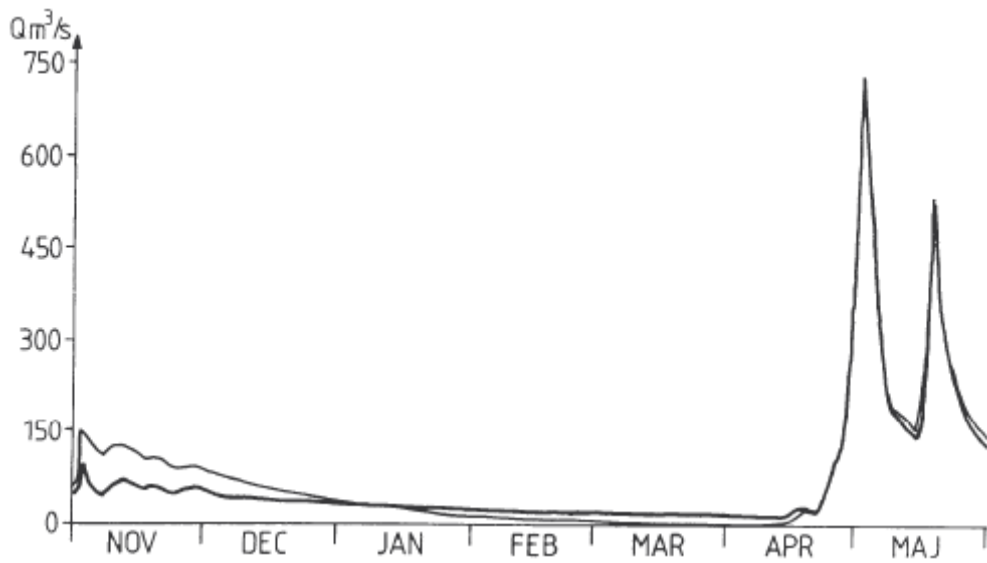


Figura 17: Variación del valor del parámetro K4 del valor 0,01 (línea gruesa). Frente a 0.03 (línea gruesa).

El valor UZL0 representa el límite inferior, tras el cual comienza la recesión con coeficiente K0.

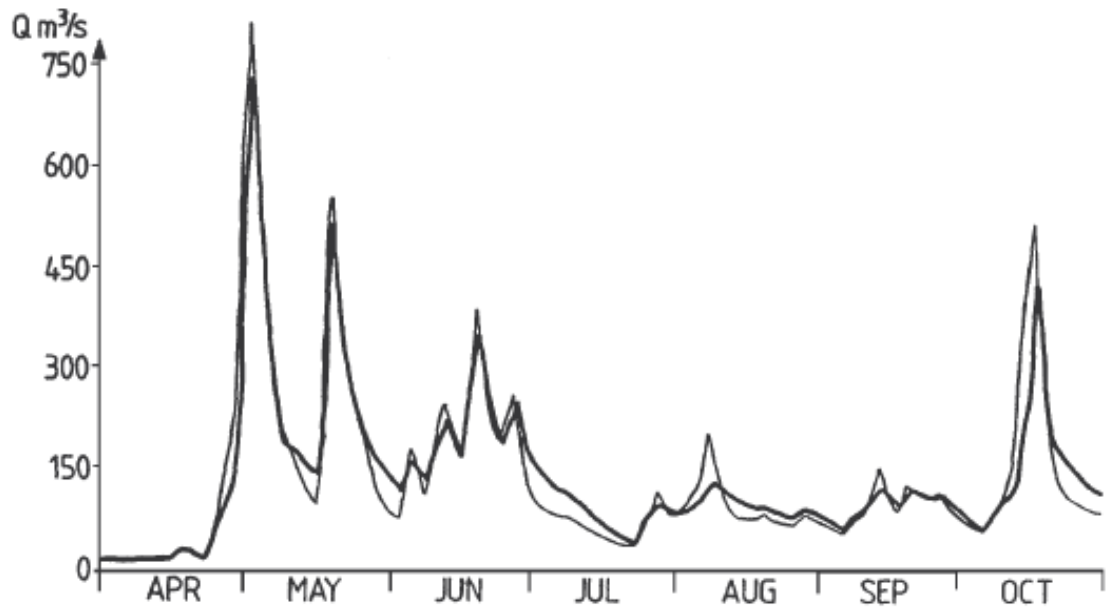


Figura 18: Ejemplo del efecto de la variación del valor del parámetro UZL0.

UZL0= 50 mm. (Línea gruesa), UZL0=25 mm. (Línea fina).

PERC: Representa la velocidad de percolación desde la zona superior hasta la inferior del suelo, tal como el parámetro K4 influencia la pendiente de la curva que representa la escorrentía de base, el parámetro PERC, influencia el nivel de la escorrentía de base. Como muestra el siguiente ejemplo.

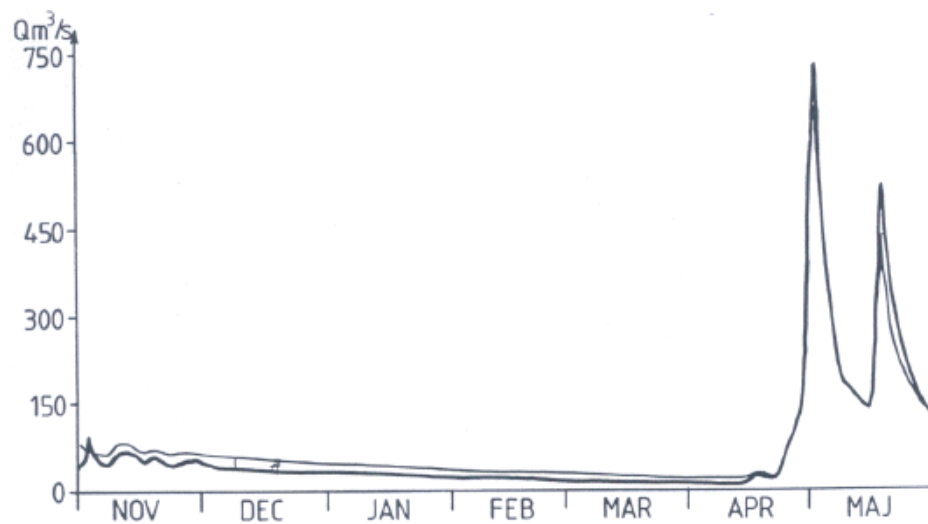


Figura 19: Variación de la percolación con respecto a los valores K4.

MAXBAS: Representa el número de días de la función de transformación, en nuestro caso, he atribuido el valor de 1 a la variable.

Una vez introducidos todos los valores ejecutamos la simulación y vemos que los resultados obtenidos en las simulaciones de los años 2002 hasta el 2015 son bastante aceptables como podemos observar en las gráficas que se encuentran en el Anejo 3: Gráficas.

Las gráficas que observamos varían según el ítem que seleccionemos en la casilla “Plot”,

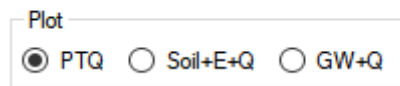


Figura 20: Ítems de dibujo de gráficas-

Si seleccionamos PTQ en la barra de herramientas se muestra en la primera gráfica en color rojo la temperatura diaria y en negro la diferencia con la temperatura media, en azul encontramos la medida de la precipitación y en verde la simulación de precipitación en forma de nieve, en la tercera grafica observamos la gráfica de escorrentía, en azul la producida por los datos de temperatura, humedad y saturación introducidos y en rojo la escorrentía simulada.

Seleccionando Soil+E+Q; en la primera gráfica se representa la humedad en el suelo, la cual guarda toda relación con la siguiente gráfica que es la evapotranspiración, dibujada en rojo está la evapotranspiración medida y en verde la evapotranspiración potencial, ésta estará influida por los datos de temperatura tomados de la AEMET.

Elijiendo la opción GW+Q, se muestra la cantidad de agua almacenada en la capa más superficial del subsuelo, en la segunda gráfica se muestra el agua almacenada en la capa profunda del subsuelo.

En las gráficas se observa como a medida de que las temperaturas van aumentando y la temporada de precipitaciones entra en la simulación, el suelo se va saturando hasta que alcanza la capacidad de campo, en ese momento ya no se puede almacenar más agua en la primera capa del subsuelo y se comienza a llenar la capa más profunda, todo ello sin dejar de producirse evaporación en las zonas superficiales de la lámina de agua

y llegando a generar escorrentías siempre y cuando la velocidad de infiltración sea menor que la de escorrentía.

UTILIZACION DEL PROGRAMA AQUATOOL+.

Una vez obtenidos los datos de predicción futura en el programa HBV-Light, realizaremos otra simulación con el programa AQUATOOL, creado por la Universidad Politécnica de Valencia para observar el comportamiento del embalse frente al aumento de la demanda (aumento de la población en las poblaciones que se abastecen del embalse) y comprobar las garantías de demanda que nos da en la actualidad.

El programa AQUATOOL se basa en un interfaz de edición, revisión y análisis de modelos de simulación para la gestión de cuencas incluyendo la simulación de la calidad de aguas. El entorno de desarrollo de sistemas de ayuda a la decisión en materia de planificación de la gestión de cuencas hidrográficas incluye varios programas internos:

Aquatool.exe: es el interfaz general para la edición de datos y manejo del resto de programas.

Simges.exe: Es el programa que utilizaremos en este proyecto y simula la gestión de cuencas incluyendo la utilización conjunta.

Además de estos dos programas, también existen el Gescal.exe, que se usa para la simulación de la calidad de aguas a escala de cuencas, Optiges.exe, que se usa para la optimización de la gestión de cuencas, Simrisk.exe, que simula múltiples casos de gestión de sistemas de cálculo de riesgos en la gestión, eGraf.exe, que trata gráficamente los resultados obtenidos en las simulaciones de SIMGES, OPTIGES, GESCAL Y SIMRISK. exTopo.exe, es el programa encargado de la exportación de la topografía y topología a formato vectorial, visible desde el navegador y que puede ser exportado en otros formatos como PDF.

Para crear el archivo de la simulación, hemos de crear un nuevo proyecto en “Archivo→ Nuevo” a continuación insertaremos los elementos del modelo de nuestra cuenca de forma esquemática.¹⁸

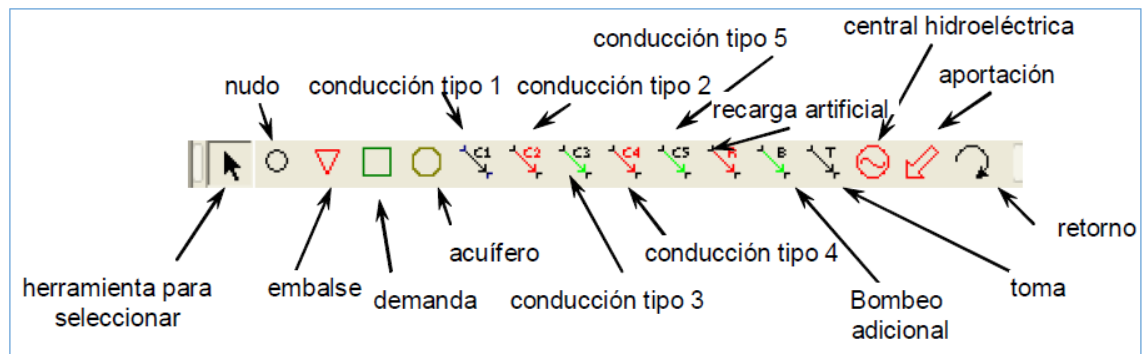


Figura 21: Barra de herramientas del programa AQUATOOL+.

En primer lugar, en la barra de herramientas, seleccionaremos el elemento tipo nudo, que definen puntos significativos del sistema como confluencias o particiones de un río o conducciones, entradas de flujo como aportaciones, retorno o bombeos artificiales o cambios de características en el río o la conducción, en nuestro caso definiremos este nudo como nudo final, en la barra de herramientas, [Editar] → [Nudo final] → [asignar nudo final], este nudo final será la desembocadura del río Guadiloba en el río Almonte.

A continuación crearemos el elemento embalse, al que llamaremos Guadiloba, una vez creado, nos saldrá un cuadro de diálogo para insertar los datos del embalse.

El número de prioridad: La gestión de embalses, se realiza de forma que se mantengan el nivel dentro de una misma zona de llenado dentro de lo posible, para ello se usa una caracterización del nivel del embalse estableciendo varias zonas de llenado y asignando un numero de prioridad al embalse.

El modelo no utilizará agua de la zona intermedia de un embalse hasta que no haya agotado el agua de la zona superior de todos los demás embalses.

¹⁸ Manual usuario Aquatool+.

El volumen inicial de nuestro embalse, partiendo de que éste está lleno, será de 20 Hm³.

Caudal máximo de sueltas es el volumen mensual máximo que es posible soltar el embalse por sus elementos de regulación (compuertas y desagües profundos), ésta opción no incluye los sobrevertidos no controlados. En nuestro caso, según las normas de explotación de la Confederación Hidrográfica del Tajo, este caudal no podrá ser superior a 5.13 m³/s, lo que es igual a 13.3 Hm³/mes.

Columna de aportación nos indica el fichero donde están recogidas las aportaciones, en nuestro caso es el fichero: aportaciones.apo, en dicho archivo están recogidas las aportación mensuales del rio Guadiloba desde el año 1974 hasta el 1985 en una columna y las aportaciones de la impulsión del rio Almonte constante en otra columna, dicha aportación es un bombeo constante de 0.75 Hm³/mes.

Volúmenes: En esta pestaña insertaremos los valores máximos y mínimos que manejaremos en nuestro embalse, éstos datos los he obtenido de la Propuesta de proyecto de plan hidrológico de la cuenca de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo, los máximos será el volumen máximo del embalse: 20 Hm³ y los mínimos según el mes que estemos son los reflejados en la tabla nº 19, seleccionado el valor más pequeño, debajo de por el cual se declararía la emergencia, para simplificar las introducción de los datos, en el mínimo, redondearé la cifra al siguiente numero entero superior, dicho valor es un 15% del valor máximo, denominado embalse muerto ya que el agua de esta zona está casi en su totalidad saturada de sedimentos.

Finalmente el objetivo de cada mes, será el volumen que nos marque la situación en la que nos encontremos; (normal, prealerta, alerta o emergencia) para las simulaciones con la situación actual, he puesto como objetivo el nivel medio de los últimos 10 años (12.5Hm³/mes).

Volúmenes almacenados en el embalse del Guadiloba (Hm³)			
Mes	Máximo	Objetivo	Mínimo
Octubre	20	12.5	3
Noviembre	20	12.5	3
Diciembre	20	12.5	3
Enero	20	12.5	3
Febrero	20	12.5	3
Marzo	20	12.5	3
Abril	20	12.5	3
Mayo	20	12.5	3
Junio	20	12.5	3
Julio	20	12.5	3
Agosto	20	12.5	3
Septiembre	20	12.5	3

Tabla 3: Volumen de almacenamiento introducido en AQUATOOL+

Cotas: En esta pestaña creamos la “Morfología” del embalse, definiéndolo por los valores de Cota, Superficie (Ha) y Volumen almacenado (Hm³.) Se limita a 10 elementos la ventana, por lo tanto he introducido los valores máximos y mínimos y para los puntos intermedios he interpolado linealmente los valores obteniendo la siguiente tabla. Todos los valores de los que dispongo se encuentran en el apartado 5.2 Estudio de nivel de embalse.

Cota	Superficie (Ha)	Volumen (Hm³)
337	0.272	0
338	0.816	0.00544
340	1.724	0.03084
344	9.708	0.23836
350	39.792	1.5956

352	58.024	2.57376
356	106.356	5.76236
360	177.508	11.367
362	222.688	15.369
364	281.103	20.4068

Tabla 4: Datos del embalse cota-superficie-volumen

Infiltraciones: En este apartado podemos incluir la acción elemental del embalse, en nuestro caso lo dejaremos por determinar, el acuífero al que suministra agua: Ninguno.

Los coeficientes A, B, C son parámetros suministrados a introducir requeridos por el modelo. La integración lineal de la ecuación $P = a + bV^c$ para el período de un mes nos da la ecuación utilizada siguiente:

$$P_f = a + \frac{b}{(c + 1) * (V_f - V_i)} * (V_f^{c+1} - V_i^{c+1})^{19}$$

Con unidades de P en Hm³/mes y V, V_f, V_i en Hm³.

Si dejamos los coeficientes con valor 0 entonces se supone que la infiltración se pierde fuera del sistema aunque se descuenta del volumen embalsado, por tanto dejaremos unos valores por defecto de 0.2 para el coeficiente A, 0.3 para el valor B y 0.4 para C.

Tasa de evaporación: En este cuadro insertaremos la tasa de evapotranspiración obtenida de las estaciones meteorológicas localizadas en Valdesalor. Obteniendo los siguientes valores.

Mes	Mm/día.	Mm/mes
Octubre	1.56	46.8
Noviembre	1	30

¹⁹ Manual de usuario SimGes. Versión 3.03.01

Diciembre	1.15	34.5
Enero	1.53	45.9
Febrero	2.31	69.3
Marzo	3.13	93.9
Abril	4.46	133.8
Mayo	5.62	168.6
Junio	6.8	204
Julio	6.48	194.4
Agosto	4.74	142.2
Septiembre	2.92	87.6

Tabla 5: Datos de evapotranspiración en mm /día y mm/mes.

El siguiente paso es introducir una aportación a nuestro sistema, para ello crearemos una aportación en la barra de herramientas [Modelos] → [Opciones de Proyecto] y nos saldrá una ventana donde elegiremos que opción de modelación queremos y seleccionaremos con SimGes y en los datos de aportación seleccionaremos “Por archivo” y seleccionaremos nuestro archivo aportaciones.apo creado con las precipitaciones medias mensuales que hemos obtenido del Cedex desde el año 1974 hasta 1985 un archivo .txt con extensión .apo el cual deberá incluir los valores de aportación del río Guadiloba y de la impulsión del río Almonte, estos datos se encuentran en el Anejo N° 2: Datos hidrológicos como Aportaciones río Guadiloba e impulsión río Almonte. Para cada aportación seleccionaremos el archivo que le corresponde, para el río Guadiloba seleccionaremos “ApoGuadiloba” y para el bombeo del río Almonte, “ApoAlmonte”.

El siguiente elemento es la demanda, la que consume agua, aunque parte de ella puede retornar al sistema, los principales consumos en esta cuenca son agrícolas, urbanos e industriales, para definir por completo una demanda, también será necesario incluir el elemento de tipo “Toma” y opcionalmente un elemento tipo “retorno superficial”

Al abrir el cuadro de datos de demanda, nos encontramos con una tabla que hemos de rellenar con la demanda total en Hm^3/mes , ésta demanda la hemos hallado

multiplicando la dotación que he dado de media 250 litros / habitante y día a una población total (2018) que se abastece del embalse del Guadiloba.

POBLACION	HABITANTES
Cáceres	95.026
Malpartida de Cáceres	4.156
Sierra de Fuentes	2.000
TOTAL	101182

Tabla 6: Datos de población, año 2018.

$$101178 \text{ habitantes} * \frac{250 \text{ l}}{\text{habitantes}} = \frac{25294500 \frac{\text{l}}{\text{dia}}}{1000 \frac{\text{l}}{\text{m}^3}} = \frac{25294.5 \text{m}^3}{\text{dia}} = 25294.5 * \frac{30 \frac{\text{dias}}{\text{mes}}}{1000000 \frac{\text{m}^3}{\text{Hm}^3}} = \boxed{0.7588 \text{Hm}^3/\text{mes.}}$$

Este valor lo mayoraré para tener un resguardo en caso de incendios y otro resguardo de seguridad, multiplicándolo por 1.42, debido al 20% de reserva para incendios, otro 20% de posibles pérdidas en las conducciones y un 2% para riegos. Obteniendo un total de 1.08 Hm³/mes, aumentando a 1.1 Hm³/mes en los meses de verano (junio julio y agosto) por aumentar la evaporación y usos recreativos y por ente las perdidas en el sistema.

Mes	Hm ³
Octubre	1.1
Noviembre	1.1
Diciembre	1.1
Enero	1.1
Febrero	1.1

Marzo	1.1
Abril	1.1
Mayo	1.1
Junio	1.3
Julio	1.3
Agosto	1.3
Septiembre	1.1

Tabla 7: Datos de toma mensual.

En la infiltración, referida al acuífero que recarga, no recargará a ninguno, al igual que el bombeo, dejaré las casillas en blanco por defecto.

En el grupo “Garantías” podemos definir los criterios para identificar fallos por cada uno de los criterios de garantías que calcula el modelo SIMGES.

En “reglas de operación de ahorro de agua” dejaré por defecto la casilla en blanco.

El siguiente elemento a introducir es la Toma, que abastece de agua a la demanda (Cáceres), para definir la toma, debe existir un embalse previo y una demanda que será el destino de la misma. Para la definición de la toma debemos introducir la demanda mensual de agua, 1.1 Hm³/mes en este caso será una demanda continua.

Mes	Hm³
Octubre	1.1
Noviembre	1.1
Diciembre	1.1
Enero	1.1
Febrero	1.1
Marzo	1.1
Abril	1.1
Mayo	1.1

Junio	1.3
Julio	1.3
Agosto	1.3
Septiembre	1.1

Tabla 8: Demanda mensual

- Número de prioridad daremos el valor de 1.
- Dotación anual será la dotación mensual acumulada a lo largo del año:

$$1.1 \frac{Hm^3}{mes} * 12 meses = 13.2 Hm^3.$$

- Coeficiente de retorno determina la proporción de agua que vuelve al sistema superficial. Si este valor es distinto de cero, se debe seleccionar el “Elemento de retorno” en el desplegable correspondiente, en caso contrario se puede dejar en “Ninguno”.
- La cota de toma es aplicable a la toma conectada a embalses, como es nuestro caso, de forma que si el valor es distinto de 338 sólo permitiría suministrar agua por la toma cuando el nivel del embalse se encuentra por encima de la cota de toma. Cuando a principio de mes la cota de agua en el embalse está por encima de la de la toma y a fin de mes se encuentra por debajo, el volumen que puede suministrarse se calcula por interpolación, descontadas las restantes sueltas del embalse y sus pérdidas. Por tanto nuestra cota de toma es la 338 m.s.n.m., que es a la cota en la que se encuentra la boca de la conducción que lleva el agua a la ETAP.

El siguiente elemento a incluir en el modelo es la conducción, en nuestro caso será tipo 1, conexión sin ninguna característica especial. A continuación nos aparecerá un cuadro que tendremos que rellenar con los caudales mínimos y máximos, aquí

tendremos que mirar la directiva marco para poder servir el caudal mínimo ecológico, según el ANEJO DE LA MEMORIA 5 DEL PHT-2014 CAUDALES ECOLÓGICOS es 0.2 Hm³/mes y un caudal máximo de 13.3 Hm³/mes.

El coste del tramo se quedará sin definir debido a que debido a que no haremos el modelo de optimización con la extensión Optiges.exe.


El volumen máximo anual lo marcaremos como ilimitado, la prioridad de caudal mínimo será 1, es decir, el 100% de caudal ecológico ya que siempre se tiene que derivar dicho caudal con un 1% de fallo mensual.

A continuación definiremos las reglas de operación, que afectarán a varios elementos agrupados, para crear estas reglas iremos a la barra de herramientas [Editar] → [Reglas de Operación]

Crearemos unas nuevas normas de operación pulsando la casilla [Nuevo], en ella definiremos las reglas con las que queramos operar en la explotación de la presa.

- 1- Nombremos la regla de operación, en nuestro caso crearemos una norma única que actúe sobre umbral variable e introduciremos los valores de situación normal del embalse, prealerta y alerta.
- 2- Seleccionaremos el criterio de evaluación del estado del sistema, pudiendo elegir varias opciones, nosotros elegiremos dos para tener dos escenarios posibles.
 - a. Umbral Variable: El cual no se calcula a principio de mes, sino que se interpola cada mes según el valor introducido durante el proceso iterativo para que el resultado de las sueltas no descienda por debajo de un valor Umbral introducido, en nuestro caso será el volumen umbral mensual.
- 3- Seleccionaremos los embalses o aportaciones sobre los que evaluaremos el indicador.
- 4- Definición de la/las curvas de valor indicador y coeficiente de restricción para el cálculo del indicador.

Una vez definida la regla o reglas de operación que rigen nuestro sistema para que tenga efecto se deben elegir sobre qué elementos se aplica dichas reglas. Para ello editaremos el elemento Toma e indicaremos la regla de operación con la que queramos trabajar.

Una vez terminado de introducir todos los datos y valores en el programa, seleccionaremos validar diseño esquema de en la barra de herramientas [Modelos] → [SimGes] → [Validar diseño esquema] y en caso de haber cometido algún error nos diría en qué lugar se encuentra. Tras haber validado correctamente el esquema ejecutamos la simulación clicando en la pestaña , o en la barra de herramientas, [Modelos] → [Ejecutar SimGes], y nos saldrá una ventana para rellenar los parámetros del modelo.

Nombre del modelo: ModeloGuadiloba
Nombre escenario: Guadiloba
Subcarpeta escenario: escenario001
Año: 1974
Nº años: 11
Archivo de aportaciones: aportaciones.apo.
Versión SimGes: 3.05

Tras aceptar esta ventana, el programa realizará una comprobación de la integridad general de los datos, y si esta es correcta, hará la simulación. Mientras se está ejecutando el programa aparecerá una ventana de control que permanecerá el tiempo que dure la simulación, dependiendo del número de años y del tamaño del esquema.

El esquema final de nuestro modelo se encuentra en el Anejo de planos: Plano N° 7: Diseño del modelo hidrológico con Aquatool+.

5.2 Estudio del nivel del embalse

Este embalse se sitúa en la mitad aproximadamente del cauce del río Guadiloba de 61.47 km de longitud, en concreto entre los Km 28.6 y 31.9, estando el N.M.N. entre las cotas 359 y 360 m.s.n.m. ocupando una superficie de 223 Ha. Con una capacidad de proyecto de 20.4 Hm³.

La cubicación del vaso receptor se rige por la curva cota- volumen obtenida del Anejo N° 4 del proyecto original del embalse del Guadiloba.

Como se observa en la gráfica, en la zona más cercana a la superficie, la curva es mucho más tendida, por tanto, la relación: superficie inundada – volumen de agua acumulada es muy baja, como podemos observar en la gráfica: superficie inundada – volumen acumulado, cuando genere la superficie con el terreno modificado compararemos las curvas generadas.

La gráfica nos indica que aun siendo ascendente, se podría hacer más vertical disminuyendo la superficie de contacto, diciendo esto podemos pensar en hacer un movimiento de tierras en las zonas terrestres entrantes en el embalse, o si el marco medioambiental no lo prohíbe por estar en un zona ZEPA, se podría barajar la opción de construir una balsa en las zonas aledañas.

Para conocer el tipo de cuenca que estamos estudiando, hemos creado un mapa usando Quantum Gis, con el objetivo de ver los rangos de alturas de la cuenca, separando las zonas en tramos de 40 m. para saber dependiendo de las alturas el tipo de cuenca y río que es, si de montaña, de tramo medio o de desembocadura.

Observando los resultados obtenidos en el Plano N° 5: “Discretización por alturas” de la cuenca del Río Guadiloba, con resultados en Km² y su respectivo porcentaje correspondiente a la superficie total.

Cota	Superficie (Km ²)	Porcentaje
320 - 360 m	12	8.88
360 - 400 m	23	17.03
400 - 440 m	76	56.29

440 - 480 m	20	14.81
480 - 520 m	4	2.96

TOTAL	135 Km ²	100%
--------------	---------------------	------

Tabla 9: Discretización por alturas de la cuenca del río Guadiloba

Aplicando la fórmula del factor de forma y siguiendo la tabla de resultados

$$Ff = \frac{A}{L^2}$$

Ff = Factor de forma

A = Área de la cuenca en km²

L = Longitud de la cuenca en Km

A= 135 Km²

L= 60.6 Km.

F.f. = 0.3380

Factor de forma (valores aproximados)	Forma de la cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

Tabla 10: Factor de forma de la cuenca.

Nos encontramos ante una cuenca ligeramente alargada al obtener un factor de forma de 0.338.

Pendiente media (%)	Terrenos
0 a 2	Llano

2 a 5	Suave
5 a 10	Accidentado medio
10 a 15	Accidentado
15 a 25	Fuertemente accidentado
25 a 50	Escarpado
>50	Muy escarpado

Tabla 11: Relación pendiente - Terreno

También, siguiendo la tabla anterior, y observando nuestra pendiente media (0.8 – 0.6 %) obtenida automáticamente por la diferencia de cotas dividida entre la longitud total del río, estamos en la capacidad de afirmar que nuestra cuenca está en un terreno llano.



Figura 22: Perfil longitudinal del río Guadiloba²⁰

El método de desembalse que se usa en esta presa es el vertido por lamina libre sobre vertedero, regulado por una, dos o tres compuertas accionadas automáticamente desde un centro de control automatizado.

El caudal máximo de desagüe con una compuerta es de 75 m³/s, con dos compuertas 150 m³/s y con las tres compuertas abiertas es de 220 m³/con una cota de la lámina de agua que es la máxima de proyecto (362.25m).

²⁰ Google Earth.

La restitución del agua al cauce se hace por medio de un trampolín situado en la base del cuerpo de presa aguas abajo, dependiendo del número de compuertas que estén abiertas, la curva de vaciado son las representadas en la figura nº23.

Los desagües sobre vertedero atienden a las siguientes curvas obtenidas por medio de Excel, he realizado el ajuste a las curvas polinómicas para obtener un mejor resultado, no obstante con las ecuaciones de las curvas podríamos tener cualquier valor tanto de cota de embalse introduciendo el caudal o viceversa. Para obtener dichas curvas he introducido los datos de Caudal desaguado según número de compuertas abiertas, que se encuentran en el Anejo nº 2: Datos hidrológicos.²¹

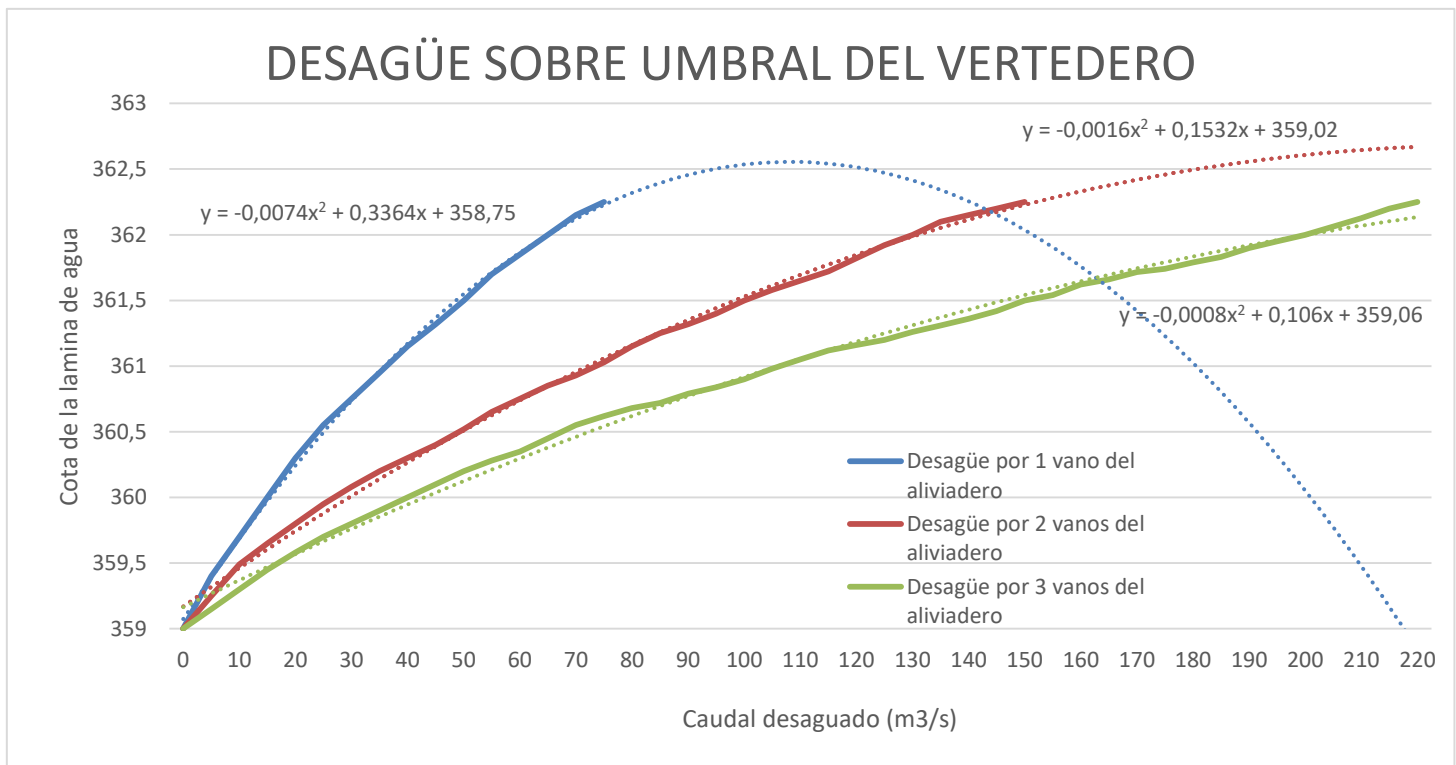


Figura 23: curvas de vaciado según cota de la lámina de agua.

5.3 Modificación régimen de almacenamiento.

²¹ Consultar datos Anejo nº 2: Datos hidrológicos.

La modificación del régimen de almacenamiento se basa en nuestra simulación en la modificación de las reglas de operación. En nuestro ámbito de estudio contemplaremos solamente el umbral variable.

Para poder hacer la simulación lo más próxima a la realidad, la regla de operación utilizada la he basado en un umbral variable, para obtener en primer lugar unos valores orientativos con el menor volumen que puede almacenar la presa en situación de emergencia, éstos valores los he obtenido de la Propuesta de proyecto de Plan hidrológico de cuenca de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo, del apartado “Valores umbrales del indicador en el sistema de Abastecimiento a Cáceres y su zona de influencia”. En umbral variable simularé las cuatro opciones, normal, prealerta, alerta y emergencia.

UMBRALES EN EL EMBALSE DE GUADILOBA				
20 (Hm³)				
Mes	Normal	Prealerta	Alerta	Emergencia
Octubre	12,5	8,66	4,67	2,78
Noviembre	12,5	8,30	4,25	2,76
Diciembre	12,5	7,84	3,74	2,65
Enero	12,5	8,63	4,44	2,62
Febrero	12,5	10,56	6,05	2,67
Marzo	12,5	13,74	7,68	2,72
Abril	12,5	15,76	8,78	2,89
Mayo	12,5	16,43	9,57	2,90
Junio	12,5	15,27	8,82	2,67
Julio	12,5	13,17	7,75	2,65
Agosto	12,5	11,64	6,79	2,85
Septiembre	12,5	10,13	5,78	2,85

Tabla 12: Volúmenes del embalse Guadiloba.

En primer lugar simularemos la situación actual, con un volumen de almacenamiento de 20 Hm³, para servir una demanda de 250 litros por habitante y día a una población

de 101.178 habitantes, por tanto la demanda anual al pasar de litros/habitante y día a $Hm^3/año$ es de $9.23 Hm^3$ más los $1.1 Hm^3/mes$ de la impulsión del río Almonte

$$\frac{250 \frac{l}{h \text{ día}}}{1000 \frac{l}{m^3}} = 0.25 \frac{m^3}{h \text{ día}} * 101178 \text{ hab} = 25294.5 \frac{m^3}{día} * \frac{365 \text{ días/año}}{1000000 \frac{m^3}{Hm^3}}$$

$$= 9.23 Hm^3$$

$$9.23 + 9 * 1.1 + 3 * 1.3 = 23.03 \frac{Hm^3}{año}$$

Nuestro esquema de diseño para llevar a cabo la simulación en el programa Aquatool+ que se encuentra en el Anejo 1: Planos, Plano nº 7: Diseño modelo Hidrológico – AQUATOOL+.

Una vez simulado el modelo con un volumen de embalse inicial equivalente al volumen medio de los últimos 10 años, que es de $12,5 Hm^3$, obtenemos los resultados que podemos encontrar en el archivo donde se recogen todas las simulaciones llevadas a cabo en el proyecto: “SimulaciónPrealertaActual”.

Nº fallos: 44. Garantía: 66.7% Garantía volumétrica: 92.5% máximo déficit mensual: $1.06 Hm^3$ máximo déficit en 2 meses: $1.807 Hm^3$.

Criterio anual: nº fallos: 5. garantía: 54.5%

El número de fallos anuales del Sistema de suministro es de 5 meses, esto quiere decir, que durante 5 meses seguidos no se puede servir la demanda, es más, solo se podrá satisfacer en un 54.5% del tiempo, el déficit máximo mensual es de $1.06 Hm^3$. Por tanto no se puede cumplir la garantía requerida del 95%

En la siguiente simulación utilizaré los umbrales de la situación de alerta, obteniendo unos resultados no muy distantes del caso anterior, el déficit mensual se queda en $1.06 Hm^3$. La garantía de consumo es del 66.7% y la garantía volumétrica es del 92.5%.

Ahora introduciré los valores de emergencia en las reglas de operación variable para que comprobar la garantía en la situación más desfavorable. Los resultados obtenidos los podemos observar en el archivo “SimulacionEmergenciaActual”,

Nº fallos: 44. Garantía: 65.3% Garantía volumétrica: 89.5% máximo déficit mensual: 1.66 Hm³ máximo déficit en 2 meses: 3.2 Hm³.

Criterio anual: nº fallos: 5. Garantía: 54.5%

A continuación realizaré la simulación con una menor aportación del rio Almonte, con un caudal de 0.375Hm³/mes, esto nos dará unos resultados en cuanto a la garantía menor, debido a que el resto de la demanda se cogerá del embalse. Los resultados obtenidos que se encuentran en el archivo “SimulacionMedioAlmontePrealerta”

Nº fallos: 42. Garantía: 62.2% garantía Volumétrica: 76.0% máximo déficit mensual: 1.30 Hm³ máximo déficit en 2 meses: 2.60 Hm³

Criterio anual: nº fallos: 9 Garantía: 18.2%

Observamos que la garantía de consumo disminuye hasta el 62.2% con una garantía volumétrica de 76.0% y un déficit máximo mensual de 1.3 Hm³, un fallo de 9 meses a lo largo del año, lo cual nos da una garantía de suministro del 18.2%.

En la siguiente simulación aumentaré la población total a 130.000 personas, siendo un incremento de 28.822 personas, que es un 18% aproximadamente de la población con respecto al esquema inicial, por tanto, la repercusión de dicho aumento se verá reflejado en un aumento de la demanda en porcentaje similar al aumento de la población de 1.1Hm³/mes a 1.3 Hm³/mes y 1.5 Hm³/mes en meses de estío sin modificar el volumen de almacenamiento. La dotación anual aumentará según la siguiente expresión.

$$\frac{250 \frac{l}{h \text{ dia}}}{1000 \frac{l}{m^3}} = 0.25 \frac{m^3}{h \text{ dia}} * 130000 \text{ hab} = 32500 \frac{m^3}{dia} * \frac{\frac{365 \text{ dias}}{\text{año}}}{\frac{1000000 m^3}{Hm^3}}$$

$$= 11.8625 Hm^3$$

$$11.8625 + 1.3 * 9 + 1.5 * 3 = 28.06 \frac{Hm^3}{año}$$

Obteniendo como resultado el archivo “SimulacionFuturoPrealerta” obtenemos el siguiente resultado:

no. fallos: 30. Garantía: 77.3% Garantía Volumétrica: 86.6%
máximo déficit mensual: 1.50 Hm³ máximo déficit en 2 meses: 2.534

Criterio anual: nº fallos: 6 Garantía: 45.5%

Estamos en disposición de decir que es más que necesario el aumento de capacidad del embalse, porque viendo las garantías que tenemos, una vez introducidos los datos de la demanda futura, con un nivel de prealerta, obtenemos una garantía de 77.3%, con 6 meses de fallo, con una garantía volumétrica del 86.6% y una garantía anual del 45.5% lo cual se encuentra muy lejos de los requisitos impuestos por la normativa.

A continuación simularé la posibilidad de que con la mitad de aportación en el rio Almonte se dé la situación de alerta a 100 años vista. Obteniendo como resultados lo observado en el archivo “SimulacionFuturoAlertaMedioAlmonte”

No. Fallos: 56 Garantía: 57.6% Garantía Volumétrica: 69.1%
Máximo déficit mensual: 1.50Hm³ Máximo déficit en 2 meses: 3.000

Criterio anual: nº fallos: 11. Garantía: 0.0%

Viendo estos resultados confirmamos que en un futuro con la mitad de aportaciones del rio Almonte no se podrá suministrar agua en la situación de alerta.

5.4 Necesidades de recursos hídricos.

Vistos los resultados de las simulaciones anteriores en los distintos umbrales de situación normal, prealerta, alerta y emergencia, nos vemos obligados a aumentar el volumen de almacenamiento de nuestro embalse, aumentar el caudal de impulsión del rio Almonte o una combinación de ambos.

A primera instancia, la principal propuesta que barajamos es aumentar el volumen de embalse en 9 Hm³, este volumen viene dado por el volumen mensual bombeado desde el rio Almonte, 0.75 Hm³/mes acumulado durante los 12 meses del año, para así dejar

de usar la captación del río como toma secundaria y suministrar el 100% del agua a la población desde el embalse.

Las simulaciones que realizaré para comprobar las garantías serán con la demanda actual y futura con los tres umbrales de embalse: prealerta, alerta y emergencia, siendo la aportación del río Almonte $0 \text{ Hm}^3/\text{mes}$ ya que el volumen se cogerá del embalse aumentado a 29 Hm^3 .

-Simulación Demanda actual situación de prealerta y sin aportación del río Almonte:

nº fallos: 79. Garantía: 40.2%, Garantía Volumétrica: 46.3%, Máximo déficit mensual.: $1.30 \text{ Hm}^3/\text{mes}$, Máximo déficit. 2 mes: 2.60 Hm^3 ,

Criterio anual: nº fallos: 11. Garantía: 0.0%

-Simulación Demanda actual situación Alerta sin aportación del río Almonte:

Nº fallos: 79 Garantía: 42.2% Garantía Volumétrica: 50.3%
Máximo déficit mensual: $1.30 \text{ Hm}^3/\text{mes}$, Máximo déficit 2 mes: 2.60 Hm^3

Criterio anual: nº fallos: 11, Garantía: 0.0%.

Observando los malos resultados con la demanda actual, si aumentamos la demanda para una situación futura, los valores de garantía y volumen serían bastante más bajos, por tanto estamos en disposición de afirmar que además de no ser útil el aumento solamente de capacidad del embalse, sería necesaria la aportación del río Almonte aumentando el volumen que se impulsará al embalse del Guadiloba hasta de $1 \text{ Hm}^3/\text{mes}$. Además de un aumento de volumen que hallaremos a continuación. Con dicha aportación los volúmenes y garantías que tendríamos serían los siguientes.

-Simulación Demanda actual Situación normal del embalse, con 12,5 Hm³ de llenado y capacidad 20 Hm³ y aportación del Almonte de 1Hm³/mes:

Nº fallos: 14 Garantía: 95.7% Garantía Volumétrica: 95.7%

Máximo déficit mes: 0.84Hm³ Máximo déficit 2 meses: 1.67 Hm³.

Criterio anual: nº fallos: 6. Garantía: 45.5%

-Simulación Demanda actual Situación prealerta y aportación del Almonte de 1 Hm³/mes.

Nº fallos: 29. Garantía: 77.0% Garantía volumétrica: 77.0% Máximo déficit mensual: 1.30 Hm³/mes. Máximo déficit. 2 meses: 2.60 Hm³/mes

Criterio anual: nº fallos: 6. Garantía: 45.5%

Como es comprensible en situación de prealerta la garantía de suministro volumétrica disminuirá pues se activan varias restricciones como cortes de suministro a fuentes públicas o riegos a parques y jardines públicos. En situación de alerta, esta garantía aumentará puesto que tenemos que estar más seguros de que se servirá la demanda que en la situación de prealerta ya que el volumen de agua disponible es menor.

Ahora simularé una combinación de aumento de capacidad del embalse a 25 Hm³ y un incremento de la aportación de 1 Hm³/mes.

-Simulación Demanda Actual con incremento de 5 Hm³ en la capacidad del embalse del Guadiloba y aumento de impulsión del Almonte 1 Hm³ en situación normal.

Nº fallos: 12 Garantía: 90.9% Garantía volumétrica: 95.9%

máximo déficit mensual: 0.963 Hm³ Máximo déficit en 2 meses: 1.772 Hm³

Criterio anual: Nº fallos: 5 - Garantía: 54.5%.

-Demanda actual con incremento de 5 Hm³ en la capacidad del embalse del Guadiloba y un incremento de la aportación de 1 Hm³ en situación de prealerta.

Nº de fallos: 26. Garantía: 80.3% Garantía volumétrica: 80.1% Máximo déficit mensual: 1.30 Hm³ Máximo déficit en 2 meses: 2.60 Hm³

Criterio anual: nº fallos: 6 - Garantía: 45.5%

-Demanda futura con incremento de 5 Hm³ en la capacidad del embalse del Guadiloba y un incremento de la aportación de 1 Hm³ en situación normal.

Nº de fallos: 25. Garantía: 81.1% Garantía volumétrica: 89.1% Máximo déficit mensual: 1.482 Hm³ Máximo déficit en 2 meses: 2.417 Hm³

Criterio anual: nº de fallos: 8 - Garantía: 27.3%

-Demanda futura con incremento de 5 Hm³ en la capacidad del embalse del Guadiloba y un incremento de la aportación de 1 Hm³ en situación prealerta.

Nº de fallos: 34. Garantía: 74.2% Garantía Volumétrica: 73.6% Máximo déficit mensual: 1.50 Hm³ Máximo déficit en 2 meses: 3.0 Hm³

Criterio anual: Nº Fallos: 6 - Garantía: 45.5%

Con los datos obtenidos podemos hacer una gráfica que nos relaciona la garantía volumétrica con el volumen de embalse más la aportación mensual del Almonte.

Para comparar resultados, he tomado los datos de aportaciones de los años 1999-2014 y he hecho las simulaciones principales para comparar las garantías volumétricas de los primeros años de explotación con las garantías volumétricas actuales

	AÑO 1974 - 1985		
	SIT. NORMAL	SIT. PREALERTA	SIT. ALERTA
Situación Actual	85.6%	64.8%	85.9%

Impulsión Almonte 1Hm ³	95.7%	77%	96.6%
------------------------------------	-------	-----	-------

Tabla 13: Garantía consuntiva entre los años 1974-1985

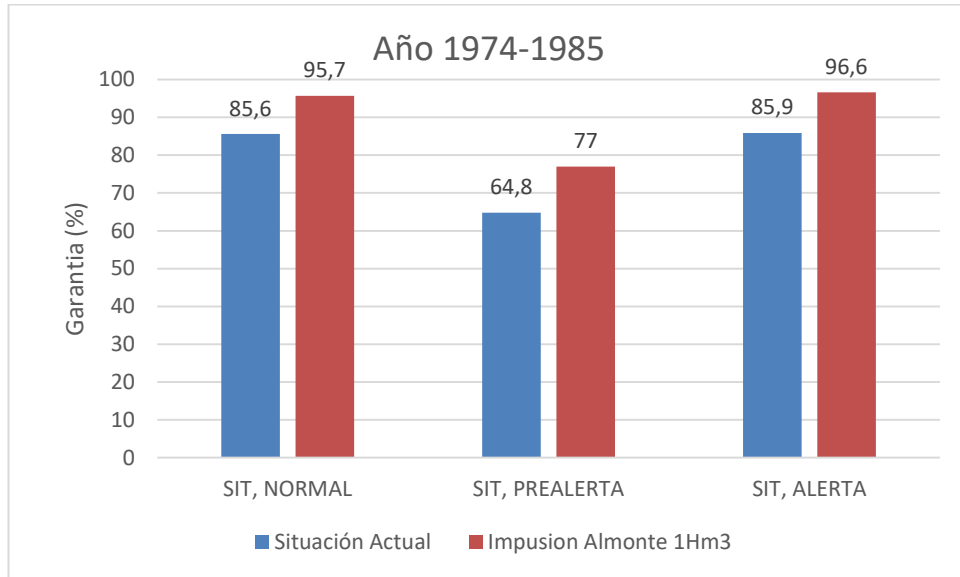


Figura 24: Representación de las garantías consuntivas años 1974-1985.

	AÑO 1999-2014		
	SIT. NORMAL	SIT. PREALERTA	SIT. ALERTA
Situación Actual	88.9%	67.3%	88.9%
Impulsión Almonte 1Hm ³	97.7%	80.6%	97.7%

Tabla 14: Garantía consuntiva entre años 1999-2014.

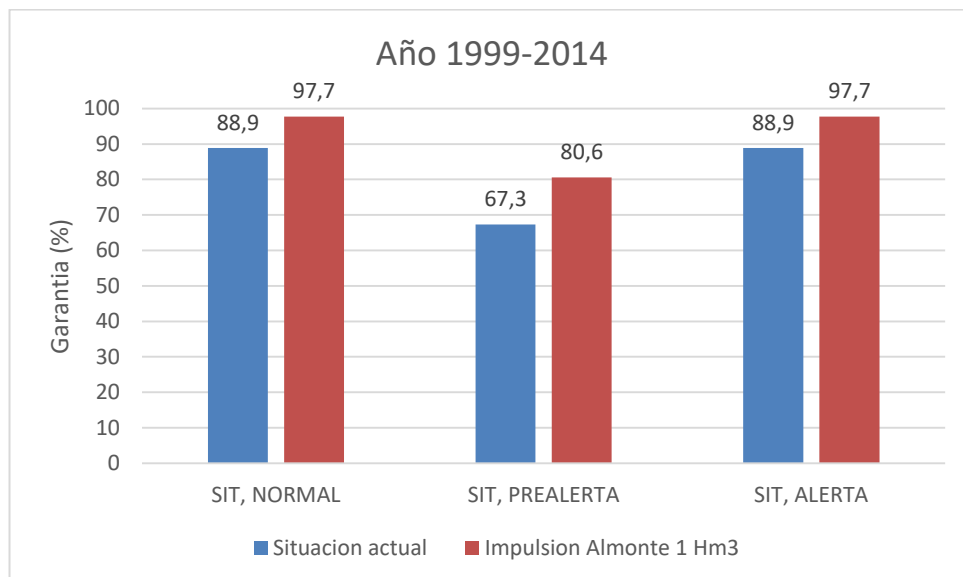


Figura 25: Representación de garantías consuntivas años 1999-2014.

Las garantías volumétricas de los años más recientes son mayores que las de los primeros años, esto se debe a la modernización del sistema de abastecimiento minimizando las pérdidas. Observando los resultados podríamos afirmar que con incrementar el volumen de la impulsión $0.25\text{Hm}^3/\text{mes}$ sería suficiente para garantizar un 95% de garantía de abastecimiento, esto quiere decir que el aumento de volumen que deberíamos hacer para dejar de utilizar la impulsión del río Almonte es de 12Hm^3 , esto es un incremento del 60% en la capacidad, lo cual colocaría al embalse del río Guadiloba con 32Hm^3 .

	AÑO 2000- 2100		
	SIT, NORMAL	SIT, PREALERTA	SIT ALERTA
Volumen embalse 20Hm^3	74,8%	59,1%	75,1%
Volumen embalse 32Hm^3	75,3%	67,9%	75,6%

Tabla 15: Garantía Consuntiva años 2000-2100

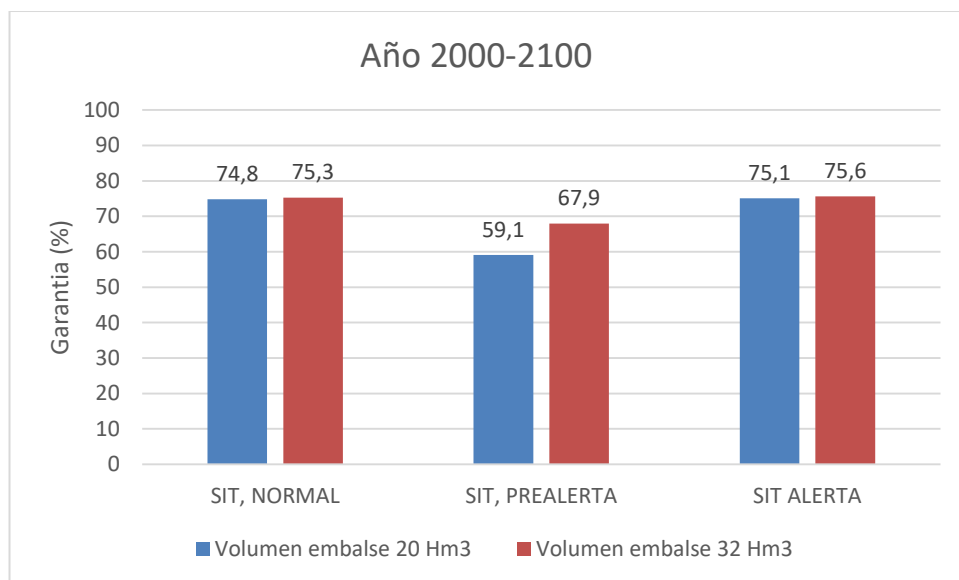


Figura 26: Representación de garantías años 2000-2100

Aun teniendo una garantía suavemente mayor cuando la capacidad del embalse aumente a 32Hm^3 , las reservas de agua son bastante más altas que si se quedara en la

situación actual (20Hm^3) a la garantía máxima obtenida en nuestras simulaciones (97.7%), siendo en una situación normal aumentando la impulsión del Almonte en 1Hm^3 , con una demanda de $1.1\text{Hm}^3/\text{mes}$, en el caso que se aumente el embalse, estamos suministrando una demanda de $1.3\text{Hm}^3/\text{mes}$ a una población 28.000 personas mayor que en la actualidad.

La cantidad de agua almacenada en esta situación sería bastante mayor, ya que el 75.3% de 32Hm^3 son 24.096Hm^3 que tendríamos almacenados y el 97.7% de la garantía volumétrica de 20Hm^3 son 19.54Hm^3 , esta cantidad sería menor puesto que habría que restarle el 5% de resguardo de seguridad. Por tanto estamos en disposición de afirmar que la ampliación del embalse en aproximadamente 12Hm^3 sería suficiente para resolver el objetivo de este trabajo fin de grado.

Para los próximos 100 años hemos obtenido los datos de precipitación con los valores de los años 2000 al 2014 mediante el proceso de agrupamiento de Newman-Scott²², este modelo es un proceso de agrupamiento de Poisson, este proceso también se conoce como ley de sucesos raros, es un proceso estocástico de tiempo continuo que consiste en cuantificar los eventos raros que ocurren a lo largo del tiempo, el tiempo entre cada par de eventos consecutivos tiene una distribución exponencial, de modo que un número aleatorio de puntos están distribuidos independientemente alrededor del centro del agrupamiento de acuerdo a una determinada función de distribución de la distancia (Waymire and Gupta, 1981). Según Waymire and Gupta (1981) este proceso de agrupamiento fue introducido por J.Neyman y E. Scott en el año 1958 en problemas de cosmología. En el proceso de N-S cada evento de lluvia es originado por un mecanismo de activación, denominado *origen del evento* y descrito por un proceso de Poisson que fija el comienzo del evento, el número del evento, el número de celdas elementales en cada agrupamiento es una variable aleatoria independiente y de igual distribución. La cantidad de lluvia asociada en cada celda elemental es una variable aleatoria y la secuencia de tal variable es independiente e idénticamente distribuida, cada celda se ubica en el tiempo de forma aleatoria a partir del correspondiente centro del agrupamiento, con una distancia temporal independiente e idénticamente

²² Evaluación del modelo de Neyman-Scott para simulación de lluvia en un punto geográfico

distribuida. Originalmente el modelo N-S aplicado a generación de lluvias fue desarrollado para pulsos instantáneos (por ejemplo Rodríguez-Iturbe et al., 1984), vale decir, cada tormenta se representaba por medio de un grupo de celdas o pulsos con duración nula. En un posterior desarrollo Rodríguez-Iturbe (1986) introduce la duración del pulso por lo que la variable que fijaba la cantidad de lluvia es sustituida por dos variables aleatorias e idénticamente distribuida, una variable describe la intensidad de lluvia y la segunda la duración de cada celda o pulso. Dentro de cada pulso la intensidad es considerada constante por lo cual el pulso adquiere la forma rectangular. El esquema de representación de tormentas del modelo de Neyman- Scott se ilustra en la siguiente figura.

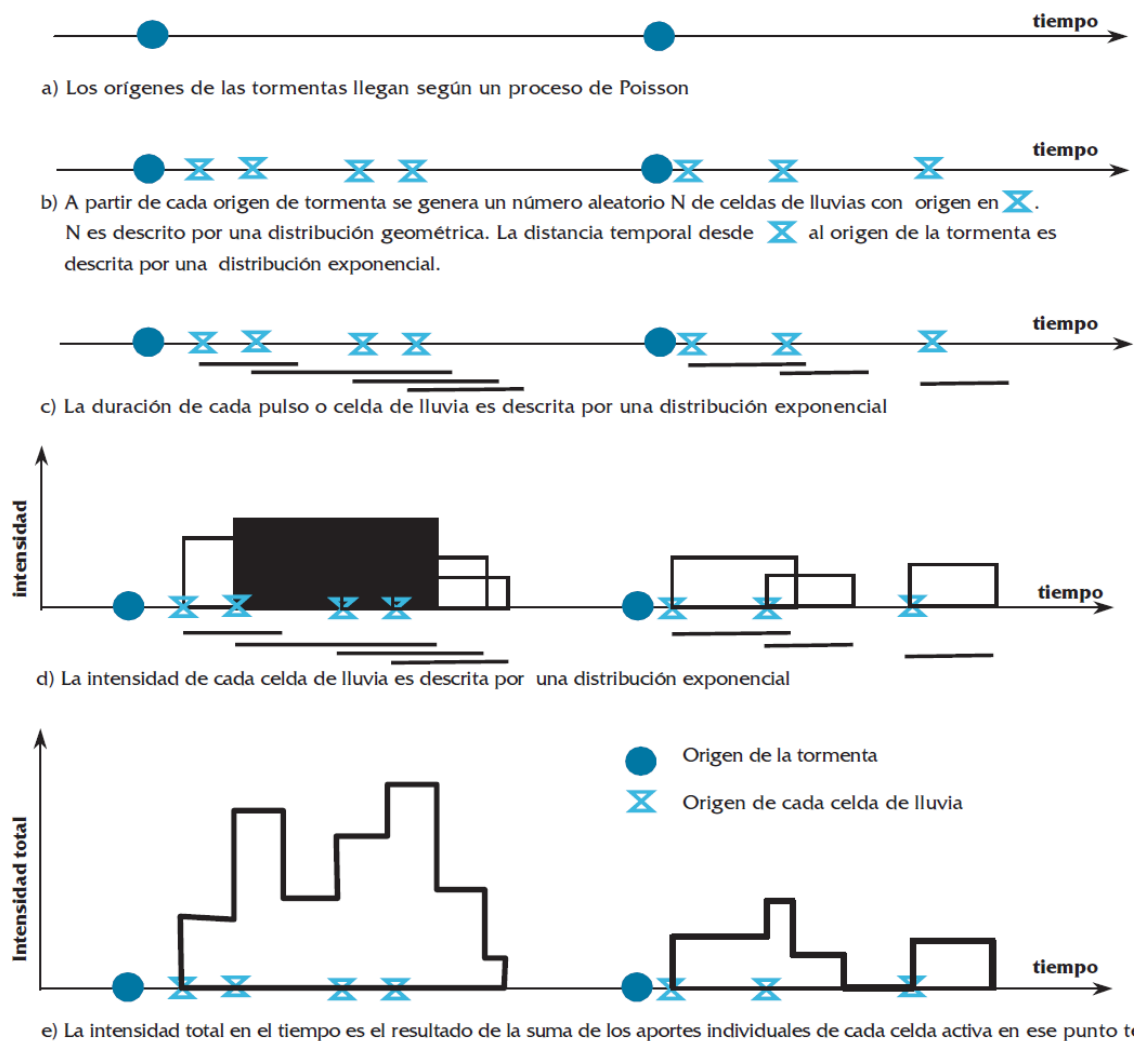


Figura 27: Esquema de representación de tormentas del Modelo de Neyman-Scott (Coppertwait, 1991)

En el Apéndice se presenta la descripción del modelo de N-S, las ecuaciones constitutivas, el análisis de fluctuaciones y la estimación de los parámetros. Las ecuaciones del Apéndice son numeradas desde (1A) hasta (24A).

La elección del intervalo de agregación se fundamentó en: (a) el mínimo valor posible con información en la Estación Rosario-Aero en al menos el 95 % de las tormentas; (b) la existencia de información de distribuciones internas en series parciales de estaciones pluviográficas vecinas para las tormentas sin información en detalle en Estación Rosario-Aero y (c) confiabilidad del método de completamiento de la distribución interna verificado en base a tormentas registradas simultáneamente en todas las estaciones de la región. El mínimo intervalo de agregación adoptado de los registros de lluvia fue de 1/2 hora.

Dicho intervalo comprende a más del 95% de las tormentas observadas. La estación Rosario-Aero tiene 5 estaciones vecinas en un radio no mayor a 35 km con registros parciales de la serie de lluvias en estudio (Arnold, Ibarlucea, DNC, Zavalla y Planetario) por lo que el completamiento de la distribución interna en intervalos de ½ hora en el 5% de las tormentas de la serie se llevó a cabo mediante la aplicación de un algoritmo de representación de campos paramétricos continuos desarrollado por Zimmermann y Silber (2002) que utiliza una formulación estadístico matemática basada en estructuras espaciales de correlación.²³

Una vez obtenidos los datos de precipitación entre los años 2000 y 2014 del cedex, los introduciremos en HBV-Light, de esta forma hemos obtenido los datos de precipitación mensual comprendidos entre los años 2000 y 2100, ahora estos valores los introduciré en Aquatool+ y obtendré los resultados de garantías consuntivas en situaciones normal, prealerta y alerta introduciendo la demanda futura (1.3 y 1.5

²³ Waymire, E. and V.K. Gupta (1981), *The mathematical structure of rainfall representations: 1. A review of the stochastic rainfall models. 2. A review of the theory of point processes. 3. Some applications of the point process theory to rainfall processes*, *Water Resources Research*, Vol. 17 (5), pp.1261-1294

Hm³/mes) y demanda actual (1.1 y 1.3 Hm³/mes) con volumen de embalse de 20 y 32 Hm³ y un volumen de impulsión del río Almonte de 1 Hm³/mes.

Para la simulación de los datos de demanda futura hemos obtenido los datos del umbral variable mensual en proporción al volumen de almacenamiento, ya que en algunos casos, en situación de prealerta dichos valores eran más bajos que los valores mínimos de agua almacenada en el embalse cuando el volumen era 20 Hm³, y a la hora de correr la simulación nos devuelve un error, por tanto los valores umbrales en situación normal ha sido el volumen inicial de llenado (20 Hm³) y los usados en situación de prealerta y alerta han sido los siguientes.

UMBRALES EN EL EMBALSE DE GUADILoba				
32 (Hm³)				
Mes	Normal	Prealerta	Alerta	Emergencia
Octubre	20	15,66	9,16	4,8
Noviembre	20	14,74	8,24	4,8
Diciembre	20	13,82	7,32	4,8
Enero	20	15,50	9,00	4,8
Febrero	20	19,10	12,60	4,8
Marzo	20	22,75	16,25	4,8
Abril	20	24,89	18,39	4,8
Mayo	20	26,69	20,19	4,8
Junio	20	25,49	18,99	4,8
Julio	20	23,07	16,57	4,8
Agosto	20	20,39	13,89	4,8
Septiembre	20	18,06	11,56	4,8

Tabla 16: Umbrales utilizados en las simulaciones con volumen de embalse 32 Hm³

A continuación se muestran los resultados obtenidos de las distintas situaciones simuladas para comparar resultados finales y obtener las conclusiones utilizando las precipitaciones obtenidas para los años 2000-2099.

-Simulación de situación normal con volumen de 20 Hm³ demanda actual.

Nº fallos: 270 Garantía: 77.3% Garantía volumétrica: 80.4%

Máximo déficit mensual: 1.29Hm³ Máximo déficit en 2 meses: 2.5 Hm³

Criterio anual: Nº fallos: 52. Garantía: 47.5%

-Simulación de situación de prealerta con volumen de 20 Hm³ demanda actual:

Nº fallos: 406 Garantía: 65.8% Garantía volumétrica: 65.6%

máximo déficit mensual: 1.30 Hm³ Máximo déficit en 2 meses: 2.60 Hm³

Criterio anual: Nº fallos: 70. Garantía: 29.3%

-Simulación de situación de alerta con volumen de 20 Hm³ demanda actual:

Nº fallos: 270 Garantía: 77.3% garantía volumétrica: 80.4%

máximo déficit mensual: 1.29Hm³ Máximo déficit en 2 meses: 2.59 Hm³

Criterio anual: Nº fallos: 52. Garantía: 47.5%

-Simulación de situación normal con volumen de 20 Hm³ demanda futura:

Nº fallos: 347. Garantía: 70.8% Garantía volumétrica: 75.1%

máximo déficit mensual: 1.49 Hm³ Máximo déficit en 2 meses: 2.99 Hm³

Criterio anual: Nº fallos: 68. Garantía: 31.3%

-Simulación de situación de prealerta con volumen de 20 Hm³ demanda futura:

Nº fallos: 464. Garantía: 60.9% garantía volumétrica: 60.8%

máximo déficit mensual: 1.50 Hm³ Máximo déficit en 2 meses: 3.00 Hm³

Criterio anual: Nº fallos: 79. Garantía: 20.2%

-Simulación de situación de alerta con volumen de 20 Hm³ demanda futura:

Nº fallos: 347. Garantía: 70.8% garantía volumétrica: 75.1%
máximo déficit mensual: 1.49 Hm³ máximo déficit en 2 meses: 2.99 Hm³

Criterio anual: Nº fallos: 68. Garantía: 31.3%

-Simulación de situación de normal con volumen de 32 Hm³ demanda actual:

Nº fallos: 239. Garantía: 79.9% Garantía volumétrica: 81.4%
máximo déficit mensual: 1.30 Hm³ Máximo déficit en 2 meses: 2.60 Hm³

Criterio anual: Nº fallos: 49. Garantía: 50.5%

-Simulación de situación de prealerta con volumen de 32 Hm³ demanda actual:

Nº fallos: 242. Garantía: 79.6% Garantía volumétrica: 81.1%
máximo déficit mensual: 1.30 Hm³ máximo déficit en 2 meses: 2.60 Hm³

Criterio anual: Nº fallos: 48. Garantía: 51.5%

-Simulación de situación de alerta con volumen de 32 Hm³ demanda actual:

Nº fallos: 238. Garantía: 80.0% Garantía volumétrica: 81.4%
máximo déficit mensual: 1.30 Hm³ Máximo déficit en 2 meses: 2.60 Hm³

Criterio anual: Nº fallos: 48. Garantía: 51.5%

-Simulación de situación de normal con volumen de 32 Hm³ demanda futura:

Nº fallos: 310. Garantía: 73.9% garantía volumétrica: 76.0%
máximo déficit mensual: 1.50 Hm³ máximo déficit en 2 meses: 3.00 Hm³

Criterio anual: Nº Fallos: 62. Garantía: 37.4%

-Simulación de situación de prealerta con volumen de 32 Hm³ demanda futura:

Nº fallos: 310. Garantía: 73.9% garantía volumétrica: 76.0%

Máximo déficit mensual: 1.50 Hm³ máximo déficit en 2 meses: 3.00 Hm³

Criterio anual: Nº fallos: 62. Garantía: 37.4%

-Simulación de situación de alerta con volumen de 32 Hm³ demanda futura:

Nº fallos: 310. Garantía: 73.9% garantía volumétrica: 76.0%

máximo déficit mensual: 1.50 Hm³ máximo déficit en 2 meses: 3.00 Hm³

Criterio anual: Nº fallos: 62. Garantía: 37.4%

	SIT. NORMAL	SIT. PREALERTA	SIT ALERTA
Volumen embalse 20 Hm ³ demanda actual	77.3%	65.8%	77.3%
Volumen embalse 32 Hm ³ demanda actual	79.9%	79.6%	80%
Volumen embalse 20 Hm ³ demanda futura	70.8%	60.9%	70.8%
Volumen embalse 32 Hm ³ demanda futura	73.6%	73.9%	73.9%

Tabla 17: Garantías consuntivas para los años 2000-2100.

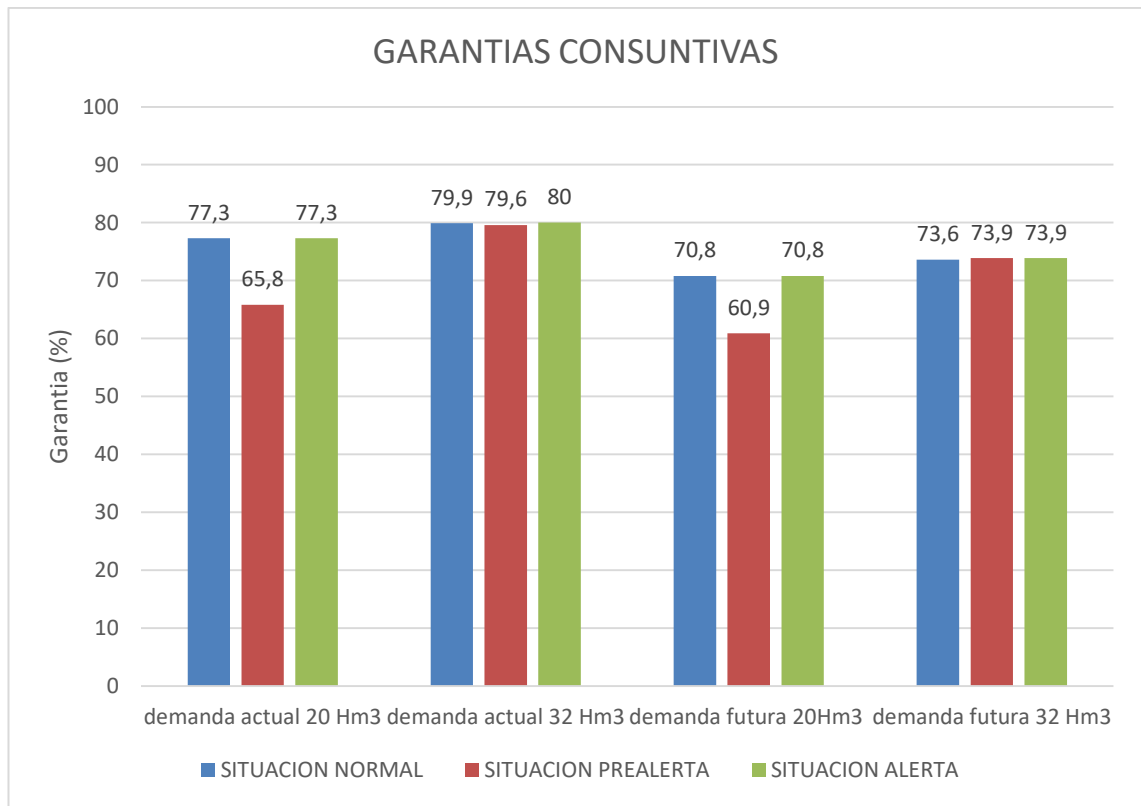


Figura 28: Representación de las garantías para las distintas situaciones propuestas

5.5 Afecciones al medio natural.

Observando los resultados obtenidos con el programa HBV-Light y Aquatool+, y el modelo hidrológico obtenido con los datos con la predicción futura, dichos volúmenes serán los que usaremos para determinar los volúmenes que necesitaremos para garantizar que la demanda se cumple con un porcentaje que esté dentro de la normativa. Como hemos explicado en párrafos anteriores, la necesidad de incrementar el volumen es evidente.

En primer lugar y antes de pensar en cualquier alternativa para aumentar la capacidad de almacenamiento de embalse hemos de saber que nos localizamos en una zona

Z.E.P.A.²⁴ esta situación nos restringe muchísimo el campo de movimiento de tierras y nuevas obras, todas estas afecciones se encuentran recogidas en la *ORDEN de 28 de agosto de 2009 por la que se aprueba el “Plan rector de uso y gestión de la Zona de Interés Regional Llanos de Cáceres y Sierra de Fuentes”* concretamente en los siguientes puntos:

1.9.3: Especies de especial interés de conservación.

A continuación se expone la lista de especies agrupadas por familias en orden alfabético

CARRYOPHILLACEAE

“*Paronychia capitata*”.

“*Paronychia rouyana*”.

COMPOSITAE

“*Abacyclus x bethuriae*”.

“*Andryala laxiflora*”.

“*Carduus platypus subsp. Platypus*”.

“*Onopordum macracanthum*”.

“*Picris comosa subsp. Lusitánica*”.

“*Policaria odora*”.

IRIDACEAE

“*Iris lusitánica*”

LABIATAE

“*Cleonia lusitánica*”.

“*Lavandula stoechas subsp. Luisieri*”.

“*Nepeta tuberosa*”.

ORCHIDACEAE

“*Ophrys lutea*”.

CRUCIFERAE

“*Biscutella lusitánica*”.

EUPHORBIACEAE

“*Euphorbia matritensis*”.

“*Securinega tinctoria*”.

GRAMINAE

“*Festuca paniculata*”.

GUTTIFERAE

“*Hypericum tomentosum*”.

LEGUMINOSAE

“*Genista hystrix*”.

“*Medicago tornata*”.

“*Ononis laxiflora*”.

“*Ulex parviflorus*”.

OPHIOGLOSSACEAE

“*Ophioglossum lusitanicum*”.

1.10.2 Análisis faunístico.

1.10.2.2. Peces.

²⁴ Plano zona Z.E.P.A.

En el embalse del Guadiloba abundan especies como la Carpa “*Cyprinus carpio*”, el Barbo “*Barbus barbus bocagei*”, muy frecuentes en los embalses, y el Carpín “*Carassius auratus*”, el cual mantiene buenas poblaciones en algunos pocos charcos que no se secan en verano, pudiéndosele encontrar también esporádicamente en aguas embalsadas. El gran predador dentro de los peces es el Lucio “*Esox lucius*” que se localiza en las zonas de mayor caudal de riberos y ríos. La Tenca “*Tinca*”, especie muy apreciada en la zona, mantiene poblaciones más o menos gestionadas en charcas repartidas por todo el espacio. Otra especie introducida, muy valorada por los pescadores es el Black-bass “*Micropterus salmoides*”, presente en los cursos de más entidad en la zona, como por ejemplo en la zona de riberos. El Pez Sol “*Lepomis gibbosus*”, constituye un buen ejemplo del descontrol existente en cuanto a la introducción de especies alóctonas de muy reciente implantación en España, que están siendo traídas aquí por los propios pescadores.

1.10.2.3: Anfibios:

Las especies a destacar en esta rama son Gallipato “*Pleurodeles waltl*”, más conocido como marrajo, otro anfibio relativamente común, aunque cada vez más escaso es el Tritón Jaspeado “*Triturus marmoratus*”. El anfibio más extendido es la Rana Verde Común “*Rana ridibunda*”. En cuanto a otros anfibios anuros, la representación en la zona es bien nutrida, siendo el periodo reproductor la época más favorable para su localización, ya que a su mayor actividad se suma la emisión de sonidos en el caso de la mayoría de las especies, como la Ranita de San Antón “*Hyla arborea*” y la Ranita Meridional “*H. meridionalis*”. Una especie de difícil localización es el Sapo de Espuelas “*Pelobates cultripes*”.

1.10.2.4. Reptiles.

En el campo de los reptiles abunda el Galápago Leproso “*Mauremys caspita*”, la salamaguesa común “*Tarentola mauritanica*”, el Lagarto Ocelado “*Lacerta lepida*” y una amplia gama de lagartijas entre las que destacan Lagartija Colilarga “*Psammmodromus algirus*”, la Lagartija Cenicienta “*Psammmodromus hispanicus*”, la Lagartija Colirroja “*Acanthodactylus erythrurus*” y la Lagartija Ibérica “*Podarcis hispánica*”, Lagartija de Bocage “*Podarcis bocagei*”, en cuanto a serpientes, son más

abundantes las culebras de gran tamaño como la Culebra Bastarda “*Malpolon monspessulanus*” y la Culebra de Escalera “*Elaphe scalaris*”, en las charcas, arroyos y proximidades de zonas húmedas, abunda la Culebra Viperina “*Natrix maura*”.

1.10.2.5 Aves

Las especies de aves presentes en este espacio protegido son muy variadas estando representados todos los órdenes de aves presentes en el viejo mundo. Este grupo faunístico ha sido tratado con especial detalle tanto en la introducción, como en el inventario y la valoración de la fauna, por tanto evitaremos ser redundantes con dichos apartados. No obstante, interesa remarcar la importancia de la ZIR, donde es posible ver aves características de ecosistemas muy variados. El repertorio ornítico incluye aves escasas o en peligro que se reproducen aquí, aves que acuden a la zona a alimentarse o, en ocasiones, aves migratorias que se desplazan varios miles de kilómetros para invernar en esta zona o simplemente pasan por ella y se detienen a descansar en el transcurso de sus rutas migratorias.

COMUNIDADES DE AVES DE PASTIZALES Y CULTIVOS

Avutarda “*Otis tarda*”
Sisón “*Tetrax tetrax*”
Ganga “*Pterocles alchata*”
Ortega “*Pterocles orientalis*”
Alcaraván “*Burhinus oedicnemus*”
Collalba gris “*Oenanthe oenanthe*”
Collalba rubia “*Oenanthe cinérea*”
Torrera común “*Calandrella cinérea*”
Calandria “*Melanocorypha calandra*”
Cogujada común “*Galerida cristata*”
Perdiz roja “*Alectoris rufa*”
Codorniz “*Coturnix coturnix*”
Tórtola común “*Streptopelia turtur*”
Abubilla “*Upupa epops*”

COMUNIDADES DE AVES DE BOSQUE Y MATORRAL MEDITERRÁNEOS

Escribano cerrillo “*Emberiza citrinella*”
Escribano hortelano “*Emberiza hortulana*”
Alcaudón común “*Lanius colliuro*”
Alondra común “*Alauda arvensis*”
Curruca mosquitera “*Sylvia borin*”
Mosquitero “*papialbo Phylloscopus bonelli*”
Reyezuelo listado “*Regulus ignicapillus*”
Carbonero común “*Parus major*”
Petirrojo “*Erithacus rubecula*”
Ruiñeñor común “*Luscinia megarhynchos*”
Ruiñeñor bastardo “*Cettia*”
Chochín “*Troglodytes troglodytes*”
Mirlo común “*Turdus merula*”
Lavandera cascadeña “*Motacilla cinérea*”

Oropéndola "*Oriolus oriolus*"

Grajilla "*Corvus monedula*"

COMUNIDADES DE AVES DE

MEDIOS ANTROPÓGENOS

Gorrión común "*Paser domesticus*"

Paloma doméstica "*Columba livia*"

Vencejo común "*Apus apus*"

Golondrina común "*Hirundo rustica*"

Avión común "*Delichon urbica*"

Cigüeña común "*Ciconia ciconia*"

RAPACES

Águila culebrera "*Circaetus gallicus*"

Cernícalo común "*Falco tinnunculus*"

Cuco "*Cuculus canorus*"

Mochuelo común "*Athene noctua*"

Cárabo común "*Srix aluco*"

Aguilucho cenizo "*Circus pygargus*"

Ratonero común "*Buteo buteo*"

Para el área de Sierra de Fuentes, Hellmich (1991) elabora un catálogo avifaunístico durante los años 1982 a 1987, catalogando a las especies en función de la época de presencia en nidificantes, en migración o invernantes que encontramos en las siguientes tablas.

Catálogo avifaunístico, Sierra de Fuentes - ZONA, 1982-1987.

N – nidificantes

M – migración

I - invernantes (Hellmich, 1991).

FAMILIA				
<i>Especie(nombre científico)</i>	(nombre común)	N	M	I
PODICEPEDIDAE				
<i>T. ruficollis</i>	Zampullín chico		M	
ARDEIDAE				
<i>A. cinerea</i>	Garza real			I
<i>B. ibis</i>	Garcilla buellera		M	
CICONIIDAE				
<i>C. ciconia</i>	Cigüeña blanca		M	
<i>C. nigra</i>	Cigüeña negra		M	
ANATIDAE				
<i>A. anser</i>	Ánsar común			I
<i>A. penelope</i>	Ánade silbón			I
<i>A. platyrhynchos</i>	Ánade real	N		I
<i>A. clypeate</i>	Pato cuchara			I
ACCIPITRIDAE				
<i>N. percnopterus</i>	Alimoche		M	
<i>G. fulvus</i>	Buitre leonado		M	
<i>A. monachus</i>	Buitre negro		M	
<i>A. adalberti</i>	Águila imperial		M	
<i>B. buteo</i>	Ratonero común		M	
<i>M. milvus</i>	Milano real			I
<i>M. migrans</i>	Milano negro		M	
<i>C. cyaneus</i>	Águilucho pálido			I
<i>C. gallicus</i>	Águila culebrera		M	
FALCONIDAE				
<i>F. peregrinus</i>	Halcón común			I
<i>F. columbarius</i>	Esmerejón			I
<i>F. naumanni</i>	Cernicalo primilla		M	
<i>F. tinnunculus</i>	Cernicalo común		M	
PHASIANIDAE				
<i>C. coturnix</i>	Codorniz	N		
GRUIDAE				
<i>G. grus</i>	Grulla			I
OTIDIDAE				
<i>O. tarda</i>	Avutarda	N		
<i>T. tetrix</i>	Sisón	N		
CHARADRIIDAE				
<i>V. vanellus</i>	Avefría			I
<i>P. apricaria</i>	Chorlito dorado			I
<i>E. morinellus</i>	Chorlito carambolo			I
SCOLOPACIDAE				
<i>G. gallinago</i>	Agachadiza común		M	
<i>N. arquata</i>	Zarapito real		M	
<i>T. nebularia</i>	Archibebe claro		M	
<i>T. ochropus</i>	Andarríos grande		M	
<i>A. hypoleucos</i>	Andarríos chico		M	
RECURVIROSTRIDAE				
<i>H. himantopus</i>	Cigüeñuela		M	
BURNHIDAE				
<i>B. oecicnemus</i>	Alcaraván	N		

MOTACILLIDAE				
<i>M. alba</i>	Lavandera blanca		M	
<i>A. pratensis</i>	Bisbita común		M	
<i>A. campestris</i>	Bisbita campestre		M	
LANIIDAE				
<i>L. excubitor</i>	Alcaudón real			I
<i>L. senator</i>	Alcaudón común	N		
SYLVIIDAE				
<i>C. juncidis</i>	Buitrón	N		
MUSCICAPIDAE				
<i>P. ochrurus</i>	Colirrojo tizón	N		
<i>S. torquata</i>	Tarabilla común		M	
<i>S. rubetra</i>	Tarabilla norteña		M	
<i>O. oenanthe</i>	Collalba gris		M	
<i>O. hispanica</i>	Collalba rubia	N		
EMBERIZIDAE				
<i>E. calandra</i>	Triguero	N		
FRINGILLIDAE				
<i>F. coelebs</i>	Pinzón vulgar		M	
<i>C. carduelis</i>	Jilguero		M	
<i>A. cannabina</i>	Pardillo común		M	
PASSERIDAE				
<i>P. domesticus</i>	Gorrión común	N		
STURNIDAE				
<i>S. unicolor</i>	Estornino negro	N		
CORVIDAE				
<i>P. pica</i>	Urraca	N		
<i>C. monedula</i>	Grajilla		M	
<i>C. corax</i>	Cuervo	N		
TOTAL	74	23	36	15

Ocho de estas especies valoradas se encuentran incluidas, según el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Extremadura, en la categoría de “Sensible a la Alteración de su Hábitat”:

Aguilucho Cenizo “*Circus pygargus*”.

Cernícalo Primilla “*Falco naumanni*”.

Sisón Común “*Tetrax tetrax*”.

Avutarda Común “*Otis tarda*”.

Canastera Común “*Glareola pratincola*”.

Charrancito Común “*Sterna albifrons*”.

Ganga Ortega “*Pterocles orientalis*”.

Ganga Ibérica “*Pterocles alchata*”.

1.10.2.6. Mamíferos.

CARNÍVOROS

Jineta “*Genetta genetta*”
Garduña “*Martes foina*”
Comadreja “*Mustela nivalis*”
Tejón “*Meles meles*”
Zorro “*Vulpes vulpes*”

HERBÍVOROS Y OMNÍVOROS

Liebre ibérica “*Lepus granatensis*”
Conejo “*Oryctolagus cuniculus*”
Jabalí “*Sus scrofa*”

ROEDORES E INSECTÍVOROS

Topillo campesino “*Microtus arvalis*”
Ratón de campo “*Apodemus sylvaticus*”
Ratón moruno “*Mus spretus*”
Musaraña común “*Crocidura russula*”
Topo común “*Talpa caeca*”
Erizo europeo “*Erinaceus europaeus*”
Murciélago común “*Pipistrellus pipistrellus*”

1.5. Utilización de los Recursos Hídricos y el Dominio Público Hidráulico.

1.5.1. Red Natural de Drenaje.

No se permitirá la realización de actuaciones que interfieran o alteren la red natural de drenaje, salvo casos que cuenten con la declaración de interés público.

Se consideran éstas, entre otras, las encaminadas a desviar el curso natural de las aguas de manera permanente, y el embalsamiento privado del agua que impida en superficie el curso natural y constante de su cauce.

Los embalses podrán autorizarse en todo el ámbito de la ZIR.

La construcción y reparación de charcas, con independencia de su capacidad de embalsado, así como los embalses, deberán someterse a la autorización de la Dirección General del Medio Natural.

5.1.5: Conservación de la flora y la vegetación.

Durante el periodo de vigencia de este Plan deberán llevarse a cabo las siguientes actuaciones:

-Se fomentarán las medidas efectivas para garantizar la conservación de las formaciones vegetales más representativas de la zona así como de las especies de la flora autóctona con prioridad para las especies incluidas en el Catálogo

Regional de Especies Amenazadas de Extremadura (Decreto 37/2001, de 6 de marzo) y en el Anexo I y II de la Directiva de Hábitats (92/43/CEE).

-Se fomentará la regeneración de las zonas degradadas para restablecer el hábitat a su estado natural.

-Se admitirán los procesos naturales de regeneración ecológica en determinadas áreas naturales.

-Se apoyará el mantenimiento del equilibrio del sistema a través del control de las especies que temporalmente desestabilicen las relaciones tróficas. En concreto, se favorecerá la adecuación de las poblaciones de grandes herbívoros, domésticos o silvestres, de tal forma que su presencia no afecte a la dinámica de las formaciones vegetales, a sus relaciones tróficas o a la supervivencia de determinadas especies.

-Se fomentarán las labores tradicionales que permitan el mantenimiento estable de las zonas de hábitat estepario que se consideren necesarias.

-Se procurará el mantenimiento de los cultivos tradicionales de huertos.

-Se protegerá la vegetación asociada a pequeños cursos de agua estacionales, así como la ligada a linderos y cunetas, evitando su destrucción por medios químicos, desbroce o por acción del ganado. El control de biomasa de estas formaciones vegetales, cuando se establezca la necesidad de su reducción para la prevención de incendios, se realizará en los periodos estacionales que garanticen la no afección a especies protegidas.

-Se fomentará el cultivo ordenado y proporcional de pastizales de secano, así como la mejora de los mismos con una adecuada mezcla de variedades de semillas y el necesario abonado del terreno.

5.1.6: Conservación de la fauna.

Las actuaciones que han de llevarse a cabo de cara a cumplir los objetivos en este ámbito son:

- La realización de cualquier tipo de aprovechamiento del terreno tendrá que compatibilizarse con la protección y preservación de las áreas vitales de las especies amenazadas presentes en la zona.

- Con carácter prioritario, se fomentarán las medidas efectivas para garantizar la conservación las especies y hábitats de las especies incluidas en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Extremadura (Decreto 37/2001, de 6 de marzo), en los Anexos I, II y IV de la Directiva de Hábitats (92/43/CEE) y el Anexo I de la Directiva de Aves (79/409/CEE).
- Se promoverá el estudio de las especies de fauna, el estatus poblacional, comportamiento en los ciclos vitales y movimientos dentro de la ZIR como instrumento fundamental para dirigir las propuestas de anexo.
- Se potenciarán los estudios sobre el conocimiento de los diversos grupos faunísticos (mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces) así como otros grupos más pequeños y desconocidos, como son los artrópodos.
- Se restringirá la difusión de datos relativos a especies protegidas y/o en peligro.
- La planificación del Uso Público tratará de orientar el flujo de visitantes evitando las áreas más sensibles, a fin de reducir las interferencias y molestias a la fauna durante los periodos críticos de su ciclo vital.
- Se priorizarán los estudios en función de la importancia de los grupos faunísticos en el ámbito de la ZIR.

La Zona de Interés Regional de los Llanos de Cáceres y Sierra de Fuentes se encuadra dentro de una de las dos grandes áreas esteparias de Extremadura, donde se ubica uno de los ecosistemas más relevantes y singulares de la avifauna española.

Entre la fauna que habita estas llanuras, casi desprovistas de vegetación arbórea, adquieren una gran importancia las especies ornitológicas, presentando poblaciones altas de las mismas, en marcado contraste con otras áreas similares de España y Europa.

En este sentido, la zona de los Llanos, adquiere la máxima importancia como hábitat, puesto que junto con La Serena se considera la zona de España con una mayor relevancia para la conservación de las aves esteparias. En Los Llanos se establecen

más de 100 especies ornitológicas de las cuales 11 están estrictamente protegidas por la Directiva 79/409/C.E.E. y 4 de ellas únicamente se reproducen en España.

5.1.7: Conservación del paisaje.

Durante el periodo de vigencia del presente Plan Rector de Uso y Gestión se acometerán las siguientes actuaciones:

- Mantener en su integridad de las características del paisaje que corresponden a cada unidad ambiental del territorio de la ZIR.
- En los lugares en los que exista un deterioro paisajístico por razones antrópicas, se favorecerá la eliminación progresiva de aquellos elementos discordantes con la dinámica natural de los paisajes de la ZIR y se fomentarán actuaciones de regeneración que podrán ir asociadas a restricciones en el uso público e incluso en el aprovechamiento.
- Se procurará el mantenimiento de la limpieza de la ZIR y se potenciará la eliminación de todo tipo de residuos depositados incontroladamente para lo cual la Dirección General del Medio Natural habilitará las medidas oportunas.
- Se adoptarán las medidas necesarias para reducir o minimizar el impacto paisajístico de cualquier obra, construcción o infraestructura que se realice en el ámbito del espacio natural protegido. Para ello, se someterán a autorización de la Dirección General del Medio Natural todos los proyectos que potencialmente puedan alterar el paisaje.

6.3: Programa de infraestructuras:

Este programa de mejoras es de especial interés porque afecta a la calidad de vida de la población residente en el entorno de la ZIR, y requiere, en su ejecución, de un cuidado especial, por la facilidad de aparición de posibles conflictos de intereses con las medidas de conservación. Se considerarán los siguientes criterios de referencia básicos:

- Evitar y/o minimizar los impactos producidos por las obras de infraestructuras que se pretendan instalar.
- Recuperar las zonas degradadas por las infraestructuras existentes.
- Ante la concesión de autorizaciones para nuevas infraestructuras se considerarán preferentemente aquellos proyectos que incorporen medidas de integración paisajística.
- Fomentar el uso, dentro de la ZIR, de tecnologías de bajo impacto ambiental.
- Subprograma de Abastecimiento y Saneamiento, que incluirá:
 - Medidas para conseguir el continuado abastecimiento de agua potable a las poblaciones del Espacio Natural y su área de influencia, previendo las necesidades requeridas por dicha población y promoviendo su utilización y consumo ordenado.
 - Actuaciones tendentes a mejorar la cantidad y calidad de las aguas, prestando especial atención a la protección de las cuencas, evitando los vertidos contaminantes y arbitrando medidas permitan un sistema de control, medida y seguimiento de la calidad de las aguas.
 - Establecimiento de los niveles de depuración necesarios en los proyectos urbanísticos.
 - Consolidación de los equipamientos y servicios en los núcleos de población y su dotación en el caso de que no existan (depuración de vertidos y aguas residuales, abastecimiento de agua potable, etc.).
 - Promoción y apoyo del adecuado tratamiento de depuración para los vertidos que se incorporen a las aguas y aplicación de los Planes de Saneamiento de las cuencas afectadas por el Espacio.
- Subprograma de Residuos Sólidos, que considerará:
 - La recuperación de las características naturales de las zonas degradadas por la existencia de este tipo de residuos.
 - Medidas, por parte de los servicios municipales, provinciales y/o autonómicos oportunos, para la retirada de los residuos inertes que existan en la ZIR.

- Se fomentará la minimización del impacto de los residuos así como su recogida de forma selectiva.
- Subprograma de Comunicaciones, que incluirá:
 - Actuaciones tendentes a promover la regeneración de las áreas degradadas por la construcción de las vías de comunicación existentes.
 - El mantenimiento de caminos mediante la contratación de los medios necesarios, cuidando siempre no interferir con los procesos naturales y evitando especialmente la época reproductora.
 - Las actuaciones pertinentes para el cumplimiento de las disposiciones y normas de la Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias.
- Subprograma para la Mejora de Equipamientos y Servicios, incluyendo:
 - Servicios Complementarios a la enseñanza.
 - Subvención de actividades de formación medioambiental.
 - Escuelas de Educación de Adultos, si es posible a nivel municipal, y si no mediante la creación de sedes en municipios donde la distancia sea más o menos equitativa al resto de los municipios con carencias.
 - Dotación de subvenciones para la compra de material escolar, tanto desde la administración local, como de la autonómica.
 - Centros de Mujer.
 - Hogar del Pensionista.
 - Albergues escolares.
 - Aulas de Naturaleza.
 - Granjas Escuela.

6.4: Programa de recuperación del patrimonio arquitectónico:

El objetivo fundamental es la clasificación entre aquellas edificaciones que posean un valor arquitectónico significativo, ya sea por su antigüedad, entidad o representatividad de los valores históricos de las poblaciones en las que se inscriben. Cualquier actuación que tenga por objeto la intervención sobre un inmueble con valor

histórico o etnográfico, será sometida a informe preceptivo de la Dirección General de Patrimonio.

- En primer lugar se procederá al análisis del estado general de las construcciones arquitectónicas tanto de relevancia como de arquitecturas populares y casas de campo. La determinación de este estado llevará a una catalogación por su valor arquitectónico y sus necesidades de restauración.

- La realización de esta clasificación dará lugar a posteriores actuaciones que irán encaminadas a:

- La conservación de todas las obras en general, que se encuentren en un estado aceptable, haciéndose revisiones para garantizar su buen estado de conservación.
- La restauración de las construcciones y edificaciones en inminente estado de deterioro. La gestión y concesión de las obras de restauración estará al cargo de la administración autonómica que facilitará también las ayudas necesarias para su conservación.
- Para estas labores de restauración, podrán llevarse a cabo talleres juveniles, campos de trabajo, etc., que se dediquen a la reforma y conservación de estas construcciones. Asimismo, se brindará la posibilidad de que las edificaciones menores que se encuentren abandonadas, sean susceptibles de ser convertidas en casas rurales o centros de interpretación de los valores patrimoniales de la zona.
- Todas las actividades que sean susceptibles de promover la conservación, restauración y promoción del patrimonio arquitectónico de la zona serán apoyadas económicamente por la administración autonómica.
- Tanto las edificaciones de representatividad que en la actualidad se encuentran en un aceptable estado de conservación, como aquellas otras sobre las cuáles se vayan realizando las labores de restauración, serán debidamente identificadas documental y cartográficamente, así como señalizadas dentro de la zona de protección.

- El planeamiento urbanístico municipal establecerá un perímetro de protección suficiente en todas aquellas obras, construcciones y yacimientos constatados, susceptibles de considerarse patrimonio cultural o histórico.
- Se potenciarán las actuaciones tendentes a la restauración y conservación de aquéllas instalaciones de corte tradicional como molinos, chozos, etc., y sobre todo en los cortijos.

6– CONCLUSIONES

Atendiendo a las restricciones medioambientales anteriormente expuestas, y teniendo en cuenta el objetivo principal de este estudio que es dejar de usar la impulsión del río Almonte a no ser que el embalse entre en una situación de prealerta. Planteamos las siguientes alternativas.

Observando los resultados de garantía consuntiva, optaré por realizar un movimiento de tierra para retirar las entradas de terreno que caracterizan la forma serpenteante del embalse, calculado mediante la cubicación de volúmenes con el programa civil 3D el volumen que podemos obtener con tal movimiento de tierras es de 11.4Hm^3 .

Esta actuación se emplaza en el término municipal de Cáceres, provincia de Cáceres. Dicha actuación consiste en el dragado de los entrantes terrestres en el embalse y la recuperación ambiental de su entorno

Dragado del terreno:

Se proyecta el dragado de $7.168.464\text{ m}^3$ de tierra mediante draga de arranque o tipo rosario, capaz de excavar hasta una profundidad de 15 m, en nuestro caso se usará para excavar el terreno acuático en la zona 1 un volumen total desde la cota 350 hasta la cota 358 un total de $5.414.360\text{ m}^3$, en la zona 2: $1.460.984\text{ m}^3$ entre las cotas 352 y 358 y en la zona 3 entre las cotas 354 y 358 $1.128.200\text{ m}^3$ teniendo que extraer un total de

7.168.464 m³ mediante el método expuesto y suponiendo que el nivel del embalse se encuentre en el N.M.N. a cota 359 m.s.n.m. ya que desde la cota 360 hasta la 358 el trabajo de extracción de tierras se puede realizar con medios terrestres con excavadoras hidráulicas sobre cadenas. Si el embalse no estuviera en el N.M.N. se modificarían las cantidades a extraer por métodos de dragado y extracción terrestre

Movimiento de tierras superficial

En las zonas superficiales y de poca profundidad, hasta 2 m por debajo del NMN usaremos tractor con ripper para desgarrar el terreno y en las zonas más duras y con rocas más resistentes a este medio mecánico, usaremos voladuras fuera del periodo de cría y migración de las aves y luego mediante cargadoras retirar los 4.225.408m³ de terreno restante, la maquinaria que utilizaremos para la retirada de las tierras serán dragalinas de capacidad hasta 115m³ o en su defecto retroexcavadoras hidráulicas con un cazo especial para suelos duros y abrasivos como es nuestro caso, y una capacidad de cazo de hasta 6.5m³, para el transporte de materiales utilizare un dumper rígido con capacidad de caja de hasta 64 m³ o dumperes articulados tipo CAT C18 o similar de capacidad de caja de 25 m³, estos los cargarán palas cargadoras de capacidad de carga hasta 24 m³.

El material extraído se podrá enviar a las plantas de procesamiento de materiales cercanas a la zona de extracción para su uso como material de construcción.

Tras realizar el movimiento de tierras, se adecuará medioambientalmente mediante revegetación terrenos del entorno con una calidad ambiental deficiente

En este estudio se pone de manifiesto la necesidad de un aumento de capacidad del Embalse del Guadiloba sin olvidar el consumo responsable y eficiente del agua. Mi estudio del embalse del Guadiloba aumenta su capacidad un 60%, pasando de tener una capacidad de 20 Hm³ a 32 Hm³, siendo tomados como referencia para el modelo predictivo de precipitación los primeros 14 años del siglo XXI sin tener en cuenta los efectos del cambio climático para ser conservadores en las precipitaciones, temperaturas y evapotranspiración, ya que si minorásemos estos valores, el volumen a incrementar el embalse sería aún mayor.

Atendiendo a los resultados de garantías obtenidos en este estudio y el más que seguro aumento de necesidades hídricas futuras, este Trabajo Fin de Grado presenta resultados que suponen un reto para la Ingeniería Civil, puesto que es un proyecto pionero, al ser de los pocos existentes en aumentar el volumen de almacenamiento de agua para el consumo humano sin llevar a cabo un recrecido en el cuerpo de la presa. Los resultados de este estudio pueden servir como base para la redacción de un futuro proyecto llevado a cabo por la Confederación Hidrográfica del Tajo. Además de servir como ejemplo para otros embalses en la Comunidad Autónoma de Extremadura ya que el aumento de la demografía en el siglo XXI ocasionará un aumento de la demanda de agua y por ente, si las reservas de agua no aumentan, los problemas derivados de la falta de abastecimiento pueden ocasionar cortes de agua en los meses de estío.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PUBLICACIONES

- Libro: Gestión de recursos hídricos: Luis Balairón Pérez Ediciones de la UPC, S.L., 2009
- Apuntes de la asignatura de Geotecnia Tema 4: El agua en el terreno.
Knappett, J.A. and Craig, R.F. (2012): *Craig's Soil Mechanics Eight Edition*. Spon Press, London.
- Seibert, J. (2005) HBV Light Version 2. User's Manual. Department of Physical Geography and Quaternary Geology, Stockholm University, Stockholm.
- Prof. Ing. Sergio Fattorelli Prof. Ing. Pedro C. Fernández DISEÑO HIDROLOGICO 2011

PAGINAS WEB

- Histórico de precipitaciones y temperaturas.
<https://datosclima.es/Aemethistorico/Precipisolstad.php>
- Datos de cuenca y del embalse (capacidad, longitud, superficie).
<https://www.iagua.es/data/infraestructuras/presas/guadiloba>
- Tipos y usos de suelos.
http://extremambiente.juntaex.es/index.php?option=com_content&view=article&id=188&Itemid=113
- Planos de geología superficial y subterránea. www.igme.com
- Datos de aforo para ajuste de modelo hidrológico. http://ceh-flumen64.cedex.es/anuarioaforos/afo/estaf-datos_anual.asp?indroea=3264
- Datos e imágenes sobre el Calerizo – Cáceres.
<http://jugimo.blogspot.com/2009/06/geologia-de-el-calerizo-de-caceres.html>

- Zonas Z.E.P.A. de Extremadura.
http://extremambiente.juntaex.es/index.php?option=com_content&view=article&id=1069&Itemid=461
- Datos e ilustraciones del Calerizo - Cáceres
<http://calerizoprimaria.blogspot.com/2013/03/mapas-del-calerizo.html>

AGRADECIMIENTOS.

En la realización de este Trabajo de Fin de Grado han participado muchas personas de forma directa e indirectamente.

De forma indirecta la familia que me ha apoyado, ayudado y animado en todo momento durante estos duros y largos años, a todos los amigos y compañeros de clase con los que he compartido incontables días de biblioteca y que, en mayor o menor medida me han aportado otro punto de vista que en muchas ocasiones ha sido decisivo para dar otro paso adelante en la carrera.

A todos los profesores que me han echado una mano con el proyecto.

Y por último a mi tutor Dr. Pablo Durán Barroso, que desde el primer día que le propuse este TFG, distinto y algo atrevido, me ha ayudado en todo momento para sacarlo adelante y guiarme hasta el final.

A todos MUCHAS GRACIAS.

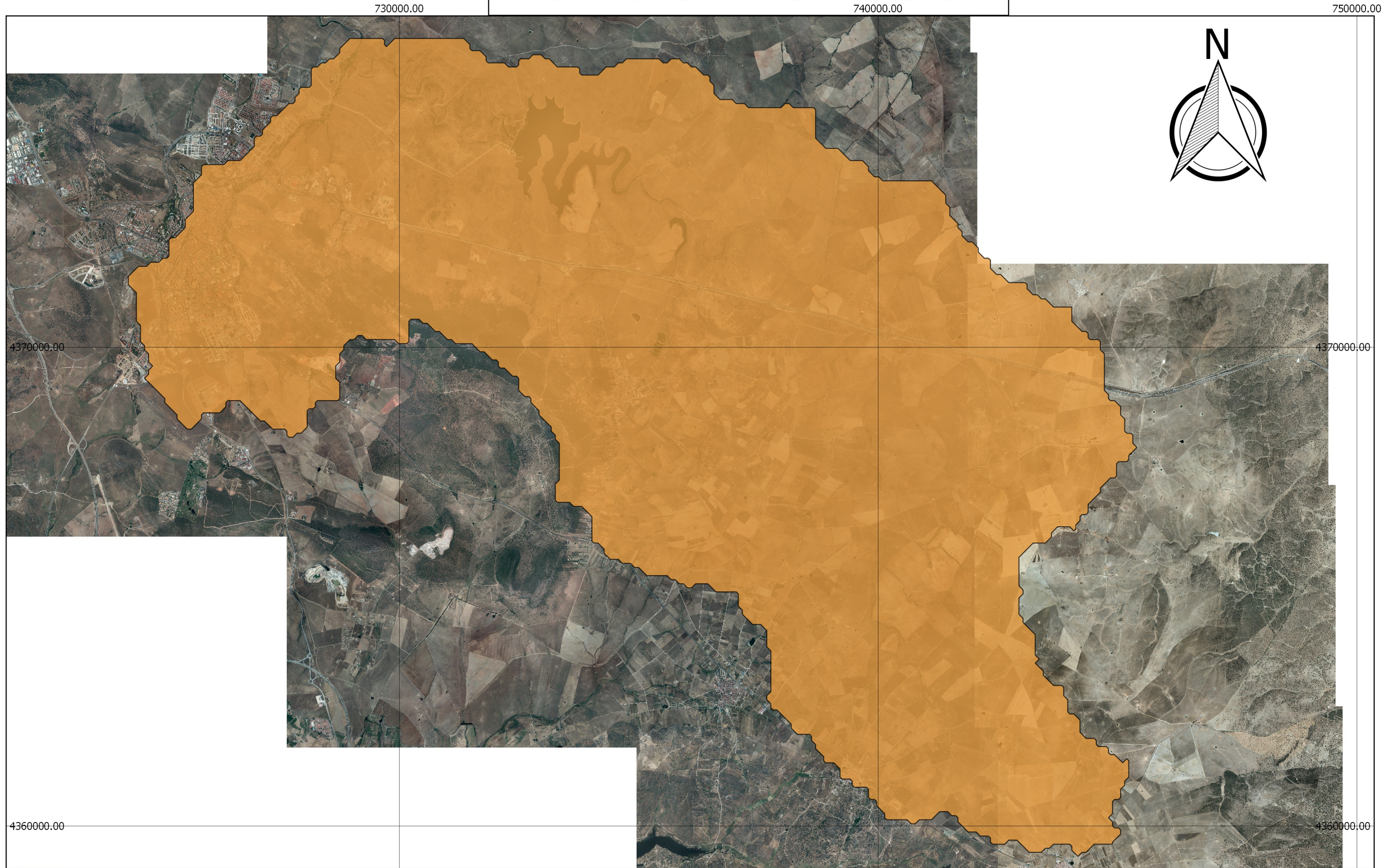
ANEJO Nº 1.


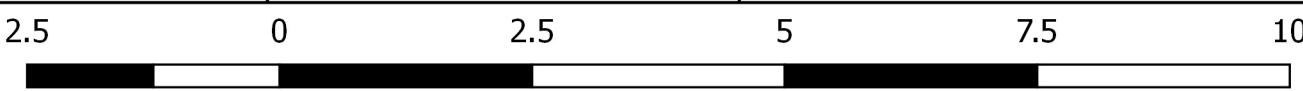
PLANOS

Índice de planos:

- 1- Localización de objeto de estudio.
- 2- Hoja geológica de la zona de estudio.
- 3- Usos del suelo.
- 4- Cuenca del rio Guadiloba.
- 5- Discretización por alturas de la cuenca.
- 6- Cuenca del rio Guadiloba afectada por la Zona Zepa.
- 7- Diseño del modelo hidrológico AQUATOOL+.
- 8- Superficie subacuática Embalse Guadiloba.
- 9- Superficie Modificada Embalse Guadiloba.

LOCALIZACION OBJETO DE ESTUDIO



 UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA Escuela Politécnica	Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres	Trabajo Fin de Grado. Grado Ingeniería Civil Hidrología. Universidad de Extremadura. Escuela politécnica de Cáceres	740000.00 Autor: Eduardo Delgado Bejarano Tutores: Pablo Duran Barroso y Jesús Angel Torrecilla Pínero	Sistema de Coordenadas: ETRS89 / UTM zone 30N EPSG 25830	750000.00
	TITULO DEL PLANO: LOCALIZACIÓN OBJETO DE ESTUDIO	PLANO Nº : 1 / 9	Escala 1:75.000		



LEYENDA

CUATERNARIO	29	30	31
CARBONIFERO	INFERIOR		
	28	26	27
DEVONICO SILURICO	25	24	23
	22	21	20
	19	18	17
ORDOVICICO	LLANDOVERYENSE		
	SUPERIOR		
	CARADOCIENSE		
	MEDIO		
PREC.	INFER. SKIDAWIENSE		
	SUPERIOR		

ROCAS PLUTONICAS	14
	13
	12
	11
	10
	9
	8
	7
	6
	5
	4

ROCAS FILONIANAS	
------------------	--

METAMORFISMO DE CONTACTO	2	1
--------------------------	---	---

--	--

--	--

--	--

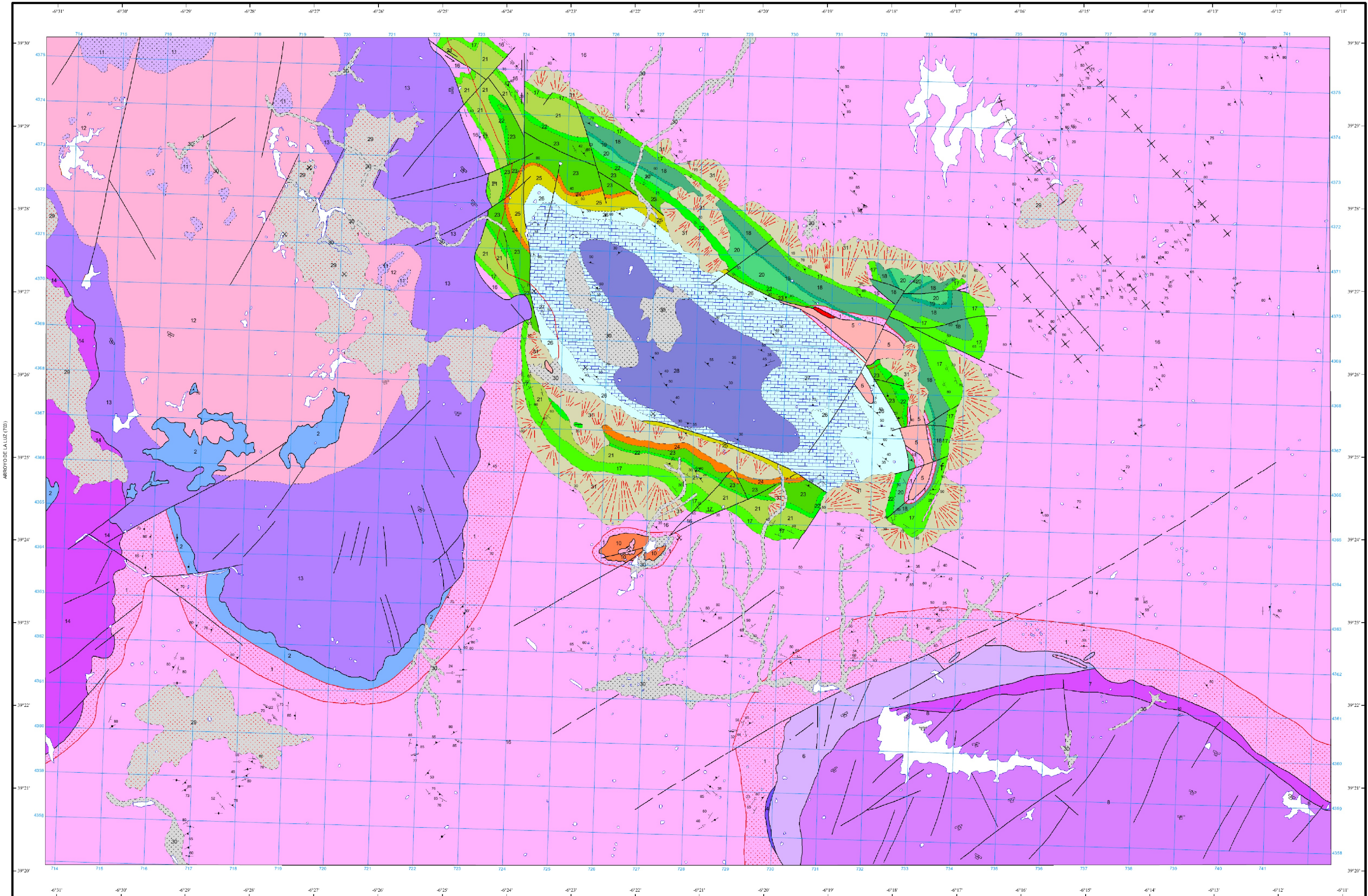
--	--

--	--

--	--

--	--

-----	Contacto concordante	-----	Contacto concordante supuesto
- - - - -	Contacto discordante	- - - - -	Contacto discordante supuesto
-----	Contacto mecánico	-----	Aureola de metamorfismo de contacto
-----	Contacto intrusivo	-----	Antrópico
-----	Falla conocida	-----	Falla supuesta
-----	Falla con indicación de movimiento levógiro	-----	Cabalgamiento conocido
-----	Anticlinal (traza axial)	-----	Sinclinal (traza axial) sup.
-----	Estratificación subvertical	-----	Estratificación invertida
-----	Estratificación	-----	Primera esquistosidad subvertical
-----	Primera esquistosidad	-----	Segunda esquistosidad
-----	Tercera esquistosidad	-----	Dirección y buzamiento de otra esquistosidad posterior a S2
-----	Dirección y buzamiento vertical de la esquistosidad de crenulación	-----	Dirección y buzamiento de la esquistosidad de crenulación
-----	Orientación planar	-----	Orientación de megacristales de feldespatos



Área de Sistemas de Información Geocientífica

ALCÁZAR (799)

Escala 1:50.000

Proyección y Cuadrícula UTM. Elipsóide Internacional. Huso 29

NORMAS, DIRECCIÓN Y SUPERVISIÓN DEL I.G.M.E. AÑO DE REALIZACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA GEOLOGICA: 1980

Autores : M. Tena-Dávila Ruiz (INTECSA) L.G. Cornejo R. (Ingeas, Univ. de Salamanca)

Dirección y supervisión : J.Mª. Barón (IGME)



Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres

TÍTULO DEL PLANO:
HOJA GEOLOGICA DE CÁCERES

Trabajo Fin de Grado. Grado Ingeniería Civil Hidrología. Universidad de Extremadura. Escuela politecnica de Cáceres

PLANO Nº 2 / 9

Escala 1:50.000

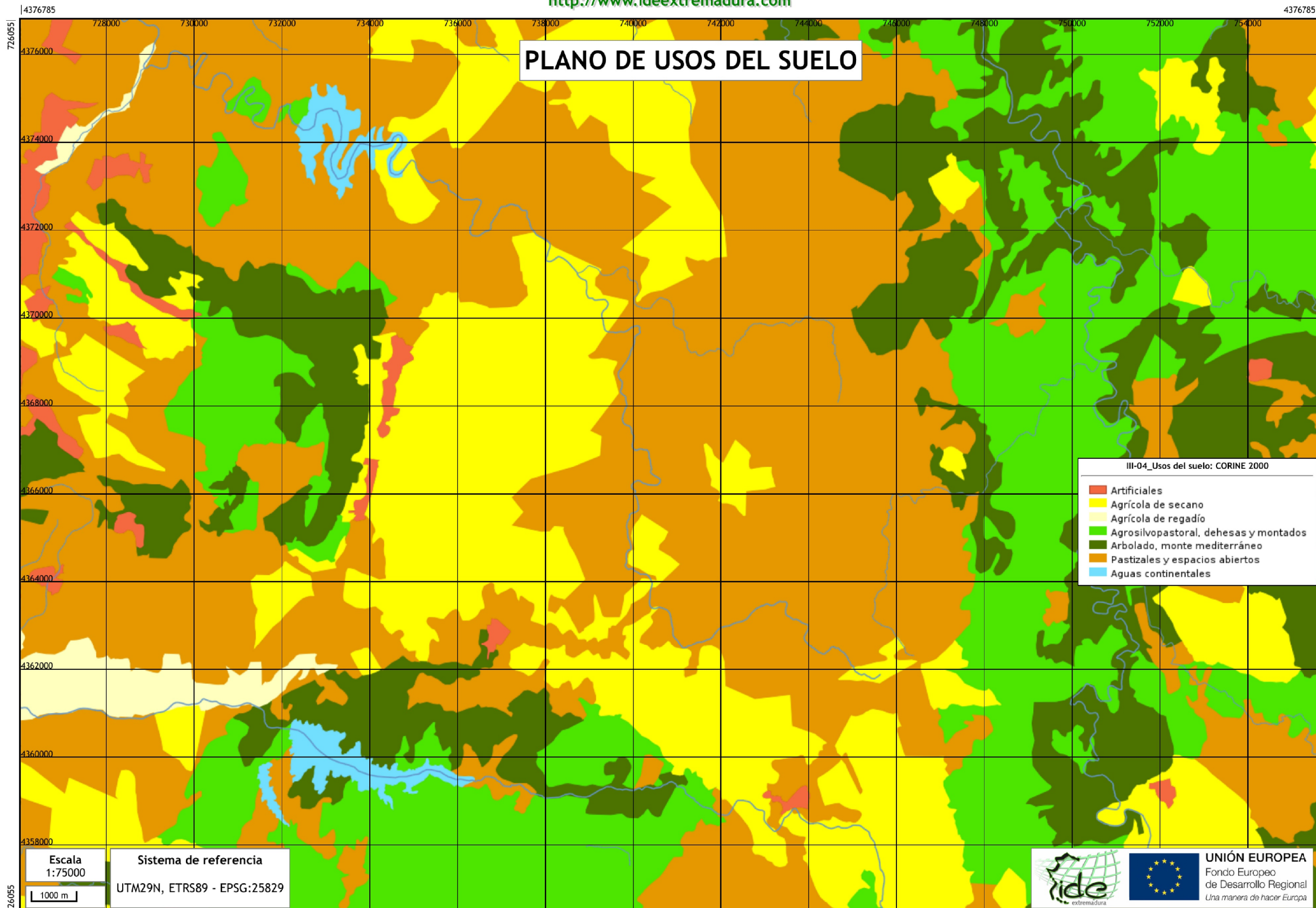
Autor: Eduardo Delgado Bejarano
Tutores: Pablo Duran Barroso y Jesús Angel Torrecilla Pinero

Sistema de Coordenadas: ETRS89 / UTM zone 30N EPSG 25829

2.5 0 2.5 5 7.5 10 Km

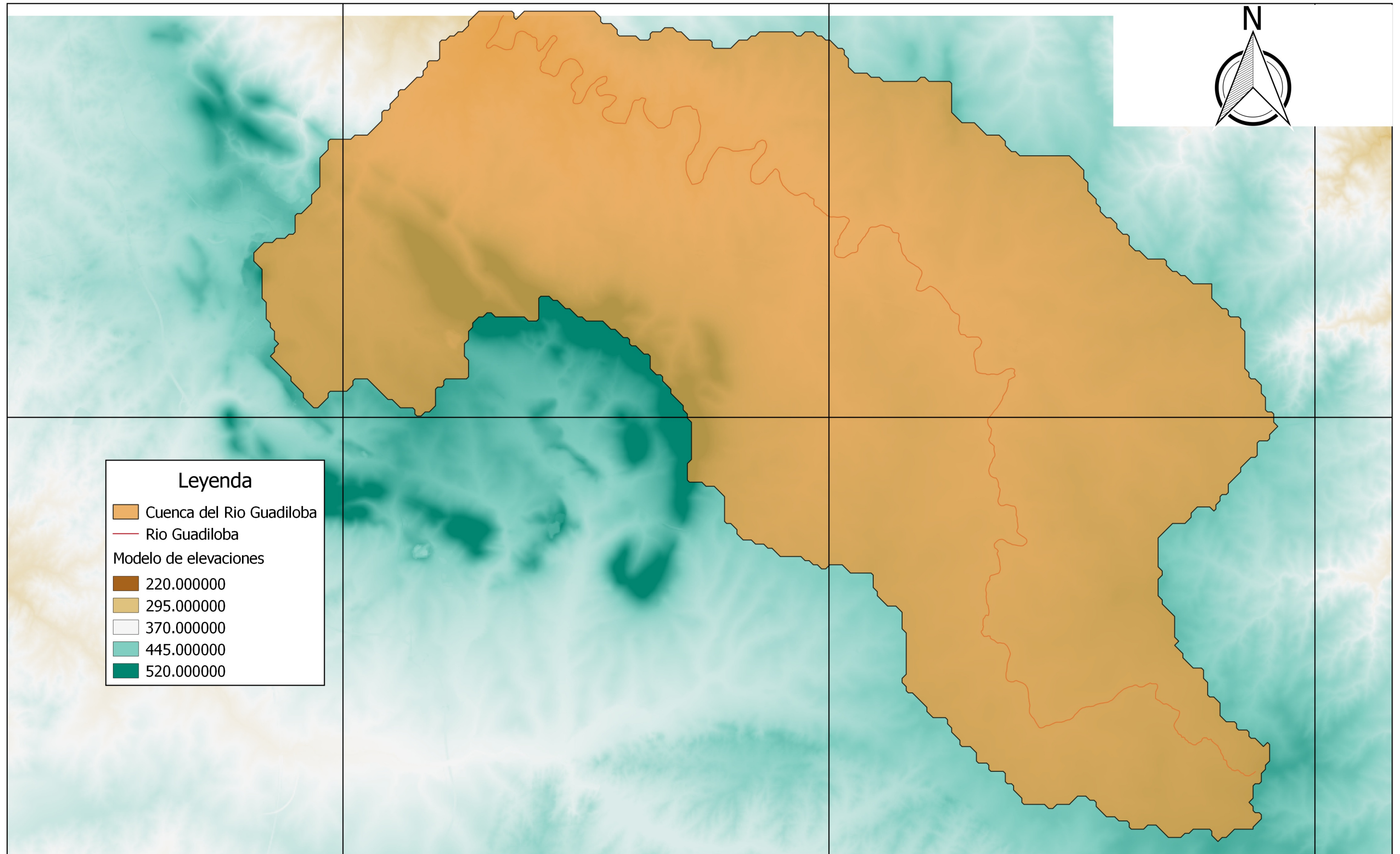
USOS DEL SUELO

<http://www.ideextremadura.com>



		Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres	Trabajo Fin de Grado. Grado Ingeniería Civil Hidrología. Universidad de Extremadura. Escuela politécnica de Cáceres	Autor: Eduardo Delgado Bejarano Tutores: Pablo Duran Barroso y Jesús Angel Torrecilla Pinero	Sistema de Coordenadas: ETRS89 / UTM zone 29N EPSG 25829
	TITULO DEL PLANO: USOS DE SUELO	PLANO Nº 3 / 9	Escala 1:75.000		

CUENCA DEL RIO GUADILOBA



Leyenda

- Cuenca del Rio Guadiloba
- Rio Guadiloba

Modelo de elevaciones

- 220.000000
- 295.000000
- 370.000000
- 445.000000
- 520.000000



Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres

Trabajo Fin de Grado. Grado Ingeniería Civil Hidrología.
Universidad de Extremadura. Escuela politécnica de Cáceres

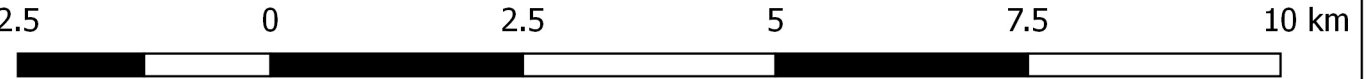
Autor: Eduardo Delgado Bejarano
Tutores: Pablo Duran Barroso y
Jesús Angel Torrecilla Pinero

Sistema de Coordenadas:
ETRS89 / UTM zone 30N EPSG 25830

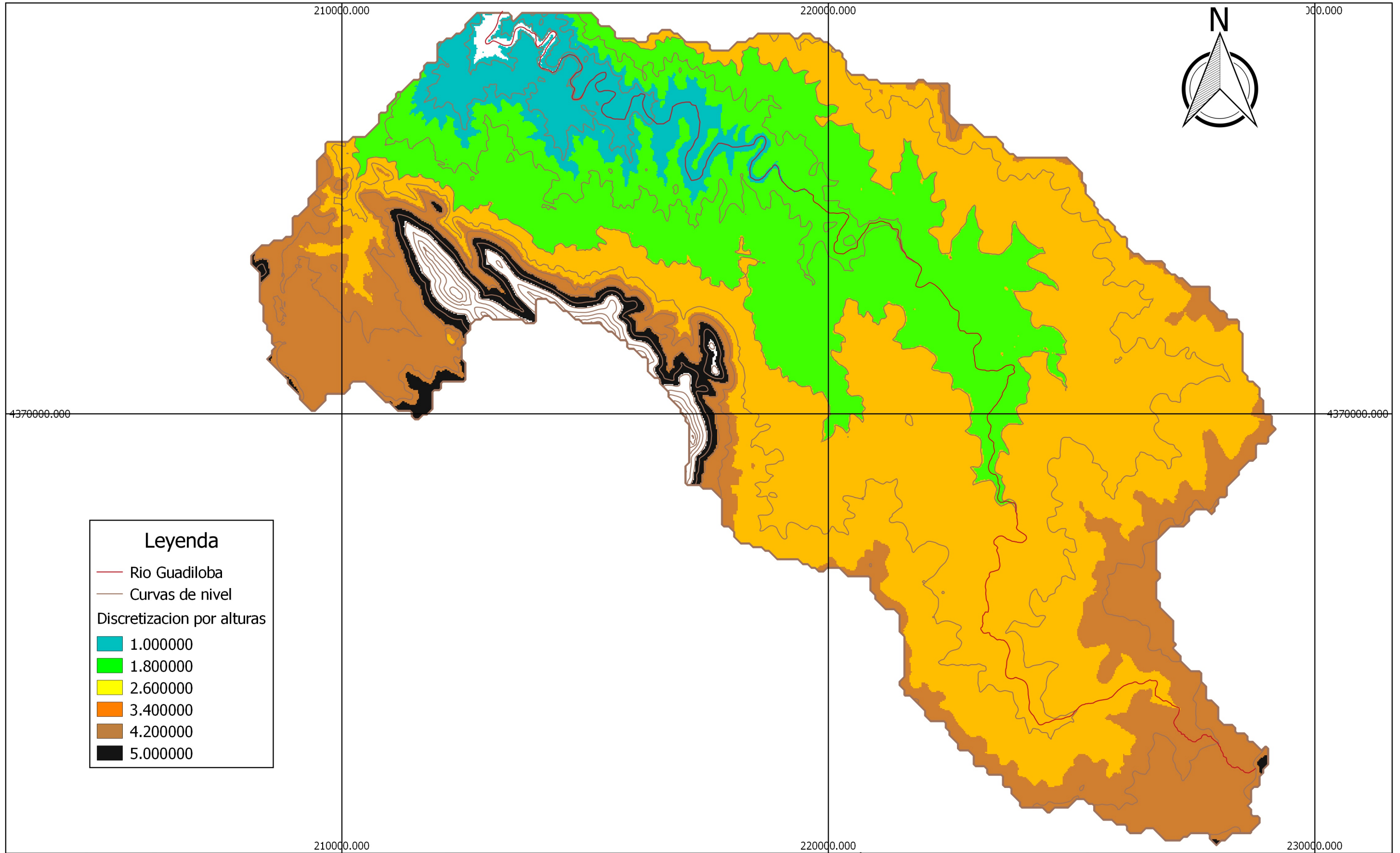
TITULO DEL PLANO:
CUENCA RIO GUADILOBA

PLANO Nº
4 / 9

Escala 1:75.000



DISCRETIZACIÓN POR ALTURAS



Leyenda

- Rio Guadiloba
- Curvas de nivel

Discretización por alturas

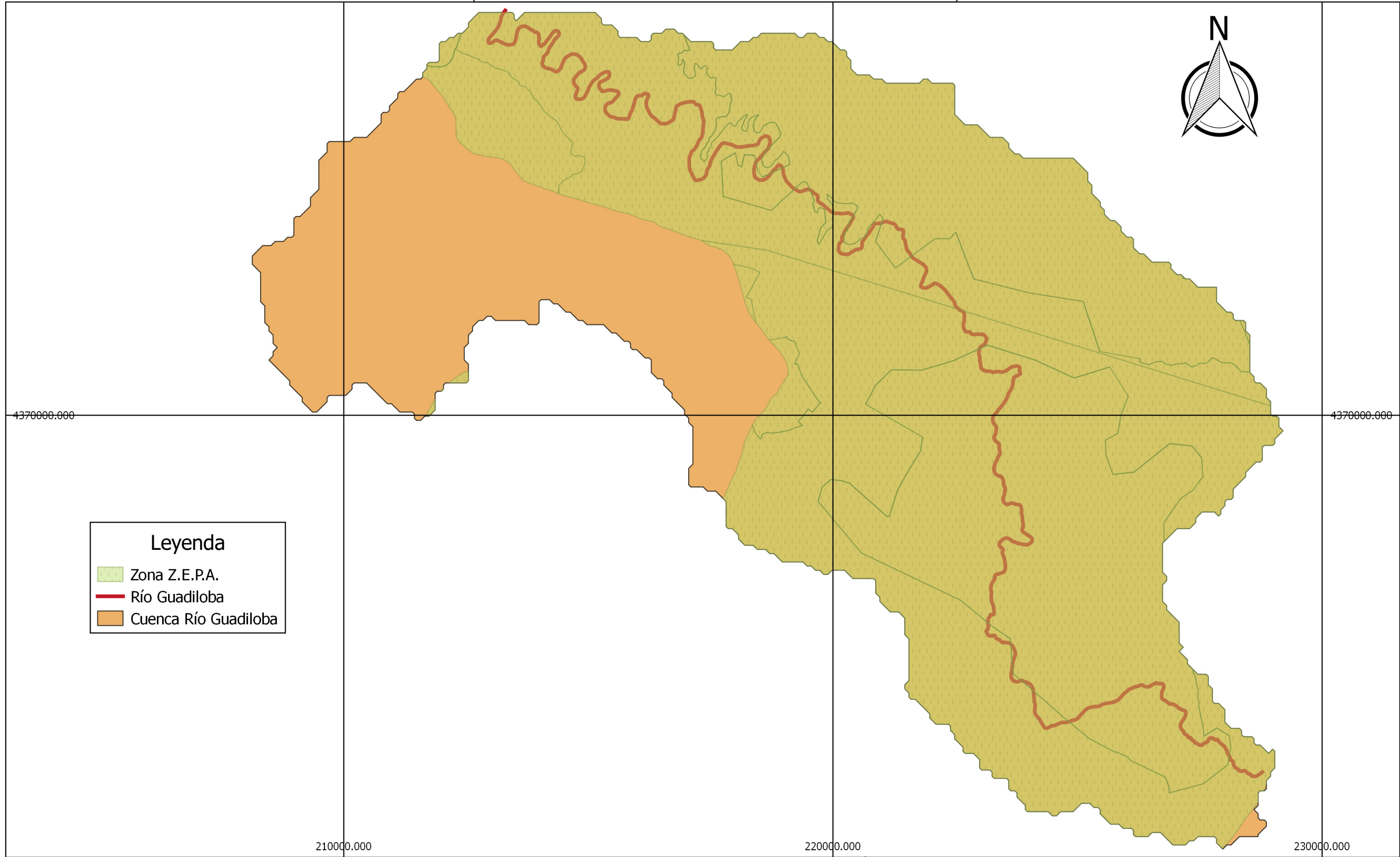
- 1.000000
- 1.800000
- 2.600000
- 3.400000
- 4.200000
- 5.000000

ZONA ZEPA EN LA CUENCA DEL RIO GUADILOBA

210000.000

220000.000

230000.000





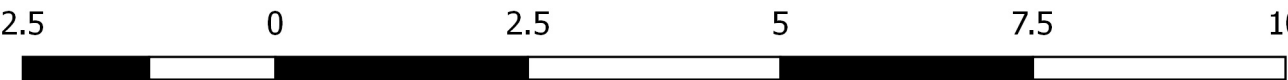
Leyenda

- Zona Z.E.P.A.
- Río Guadiloba
- Cuenca Río Guadiloba

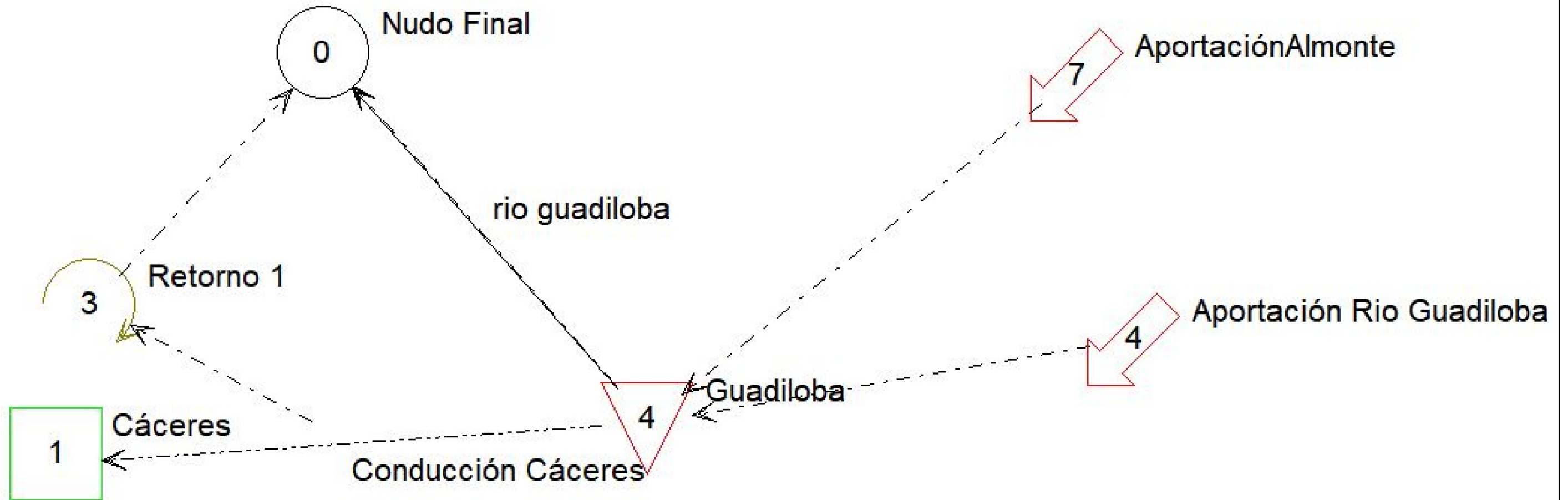
210000.000

220000.000

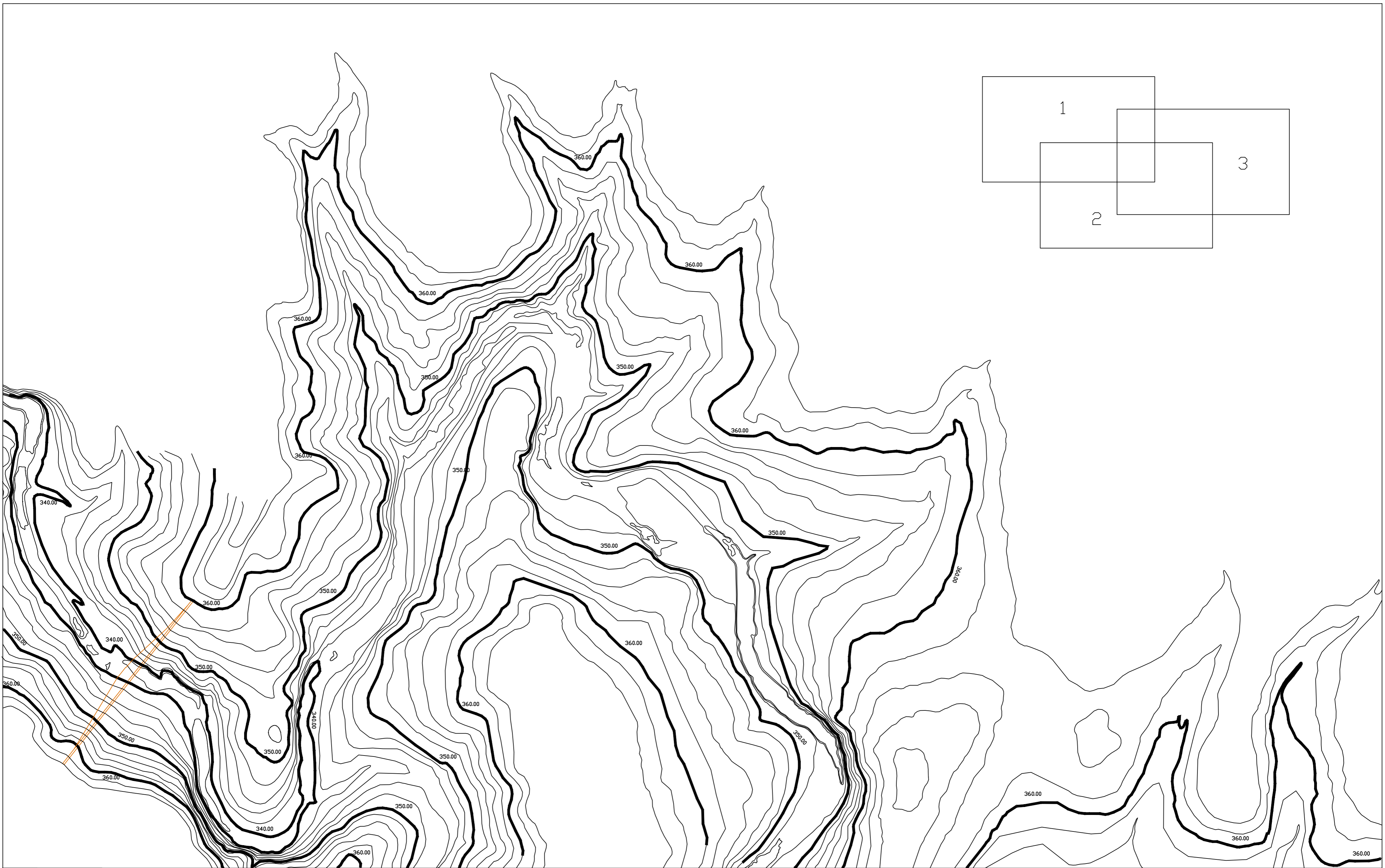
230000.000

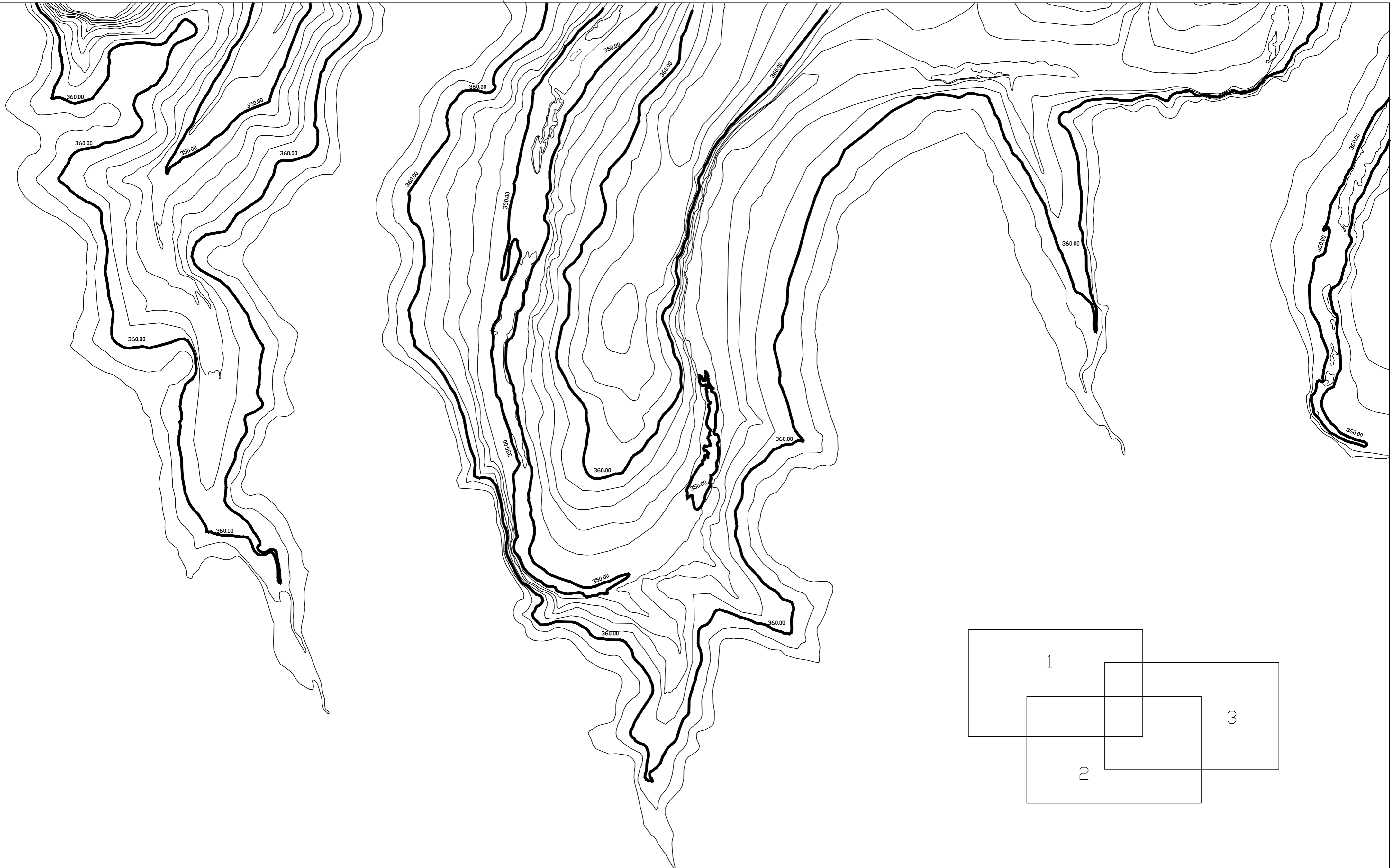
		Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres	Trabajo Fin de Grado. Grado Ingeniería Civil Hidrología. Universidad de Extremadura. Escuela politecnica de Cáceres	Autor: Eduardo Delgado Bejarano Tutores: Pablo Duran Barroso y Jesús Angel Torrecilla Pinero	Sistema de Coordenadas: ETRS89 / UTM zone 30N EPSG 25830
		TITULO DEL PLANO: ZONA ZEPA EN LA CUENCA DEL RIO GUADILOBA	PLANO Nº 6 / 9	Escala 1:75.000	

ESQUEMA MODELO AQUATOOL+



		Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres	Trabajo Fin de Grado. Grado Ingeniería Civil Hidrología. Universidad de Extremadura. Escuela politecnica de Cáceres	Autor: Eduardo Delgado Bejarano Tutores: Pablo Duran Barroso y Jesús Angel Torrecilla Pinero	Sistema de Coordenadas: Croquis
		TITULO DEL PLANO: CROQUIS MODELO AQUATOOL+	PLANO Nº 7 / 9	Escala: Sin Escala	



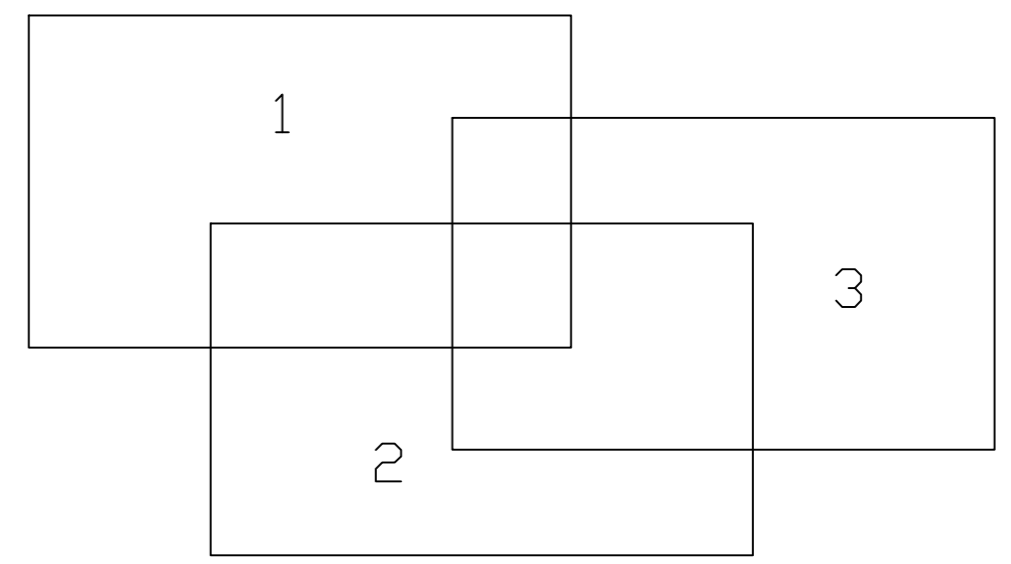


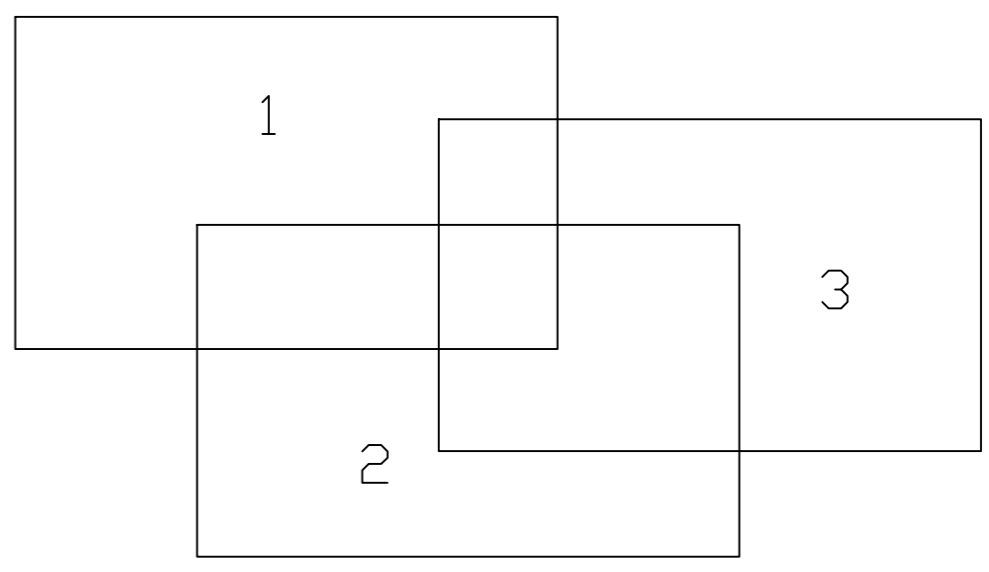
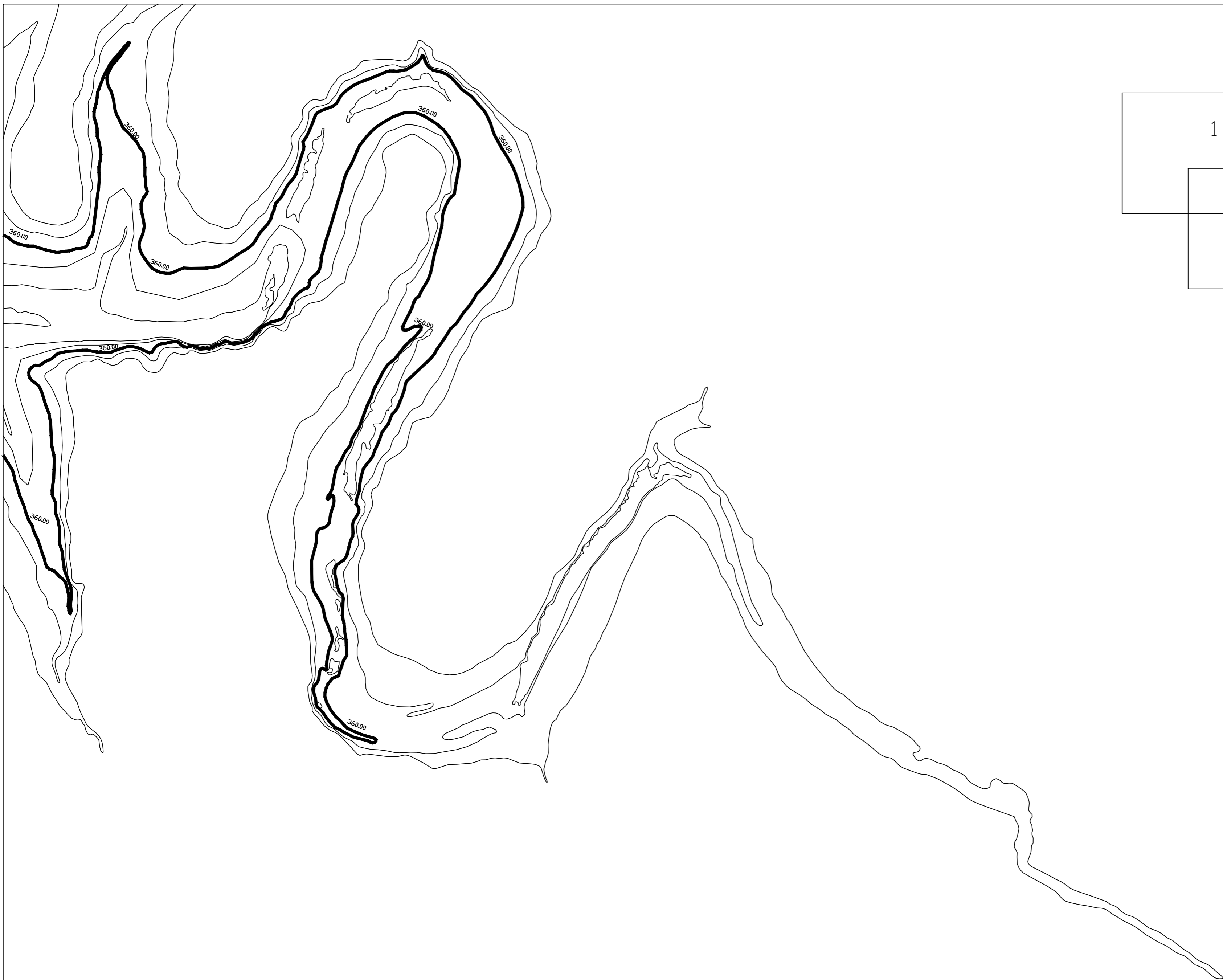
Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
 TÍTULO DEL PLANO:
 Superficie Embalse del Guadiloba

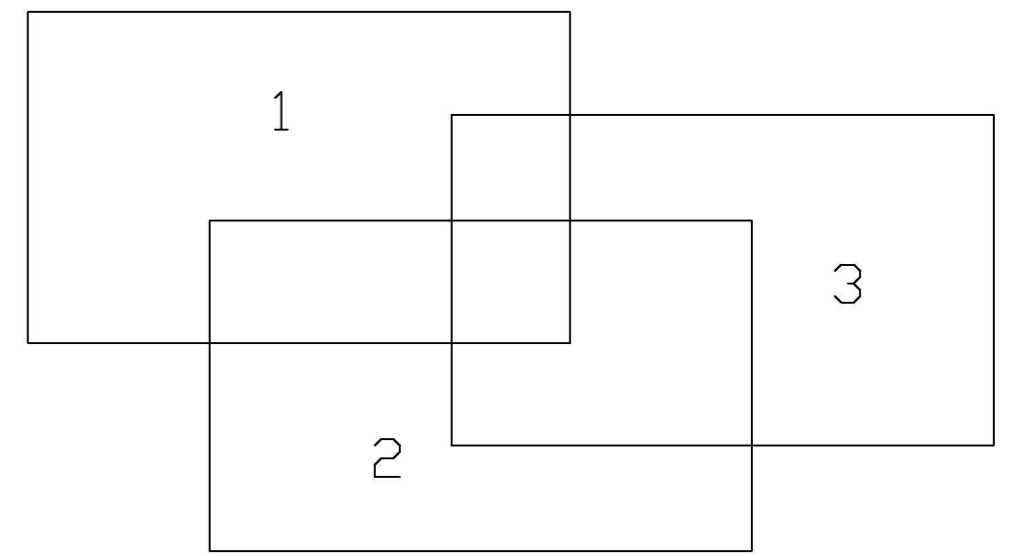
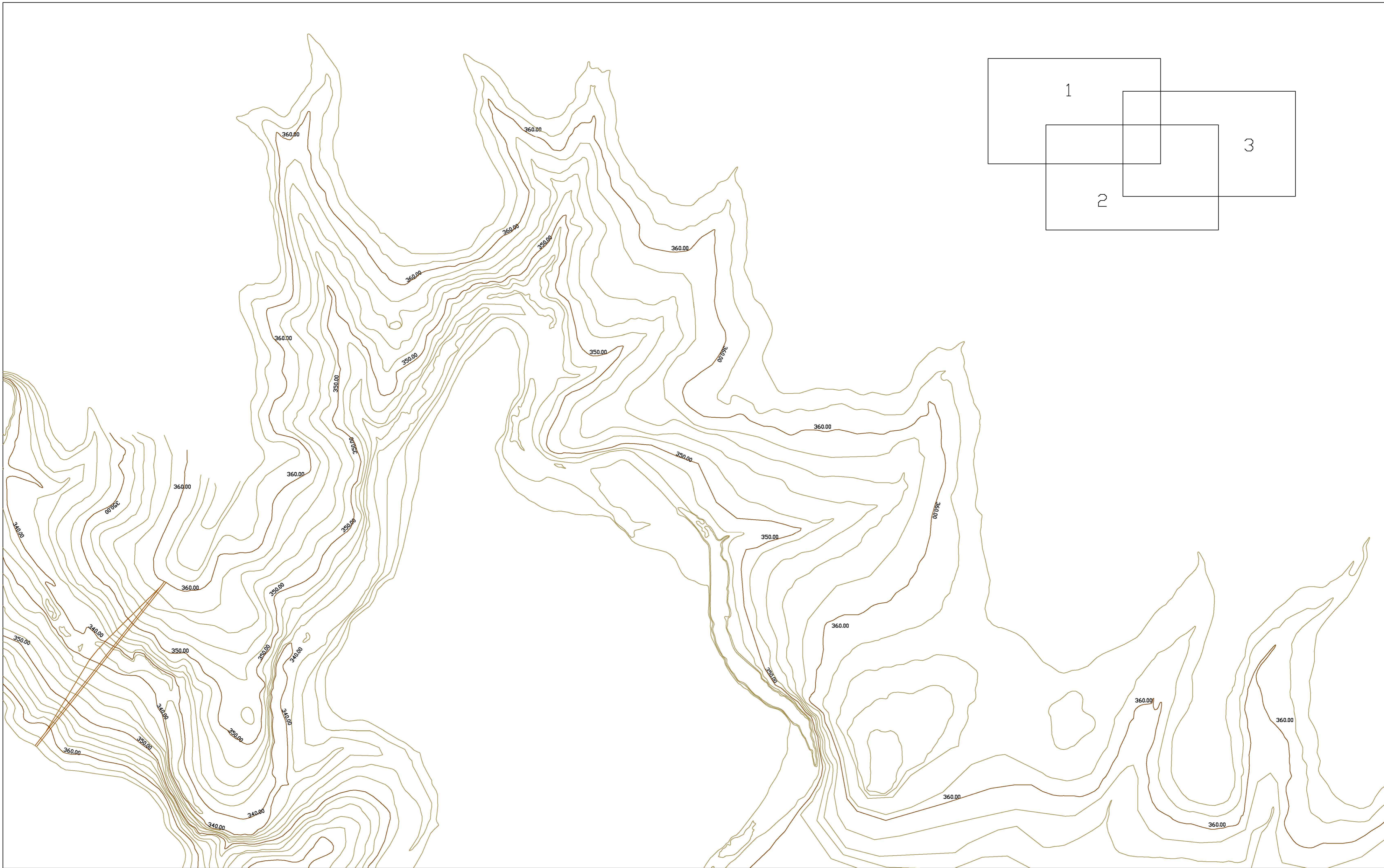
Trabajo Fin de Grado: Grado Ingeniería Civil - Hidrología
 Universidad de Extremadura Escuela Politécnica de Cáceres
 PLAN Nº 8.2

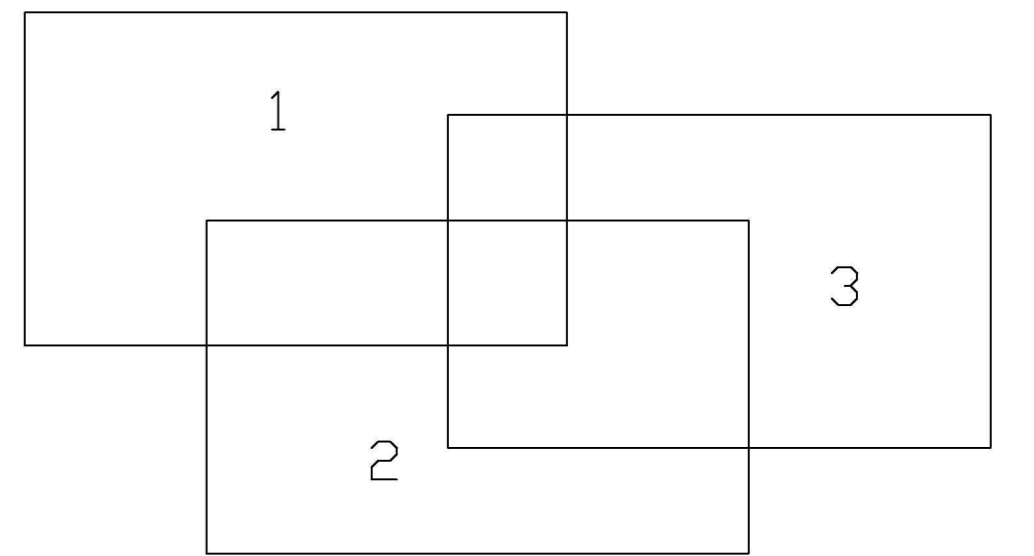
Autor: Eduardo Delgado Bejarano
 Tutor: Pablo Durán Barroso

Escala: 1 : 2000











ANEJO 2: DATOS HIDROLÓGICOS

Contenido

1-	Aportaciones rio Guadiloba e impulsión rio Almonte años 1974-1985:.....	3
2-	Aportaciones simuladas rio Guadiloba años 2000-2100.....	7
3-	Caudal desaguado según número de compuertas abiertas.....	35
4-	Cubicación del embalse del Guadiloba.	37
5-	Gráfica: Cota – volumen almacenado	38
6-	Gráfica: Superficie inundada – Volumen acumulado.....	39

1- Aportaciones rio Guadiloba e impulsión rio Almonte años 1974-1985:

APORTACIONES			
CUENCA GUADILOBA			
CURSO EPCC 2019			
2			
Año	Mes	ApoGuadiloba	ApoAlmonte
1974	10	0,921	0,75
1974	11	0,156	0,75
1974	12	1.539	0,75
1975	1	0,687	0,75
1975	2	0,557	0,75
1975	3	3.868	0,75
1975	4	1.173	0,75
1975	5	0,539	0,75
1975	6	1.810	0,75
1975	7	0,374	0,75
1975	8	0,026	0,75
1975	9	0,103	0,75
1975	10	0,703	0,75
1975	11	0,733	0,75
1975	12	0,255	0,75
1976	1	1.435	0,75
1976	2	1.186	0,75
1976	3	0,935	0,75
1976	4	0,967	0,75
1976	5	2.242	0,75
1976	6	0,437	0,75
1976	7	0,819	0,75
1976	8	0	0,75
1976	9	0,583	0,75
1976	10	3.548	0,75
1976	11	1.867	0,75
1976	12	2.532	0,75
1977	1	3.574	0,75
1977	2	2.954	0,75
1977	3	2.719	0,75
1977	4	0,327	0,75
1977	5	0,065	0,75
1977	6	1.870	0,75
1977	7	1.058	0,75

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

1977	8	0,284	0,75
1977	9	0,953	0,75
1977	10	1.729	0,75
1977	11	1.490	0,75
1977	12	5.974	0,75
1978	1	0,994	0,75
1978	2	0,607	0,75
1978	3	4.913	0,75
1978	4	0,827	0,75
1978	5	1.865	0,75
1978	6	1.453	0,75
1978	7	1.058	0,75
1978	8	0	0,75
1978	9	0,097	0,75
1978	10	1.574	0,75
1978	11	1.510	0,75
1978	12	3.000	0,75
1979	1	4.874	0,75
1979	2	3.961	0,75
1979	3	0,597	0,75
1979	4	3.890	0,75
1979	5	0,332	0,75
1979	6	0,053	0,75
1979	7	1.329	0,75
1979	8	0,016	0,75
1979	9	0	0,75
1979	10	4.342	0,75
1979	11	2.203	0,75
1979	12	0,158	0,75
1980	1	0,571	0,75
1980	2	1.234	0,75
1980	3	0,916	0,75
1980	4	2.767	0,75
1980	5	1.610	0,75
1980	6	0,097	0,75
1980	7	0,135	0,75
1980	8	0,042	0,75
1980	9	0,567	0,75
1980	10	0,229	0,75
1980	11	1.560	0,75
1980	12	0,335	0,75
1981	1	0,029	0,75

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

1981	2	0	0,75
1981	3	0,803	0,75
1981	4	2.587	0,75
1981	5	1.752	0,75
1981	6	0,417	0,75
1981	7	0,039	0,75
1981	8	0,371	0,75
1981	9	0,183	0,75
1981	10	1.135	0,75
1981	11	1.560	0,75
1981	12	0,187	0,75
1982	1	7.194	0,75
1982	2	0,113	0,75
1982	3	0,961	0,75
1982	4	0,817	0,75
1982	5	0,177	0,75
1982	6	1.453	0,75
1982	7	0,245	0,75
1982	8	0,206	0,75
1982	9	0,023	0,75
1982	10	1.135	0,75
1982	11	3.100	0,75
1982	12	0,445	0,75
1983	1	0,342	0,75
1983	2	0,018	0,75
1983	3	1.790	0,75
1983	4	0,01	0,75
1983	5	3.219	0,75
1983	6	1.097	0,75
1983	7	0,148	0,75
1983	8	0,052	0,75
1983	9	0,717	0,75
1983	10	0,59	0,75
1983	11	5.377	0,75
1983	12	5.110	0,75
1984	1	2.671	0,75
1984	2	0,707	0,75
1984	3	0,419	0,75
1984	4	2.987	0,75
1984	5	2.600	0,75
1984	6	2.273	0,75
1984	7	1.755	0,75

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

1984	8	0,203	0,75
1984	9	0,453	0,75
1984	10	0,445	0,75
1984	11	3.937	0,75
1984	12	2.616	0,75
1985	1	1.587	0,75
1985	2	2.429	0,75
1985	3	1.919	0,75
1985	4	0,897	0,75
1985	5	2.574	0,75
1985	6	1.617	0,75
1985	7	0,252	0,75
1985	8	0	0,75
1985	9	0	0,75
1985	10	0,22	0,75
1985	11	1,2	0,75
1985	12	2,77	0,75

2- Aportaciones simuladas rio Guadiloba años 2000-2100

APORTACIONES CUENCAGUADILOBA CURSO EPCC 2019			
2			
año	mes	ApoGuadiloba	ApoAlmonte
2000	1	0	1
2000	2	0	1
2000	3	0.013959	1
2000	4	0.063558	1
2000	5	0.039204	1
2000	6	0.022572	1
2000	7	0.014256	1
2000	8	0.009207	1
2000	9	0.006237	1
2000	10	0	1
2000	11	0	1
2000	12	0	1
2001	1	0.669141	1
2001	2	5	1
2001	3	2	1
2001	4	0.805464	1
2001	5	0.502821	1
2001	6	0.292545	1
2001	7	0.182655	1
2001	8	0.109296	1
2001	9	0.063855	1
2001	10	0.039204	1
2001	11	0.022572	1
2001	12	0.014256	1
2002	1	0.009207	1
2002	2	7	1
2002	3	2	1
2002	4	0.768933	1
2002	5	0.479358	1
2002	6	0.278883	1
2002	7	0.174042	1
2002	8	0.10395	1
2002	9	0.060291	1
2002	10	0.037422	1
2002	11	3	1
2002	12	12	1
2003	1	5	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2003	2	3	1
2003	3	2	1
2003	4	1	1
2003	5	0.658449	1
2003	6	0.383724	1
2003	7	0.238491	1
2003	8	0.142857	1
2003	9	0.08316	1
2003	10	0.051678	1
2003	11	0.030294	1
2003	12	0.261657	1
2004	1	8	1
2004	2	3	1
2004	3	1	1
2004	4	0.722007	1
2004	5	0.449955	1
2004	6	0.261657	1
2004	7	0.16335	1
2004	8	0.097119	1
2004	9	0.056727	1
2004	10	0.035343	1
2004	11	8	1
2004	12	1	1
2005	1	4	1
2005	2	0.826254	1
2005	3	0.56133	1
2005	4	0.328185	1
2005	5	0.204336	1
2005	6	0.1188	1
2005	7	0.07425	1
2005	8	0.04455	1
2005	9	0.025542	1
2005	10	0.016335	1
2005	11	0.00891	1
2005	12	3	1
2006	1	7	1
2006	2	14	1
2006	3	5	1
2006	4	2	1
2006	5	0.972972	1
2006	6	0.56727	1
2006	7	0.354024	1
2006	8	0.211464	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2006	9	0.122661	1
2006	10	0.14553	1
2006	11	3	1
2006	12	2	1
2007	1	9	1
2007	2	12	1
2007	3	3	1
2007	4	2	1
2007	5	0.945648	1
2007	6	0.551529	1
2007	7	0.343629	1
2007	8	0.20493	1
2007	9	0.119988	1
2007	10	0.07425	1
2007	11	0.306207	1
2007	12	0.655479	1
2008	1	4	1
2008	2	20	1
2008	3	1	1
2008	4	0.737451	1
2008	5	0.458568	1
2008	6	0.267894	1
2008	7	0.166617	1
2008	8	0.099792	1
2008	9	0.058212	1
2008	10	0.036234	1
2008	11	0.021087	1
2008	12	0.012771	1
2009	1	11	1
2009	2	7	1
2009	3	2	1
2009	4	0.915057	1
2009	5	0.57024	1
2009	6	0.332937	1
2009	7	0.207306	1
2009	8	0.123849	1
2009	9	0.072171	1
2009	10	0.045144	1
2009	11	0.026136	1
2009	12	0.016632	1
2010	1	0.009207	1
2010	2	0.008316	1
2010	3	1	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2010	4	0.175824	1
2010	5	0.109296	1
2010	6	0.064152	1
2010	7	0.039501	1
2010	8	0.023463	1
2010	9	0.013959	1
2010	10	0.009207	1
2010	11	0.006534	1
2010	12	0	1
2011	1	0	1
2011	2	4	1
2011	3	17	1
2011	4	7	1
2011	5	2	1
2011	6	1	1
2011	7	0.747549	1
2011	8	0.447282	1
2011	9	0.260469	1
2011	10	0.162459	1
2011	11	0.094149	1
2011	12	0.058806	1
2012	1	5	1
2012	2	9	1
2012	3	6	1
2012	4	2	1
2012	5	1	1
2012	6	0.711018	1
2012	7	0.442827	1
2012	8	0.26433	1
2012	9	0.153846	1
2012	10	0.095931	1
2012	11	0.30591	1
2012	12	5	1
2013	1	2	1
2013	2	3	1
2013	3	0.915948	1
2013	4	0.534006	1
2013	5	0.33264	1
2013	6	0.193644	1
2013	7	0.120879	1
2013	8	0.071874	1
2013	9	0.042174	1
2013	10	4	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2013	11	2	1
2013	12	0.373626	1
2014	1	2	1
2014	2	4	1
2014	3	2	1
2014	4	0.845559	1
2014	5	0.526878	1
2014	6	0.307395	1
2014	7	0.191268	1
2014	8	0.114048	1
2014	9	0.066528	1
2014	10	0.041877	1
2014	11	0.023463	1
2014	12	0.015147	1
2015	1	6	1
2015	2	8	1
2015	3	1	1
2015	4	0.773982	1
2015	5	0.48114	1
2015	6	0.280962	1
2015	7	0.174636	1
2015	8	0.104544	1
2015	9	0.060588	1
2015	10	0.606177	1
2015	11	15	1
2015	12	9	1
2016	1	9	1
2016	2	3	1
2016	3	2	1
2016	4	0.973269	1
2016	5	0.606177	1
2016	6	0.35343	1
2016	7	0.21978	1
2016	8	0.131571	1
2016	9	0.076626	1
2016	10	0.047223	1
2016	11	0.028512	1
2016	12	0.01782	1
2017	1	0.009207	1
2017	2	0.008316	1
2017	3	0.008316	1
2017	4	0.537273	1
2017	5	0.466587	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2017	6	0.272943	1
2017	7	0.16929	1
2017	8	0.101574	1
2017	9	0.059103	1
2017	10	0.036828	1
2017	11	0.021384	1
2017	12	10	1
2018	1	9	1
2018	2	5	1
2018	3	2	1
2018	4	0.918324	1
2018	5	0.572319	1
2018	6	0.333828	1
2018	7	0.2079	1
2018	8	0.123849	1
2018	9	0.072468	1
2018	10	0.045144	1
2018	11	0.026136	1
2018	12	0.016632	1
2019	1	0.009207	1
2019	2	0.008316	1
2019	3	0.000297	1
2019	4	0	1
2019	5	0	1
2019	6	0	1
2019	7	0	1
2019	8	0	1
2019	9	0	1
2019	10	0	1
2019	11	0	1
2019	12	0.430056	1
2020	1	12	1
2020	2	9	1
2020	3	1	1
2020	4	0.790911	1
2020	5	0.492723	1
2020	6	0.287496	1
2020	7	0.179091	1
2020	8	0.106623	1
2020	9	0.062667	1
2020	10	0.03861	1
2020	11	0.022275	1
2020	12	2	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2021	1	4	1
2021	2	2	1
2021	3	1	1
2021	4	0.594594	1
2021	5	0.37125	1
2021	6	0.216513	1
2021	7	0.134541	1
2021	8	0.080487	1
2021	9	0.046926	1
2021	10	0.0297	1
2021	11	0.017523	1
2021	12	0.009207	1
2022	1	5	1
2022	2	4	1
2022	3	1	1
2022	4	0.631422	1
2022	5	0.393525	1
2022	6	0.22869	1
2022	7	0.142857	1
2022	8	0.085239	1
2022	9	0.049599	1
2022	10	0.031482	1
2022	11	0.018414	1
2022	12	0.010098	1
2023	1	0.009207	1
2023	2	0.002079	1
2023	3	0	1
2023	4	0	1
2023	5	0	1
2023	6	0	1
2023	7	0	1
2023	8	0	1
2023	9	0	1
2023	10	0	1
2023	11	0	1
2023	12	2	1
2024	1	0.797742	1
2024	2	7	1
2024	3	1	1
2024	4	0.743985	1
2024	5	0.463914	1
2024	6	0.269973	1
2024	7	0.168102	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2024	8	0.100683	1
2024	9	0.058212	1
2024	10	0.036234	1
2024	11	0.021384	1
2024	12	0.012771	1
2025	1	0.009207	1
2025	2	7	1
2025	3	19	1
2025	4	10	1
2025	5	2	1
2025	6	1	1
2025	7	0.730026	1
2025	8	0.435996	1
2025	9	0.254232	1
2025	10	0.157707	1
2025	11	0.092367	1
2025	12	0.057321	1
2026	1	3	1
2026	2	21	1
2026	3	2	1
2026	4	1	1
2026	5	0.742203	1
2026	6	0.432135	1
2026	7	0.269676	1
2026	8	0.16038	1
2026	9	0.093852	1
2026	10	0.467775	1
2026	11	3	1
2026	12	11	1
2027	1	2	1
2027	2	19	1
2027	3	3	1
2027	4	12	1
2027	5	1	1
2027	6	0.741015	1
2027	7	0.462726	1
2027	8	0.275913	1
2027	9	0.160974	1
2027	10	0.100089	1
2027	11	0.058212	1
2027	12	0.036234	1
2028	1	2	1
2028	2	3	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2028	3	2	1
2028	4	3	1
2028	5	1	1
2028	6	0.736263	1
2028	7	0.457974	1
2028	8	0.274131	1
2028	9	0.159489	1
2028	10	0.099495	1
2028	11	0.057915	1
2028	12	0.036234	1
2029	1	0.021681	1
2029	2	0.013365	1
2029	3	0.009207	1
2029	4	0.007128	1
2029	5	0	1
2029	6	0	1
2029	7	0	1
2029	8	0	1
2029	9	0	1
2029	10	0	1
2029	11	0	1
2029	12	0	1
2030	1	0	1
2030	2	0	1
2030	3	0.16929	1
2030	4	0.328779	1
2030	5	0.20493	1
2030	6	0.119988	1
2030	7	0.07425	1
2030	8	0.04455	1
2030	9	0.025542	1
2030	10	0.016335	1
2030	11	0.00891	1
2030	12	0.008613	1
2031	1	10	1
2031	2	15	1
2031	3	2	1
2031	4	5	1
2031	5	1	1
2031	6	0.656667	1
2031	7	0.409563	1
2031	8	0.245322	1
2031	9	0.14256	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2031	10	0.088803	1
2031	11	0.052272	1
2031	12	0.032076	1
2032	1	0.019602	1
2032	2	15	1
2032	3	4	1
2032	4	1	1
2032	5	0.734184	1
2032	6	0.427383	1
2032	7	0.266706	1
2032	8	0.159489	1
2032	9	0.092664	1
2032	10	0.057915	1
2032	11	0.033561	1
2032	12	0.021087	1
2033	1	0.01188	1
2033	2	3	1
2033	3	2	1
2033	4	0.706563	1
2033	5	0.440748	1
2033	6	0.256608	1
2033	7	0.160083	1
2033	8	0.095634	1
2033	9	0.055539	1
2033	10	0.034452	1
2033	11	0.020493	1
2033	12	0.01188	1
2034	1	0.009207	1
2034	2	11	1
2034	3	6	1
2034	4	1	1
2034	5	0.817641	1
2034	6	0.476091	1
2034	7	0.296703	1
2034	8	0.177012	1
2034	9	0.103059	1
2034	10	0.064449	1
2034	11	0.037422	1
2034	12	0.023166	1
2035	1	0.013959	1
2035	2	0.679536	1
2035	3	0.610929	1
2035	4	0.329076	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2035	5	0.20493	1
2035	6	0.119988	1
2035	7	0.07425	1
2035	8	0.04455	1
2035	9	0.025542	1
2035	10	0.016335	1
2035	11	1	1
2035	12	10	1
2036	1	2	1
2036	2	0.978615	1
2036	3	25	1
2036	4	3	1
2036	5	1	1
2036	6	0.791505	1
2036	7	0.493911	1
2036	8	0.295218	1
2036	9	0.171666	1
2036	10	0.106623	1
2036	11	0.062667	1
2036	12	0.03861	1
2037	1	3	1
2037	2	2	1
2037	3	1	1
2037	4	0.708048	1
2037	5	0.441639	1
2037	6	0.256905	1
2037	7	0.16038	1
2037	8	0.095634	1
2037	9	0.055836	1
2037	10	0.034452	1
2037	11	0.020493	1
2037	12	4	1
2038	1	4	1
2038	2	13	1
2038	3	1	1
2038	4	0.633798	1
2038	5	0.39501	1
2038	6	0.230175	1
2038	7	0.143154	1
2038	8	0.085833	1
2038	9	0.050193	1
2038	10	0.031482	1
2038	11	14	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2038	12	3	1
2039	1	6	1
2039	2	7	1
2039	3	2	1
2039	4	1	1
2039	5	0.645084	1
2039	6	0.374814	1
2039	7	0.234333	1
2039	8	0.140184	1
2039	9	0.081378	1
2039	10	0.050787	1
2039	11	0.029997	1
2039	12	2	1
2040	1	11	1
2040	2	2	1
2040	3	1	1
2040	4	0.709533	1
2040	5	0.442233	1
2040	6	0.257202	1
2040	7	0.16038	1
2040	8	0.095634	1
2040	9	0.055836	1
2040	10	0.034749	1
2040	11	0.020493	1
2040	12	0.012177	1
2041	1	0.01485	1
2041	2	6	1
2041	3	9	1
2041	4	0.596079	1
2041	5	0.371547	1
2041	6	0.21681	1
2041	7	0.134541	1
2041	8	0.080784	1
2041	9	0.046926	1
2041	10	0.0297	1
2041	11	0.017523	1
2041	12	0.009207	1
2042	1	0.009207	1
2042	2	17	1
2042	3	1	1
2042	4	0.864567	1
2042	5	0.540837	1
2042	6	0.315414	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2042	7	0.196317	1
2042	8	0.117315	1
2042	9	0.06831	1
2042	10	0.043362	1
2042	11	0.024354	1
2042	12	0.015741	1
2043	1	0.009207	1
2043	2	9	1
2043	3	9	1
2043	4	1	1
2043	5	0.764181	1
2043	6	0.4455	1
2043	7	0.277101	1
2043	8	0.165726	1
2043	9	0.096525	1
2043	10	0.059994	1
2043	11	4	1
2043	12	8	1
2044	1	4	1
2044	2	1	1
2044	3	0.756459	1
2044	4	0.439857	1
2044	5	0.274725	1
2044	6	0.159786	1
2044	7	0.099792	1
2044	8	0.059697	1
2044	9	0.034749	1
2044	10	0.021681	1
2044	11	0.012177	1
2044	12	5	1
2045	1	7	1
2045	2	0.909711	1
2045	3	4	1
2045	4	0.892485	1
2045	5	0.556578	1
2045	6	0.324027	1
2045	7	0.201663	1
2045	8	0.120879	1
2045	9	0.070092	1
2045	10	0.043956	1
2045	11	0.025245	1
2045	12	0.016038	1
2046	1	0.009207	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2046	2	0.008019	1
2046	3	0	1
2046	4	0	1
2046	5	0	1
2046	6	0	1
2046	7	0	1
2046	8	0	1
2046	9	0	1
2046	10	2	1
2046	11	15	1
2046	12	6	1
2047	1	10	1
2047	2	3	1
2047	3	2	1
2047	4	1	1
2047	5	0.640926	1
2047	6	0.37422	1
2047	7	0.233442	1
2047	8	0.139293	1
2047	9	0.080784	1
2047	10	0.050787	1
2047	11	0.544104	1
2047	12	2	1
2048	1	5	1
2048	2	20	1
2048	3	8	1
2048	4	2	1
2048	5	1	1
2048	6	0.74547	1
2048	7	0.464508	1
2048	8	0.277398	1
2048	9	0.161568	1
2048	10	2	1
2048	11	5	1
2048	12	11	1
2049	1	12	1
2049	2	4	1
2049	3	6	1
2049	4	2	1
2049	5	1	1
2049	6	0.683694	1
2049	7	0.426195	1
2049	8	0.254529	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2049	9	0.1485	1
2049	10	0.092664	1
2049	11	12	1
2049	12	8	1
2050	1	14	1
2050	2	3	1
2050	3	2	1
2050	4	0.920106	1
2050	5	0.574101	1
2050	6	0.333828	1
2050	7	0.208197	1
2050	8	0.124443	1
2050	9	0.072468	1
2050	10	0.045144	1
2050	11	0.026136	1
2050	12	0.049005	1
2051	1	0.248886	1
2051	2	0.127413	1
2051	3	0.086427	1
2051	4	0.05049	1
2051	5	0.031482	1
2051	6	0.018711	1
2051	7	0.010098	1
2051	8	0.009207	1
2051	9	0.002079	1
2051	10	0	1
2051	11	0	1
2051	12	0	1
2052	1	0	1
2052	2	0	1
2052	3	0	1
2052	4	0	1
2052	5	0	1
2052	6	0	1
2052	7	0	1
2052	8	0	1
2052	9	0	1
2052	10	4	1
2052	11	28	1
2052	12	7	1
2053	1	4	1
2053	2	2	1
2053	3	1	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2053	4	0.63261	1
2053	5	0.394416	1
2053	6	0.229284	1
2053	7	0.142857	1
2053	8	0.085536	1
2053	9	0.049599	1
2053	10	0.031482	1
2053	11	0.018414	1
2053	12	0.010098	1
2054	1	0.009207	1
2054	2	0.002079	1
2054	3	0	1
2054	4	0	1
2054	5	0	1
2054	6	0	1
2054	7	0	1
2054	8	0	1
2054	9	0	1
2054	10	0	1
2054	11	0	1
2054	12	0	1
2055	1	0	1
2055	2	1	1
2055	3	0.203742	1
2055	4	0.1188	1
2055	5	0.073953	1
2055	6	0.043362	1
2055	7	0.02673	1
2055	8	0.016335	1
2055	9	0.00891	1
2055	10	0.008613	1
2055	11	0	1
2055	12	5	1
2056	1	4	1
2056	2	1	1
2056	3	0.786753	1
2056	4	0.459459	1
2056	5	0.285417	1
2056	6	0.166914	1
2056	7	0.10395	1
2056	8	0.061776	1
2056	9	0.035937	1
2056	10	0.022275	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2056	11	0.012771	1
2056	12	0.009207	1
2057	1	0.005346	1
2057	2	5	1
2057	3	0.539352	1
2057	4	0.314226	1
2057	5	0.195723	1
2057	6	0.114048	1
2057	7	0.070983	1
2057	8	0.042768	1
2057	9	0.024354	1
2057	10	0.015741	1
2057	11	0.00891	1
2057	12	6	1
2058	1	6	1
2058	2	23	1
2058	3	2	1
2058	4	1	1
2058	5	0.713988	1
2058	6	0.4158	1
2058	7	0.258984	1
2058	8	0.154737	1
2058	9	0.090288	1
2058	10	0.056133	1
2058	11	0.032373	1
2058	12	0.02079	1
2059	1	0.011286	1
2059	2	11	1
2059	3	5	1
2059	4	0.927531	1
2059	5	0.577071	1
2059	6	0.336204	1
2059	7	0.209385	1
2059	8	0.125037	1
2059	9	0.072765	1
2059	10	0.045144	1
2059	11	0.035937	1
2059	12	0.536976	1
2060	1	0.505791	1
2060	2	8	1
2060	3	3	1
2060	4	1	1
2060	5	0.717552	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2060	6	0.417879	1
2060	7	0.260469	1
2060	8	0.155034	1
2060	9	0.090882	1
2060	10	0.05643	1
2060	11	0.032967	1
2060	12	0.02079	1
2061	1	0.376002	1
2061	2	8	1
2061	3	1	1
2061	4	0.841401	1
2061	5	0.523314	1
2061	6	0.305019	1
2061	7	0.19008	1
2061	8	0.113751	1
2061	9	0.065934	1
2061	10	0.041877	1
2061	11	0.023463	1
2061	12	0.015147	1
2062	1	0.009207	1
2062	2	0.007128	1
2062	3	0	1
2062	4	0	1
2062	5	0	1
2062	6	0	1
2062	7	0	1
2062	8	0	1
2062	9	0	1
2062	10	0	1
2062	11	0	1
2062	12	0	1
2063	1	7	1
2063	2	2	1
2063	3	4	1
2063	4	1	1
2063	5	0.645678	1
2063	6	0.375408	1
2063	7	0.234333	1
2063	8	0.140184	1
2063	9	0.081378	1
2063	10	0.050787	1
2063	11	0.038907	1
2063	12	13	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2064	1	8	1
2064	2	3	1
2064	3	1	1
2064	4	0.735372	1
2064	5	0.457677	1
2064	6	0.266409	1
2064	7	0.166023	1
2064	8	0.099198	1
2064	9	0.057618	1
2064	10	0.035937	1
2064	11	0.021087	1
2064	12	0.012771	1
2065	1	0.641223	1
2065	2	0.206415	1
2065	3	4	1
2065	4	4	1
2065	5	0.658152	1
2065	6	0.383427	1
2065	7	0.238491	1
2065	8	0.142857	1
2065	9	0.08316	1
2065	10	0.051678	1
2065	11	14	1
2065	12	8	1
2066	1	4	1
2066	2	1	1
2066	3	0.922185	1
2066	4	0.536382	1
2066	5	0.334125	1
2066	6	0.195129	1
2066	7	0.121176	1
2066	8	0.072468	1
2066	9	0.042768	1
2066	10	23	1
2066	11	2	1
2066	12	15	1
2067	1	14	1
2067	2	3	1
2067	3	7	1
2067	4	2	1
2067	5	0.943866	1
2067	6	0.550935	1
2067	7	0.342441	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2067	8	0.20493	1
2067	9	0.119988	1
2067	10	0.07425	1
2067	11	0.043362	1
2067	12	8	1
2068	1	13	1
2068	2	14	1
2068	3	2	1
2068	4	1	1
2068	5	0.777249	1
2068	6	0.452925	1
2068	7	0.28215	1
2068	8	0.168399	1
2068	9	0.098307	1
2068	10	0.060885	1
2068	11	0.035343	1
2068	12	0.022275	1
2069	1	0.013068	1
2069	2	0.008316	1
2069	3	0.008316	1
2069	4	0	1
2069	5	0	1
2069	6	0	1
2069	7	0	1
2069	8	0	1
2069	9	0	1
2069	10	0	1
2069	11	0	1
2069	12	0	1
2070	1	2	1
2070	2	10	1
2070	3	1	1
2070	4	0.840807	1
2070	5	0.523314	1
2070	6	0.305019	1
2070	7	0.189783	1
2070	8	0.113751	1
2070	9	0.065934	1
2070	10	0.04158	1
2070	11	8	1
2070	12	8	1
2071	1	3	1
2071	2	2	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2071	3	1	1
2071	4	0.633204	1
2071	5	0.39501	1
2071	6	0.229878	1
2071	7	0.142857	1
2071	8	0.085833	1
2071	9	0.050193	1
2071	10	0.031482	1
2071	11	0.018414	1
2071	12	6	1
2072	1	0.997623	1
2072	2	0.491238	1
2072	3	1	1
2072	4	0.38907	1
2072	5	0.242055	1
2072	6	0.141372	1
2072	7	0.087912	1
2072	8	0.052569	1
2072	9	0.030591	1
2072	10	0.019602	1
2072	11	0.009801	1
2072	12	0.009207	1
2073	1	0.002376	1
2073	2	0	1
2073	3	0	1
2073	4	0	1
2073	5	0	1
2073	6	0	1
2073	7	0	1
2073	8	0	1
2073	9	0	1
2073	10	0	1
2073	11	0	1
2073	12	0	1
2074	1	0	1
2074	2	9	1
2074	3	2	1
2074	4	1	1
2074	5	0.657558	1
2074	6	0.382536	1
2074	7	0.238194	1
2074	8	0.14256	1
2074	9	0.082863	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2074	10	0.051678	1
2074	11	0.030294	1
2074	12	8	1
2075	1	8	1
2075	2	4	1
2075	3	4	1
2075	4	0.956043	1
2075	5	0.595782	1
2075	6	0.346896	1
2075	7	0.215919	1
2075	8	0.129492	1
2075	9	0.075438	1
2075	10	0.046332	1
2075	11	0.027621	1
2075	12	0.017226	1
2076	1	0.944163	1
2076	2	1	1
2076	3	0.691119	1
2076	4	0.402732	1
2076	5	0.250668	1
2076	6	0.146421	1
2076	7	0.091179	1
2076	8	0.054648	1
2076	9	0.031185	1
2076	10	0.021087	1
2076	11	4	1
2076	12	4	1
2077	1	3	1
2077	2	0.522423	1
2077	3	0.354024	1
2077	4	0.206712	1
2077	5	0.129195	1
2077	6	0.075141	1
2077	7	0.046332	1
2077	8	0.027918	1
2077	9	0.016632	1
2077	10	0.009207	1
2077	11	0.00891	1
2077	12	6	1
2078	1	9	1
2078	2	19	1
2078	3	10	1
2078	4	3	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2078	5	2	1
2078	6	0.925452	1
2078	7	0.57618	1
2078	8	0.344223	1
2078	9	0.200475	1
2078	10	0.125037	1
2078	11	12	1
2078	12	4	1
2079	1	3	1
2079	2	2	1
2079	3	1	1
2079	4	0.603207	1
2079	5	0.376002	1
2079	6	0.218889	1
2079	7	0.136323	1
2079	8	0.081675	1
2079	9	0.04752	1
2079	10	0.030294	1
2079	11	0.01782	1
2079	12	0.009207	1
2080	1	4	1
2080	2	1	1
2080	3	4	1
2080	4	0.699138	1
2080	5	0.435402	1
2080	6	0.253638	1
2080	7	0.157707	1
2080	8	0.094446	1
2080	9	0.054945	1
2080	10	0.034155	1
2080	11	0.020196	1
2080	12	0.01188	1
2081	1	0.009207	1
2081	2	0.057915	1
2081	3	0.190674	1
2081	4	0.114048	1
2081	5	0.070983	1
2081	6	0.04158	1
2081	7	0.025245	1
2081	8	0.015444	1
2081	9	0.00891	1
2081	10	0.008019	1
2081	11	0	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2081	12	0	1
2082	1	0	1
2082	2	0.010692	1
2082	3	2	1
2082	4	0.404217	1
2082	5	0.252153	1
2082	6	0.146421	1
2082	7	0.091773	1
2082	8	0.054648	1
2082	9	0.031779	1
2082	10	0.020196	1
2082	11	0.010692	1
2082	12	0.009207	1
2083	1	14	1
2083	2	6	1
2083	3	6	1
2083	4	1	1
2083	5	0.827145	1
2083	6	0.483219	1
2083	7	0.29997	1
2083	8	0.179685	1
2083	9	0.104841	1
2083	10	0.06534	1
2083	11	0.037719	1
2083	12	0.0297	1
2084	1	5	1
2084	2	1	1
2084	3	0.75438	1
2084	4	0.438966	1
2084	5	0.273537	1
2084	6	0.159192	1
2084	7	0.099495	1
2084	8	0.059103	1
2084	9	0.034749	1
2084	10	0.021681	1
2084	11	0.012177	1
2084	12	0.009207	1
2085	1	0.004752	1
2085	2	0	1
2085	3	0	1
2085	4	0	1
2085	5	0	1
2085	6	0	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2085	7	0	1
2085	8	0	1
2085	9	0	1
2085	10	0	1
2085	11	0	1
2085	12	5	1
2086	1	2	1
2086	2	0.696465	1
2086	3	0.778437	1
2086	4	0.588357	1
2086	5	0.365904	1
2086	6	0.213543	1
2086	7	0.132759	1
2086	8	0.079596	1
2086	9	0.046035	1
2086	10	0.029106	1
2086	11	0.017226	1
2086	12	0.009207	1
2087	1	0.009207	1
2087	2	0.000594	1
2087	3	0	1
2087	4	2	1
2087	5	0.171666	1
2087	6	0.099792	1
2087	7	0.062073	1
2087	8	0.037125	1
2087	9	0.021681	1
2087	10	0.013365	1
2087	11	0.00891	1
2087	12	0.005643	1
2088	1	0.051381	1
2088	2	16	1
2088	3	2	1
2088	4	0.953964	1
2088	5	0.594891	1
2088	6	0.346302	1
2088	7	0.215622	1
2088	8	0.129195	1
2088	9	0.075141	1
2088	10	0.046332	1
2088	11	0.027621	1
2088	12	5	1
2089	1	2	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2089	2	6	1
2089	3	23	1
2089	4	4	1
2089	5	2	1
2089	6	1	1
2089	7	0.645381	1
2089	8	0.384318	1
2089	9	0.224829	1
2089	10	0.140184	1
2089	11	0.081378	1
2089	12	8	1
2090	1	3	1
2090	2	22	1
2090	3	3	1
2090	4	1	1
2090	5	0.838728	1
2090	6	0.488565	1
2090	7	0.304722	1
2090	8	0.182061	1
2090	9	0.105732	1
2090	10	0.066528	1
2090	11	0.038313	1
2090	12	0.023463	1
2091	1	0.014256	1
2091	2	0.008316	1
2091	3	0.007128	1
2091	4	0	1
2091	5	0	1
2091	6	0	1
2091	7	0	1
2091	8	0	1
2091	9	0	1
2091	10	0	1
2091	11	0	1
2091	12	0	1
2092	1	2	1
2092	2	1	1
2092	3	0.621324	1
2092	4	0.36234	1
2092	5	0.226017	1
2092	6	0.131274	1
2092	7	0.081972	1
2092	8	0.049005	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2092	9	0.029106	1
2092	10	0.018117	1
2092	11	0.00891	1
2092	12	8	1
2093	1	12	1
2093	2	30	1
2093	3	5	1
2093	4	2	1
2093	5	1	1
2093	6	0.65043	1
2093	7	0.404217	1
2093	8	0.242055	1
2093	9	0.141372	1
2093	10	0.087912	1
2093	11	0.051381	1
2093	12	0.031779	1
2094	1	6	1
2094	2	0.525393	1
2094	3	3	1
2094	4	0.702108	1
2094	5	0.437778	1
2094	6	0.25542	1
2094	7	0.159192	1
2094	8	0.094743	1
2094	9	0.055539	1
2094	10	0.034452	1
2094	11	0.020196	1
2094	12	0.568755	1
2095	1	8	1
2095	2	6	1
2095	3	2	1
2095	4	0.998811	1
2095	5	0.622512	1
2095	6	0.362637	1
2095	7	0.226017	1
2095	8	0.134541	1
2095	9	0.078705	1
2095	10	0.049005	1
2095	11	0.029106	1
2095	12	0.018117	1
2096	1	0.009207	1
2096	2	9	1
2096	3	16	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2096	4	2	1
2096	5	1	1
2096	6	0.622512	1
2096	7	0.388773	1
2096	8	0.23166	1
2096	9	0.134838	1
2096	10	0.084348	1
2096	11	0.049005	1
2096	12	0.680724	1
2097	1	14	1
2097	2	5	1
2097	3	2	1
2097	4	1	1
2097	5	0.694386	1
2097	6	0.404514	1
2097	7	0.252153	1
2097	8	0.150282	1
2097	9	0.087912	1
2097	10	0.054648	1
2097	11	0.031779	1
2097	12	0.020196	1
2098	1	0.010989	1
2098	2	4	1
2098	3	0.787347	1
2098	4	0.459756	1
2098	5	0.285417	1
2098	6	0.166914	1
2098	7	0.10395	1
2098	8	0.061776	1
2098	9	0.035937	1
2098	10	4	1
2098	11	7	1
2098	12	5	1
2099	1	1	1
2099	2	3	1
2099	3	1	1
2099	4	0.675081	1
2099	5	0.420552	1
2099	6	0.244728	1
2099	7	0.152658	1
2099	8	0.091179	1
2099	9	0.053163	1
2099	10	0.032967	1

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

2099	11	0.019602	1
2099	12	0.025454	1

3- Caudal desaguado según número de compuertas abiertas.

Q(m ³ /s)	Desagüe por 1 vano del aliviadero	Desagüe por 2 vanos del aliviadero	Desagüe por 3 vanos del aliviadero
0	359	359	359
5	359,4	359,25	359,15
10	359,7	359,49	359,3
15	360	359,65	359,45
20	360,3	359,8	359,58
25	360,55	359,95	359,7
30	360,75	360,08	359,8
35	360,95	360,2	359,9
40	361,15	360,3	360
45	361,32	360,4	360,1
50	361,5	360,52	360,2
55	361,7	360,65	360,28
60	361,85	360,75	360,35
65	362	360,85	360,45
70	362,15	360,93	360,55
75	362,25	361,03	360,62
80		361,15	360,68
85		361,25	360,72
90		361,32	360,79
95		361,4	360,84
100		361,5	360,9
105		361,58	360,98

Aumento de capacidad de almacenamiento para la mejora de abastecimiento a la ciudad de Cáceres
Eduardo Delgado Bejarano

110		361,65	361,05
115		361,72	361,12
120		361,82	361,16
125		361,92	361,2
130		362	361,26
135		362,1	361,31
140		362,15	361,36
145		362,2	361,42
150		362,25	361,5
155			361,55
160			361,62
165			361,66
170			361,716
175			361,74
180			361,79
185			361,83
190			361,9
195			361,95
200			362
205			362,06125
210			362,125
215			362,2
220			362,25

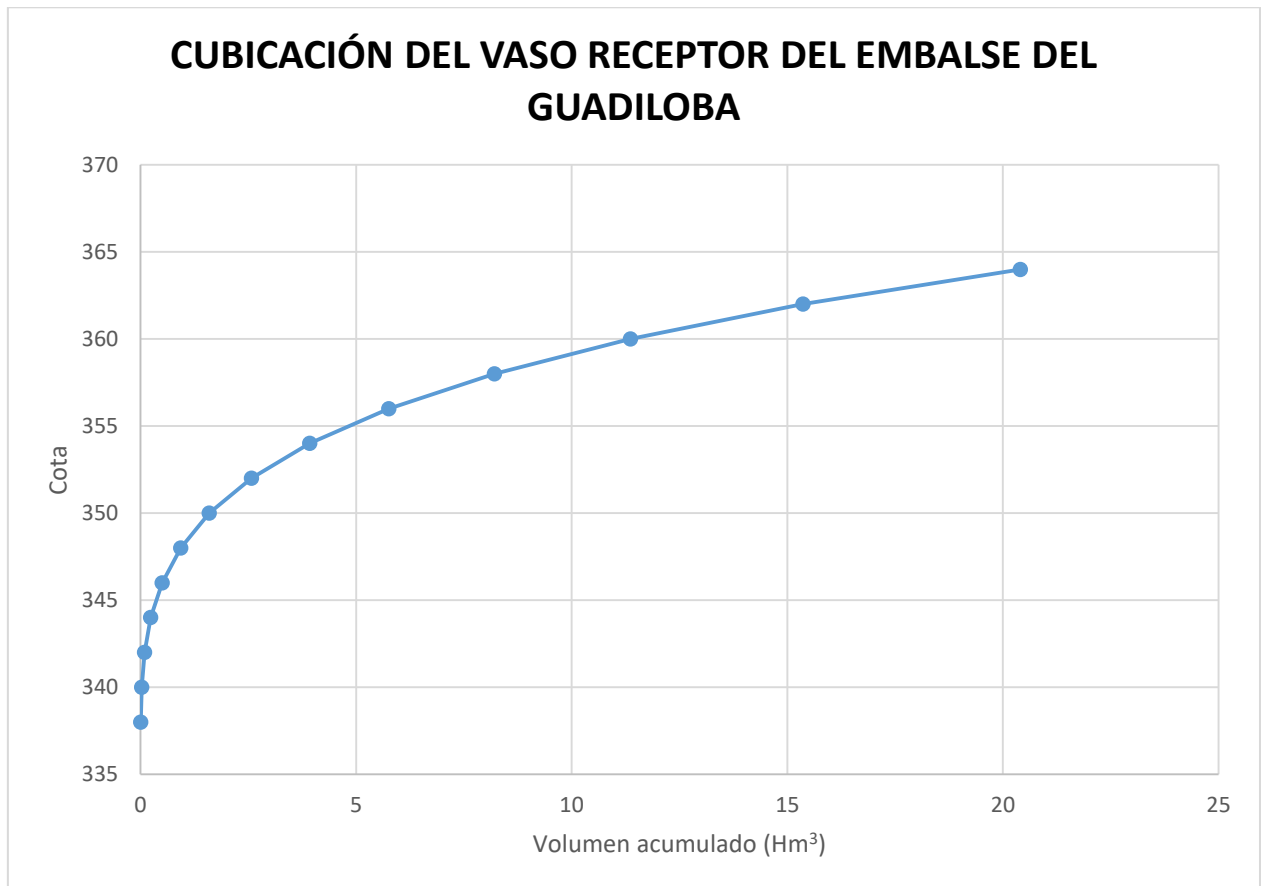
4- Cubicación del embalse del Guadiloba.

Situación actual

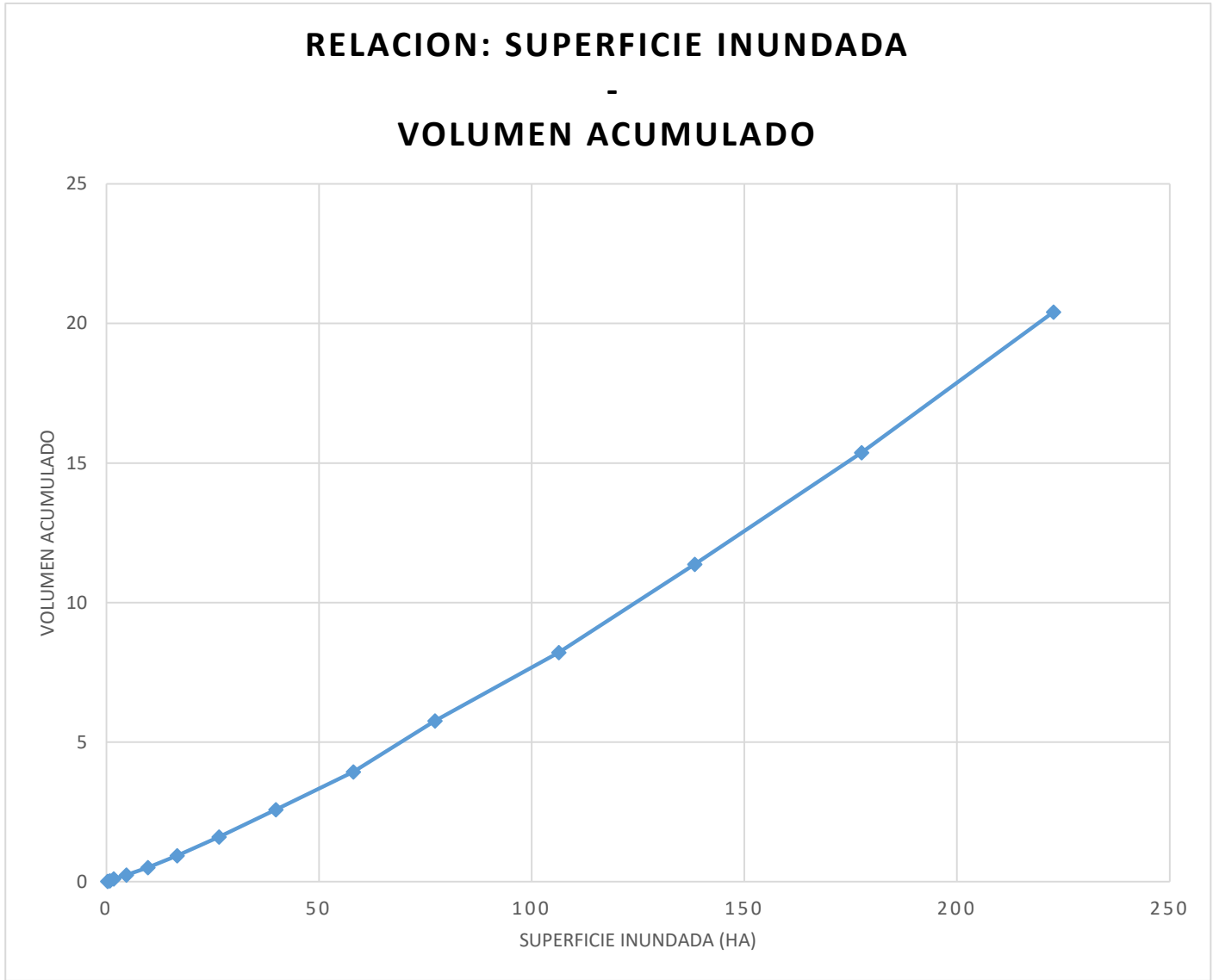
COTA (M)	SUPERFICIE (M2)	VOLUMEN PARCIAL (HM3)	VOLUMEN TOTAL (HM3)
337	2720	0,00544	
338	8160	0,0254	0,00544
340	17240	0,06384	0,03084
342	46600	0,14368	0,09468
344	97080	0,26336	0,23836
346	166280	0,43112	0,50172
348	264840	0,66276	0,93284
350	397920	0,97816	1,5956
352	580240	1,35264	2,57376
354	772400	1,83596	3,9264
356	1063560	2,44656	5,76236
358	1383000	3,15808	8,20892
360	1775080	4,00196	11,367
362	2226880	5,03791	15,36896
364	2811030		20,40687

5- Gráfica: Cota – volumen almacenado.

Situación actual



6- Gráfica: Superficie inundada – Volumen acumulado Situación actual

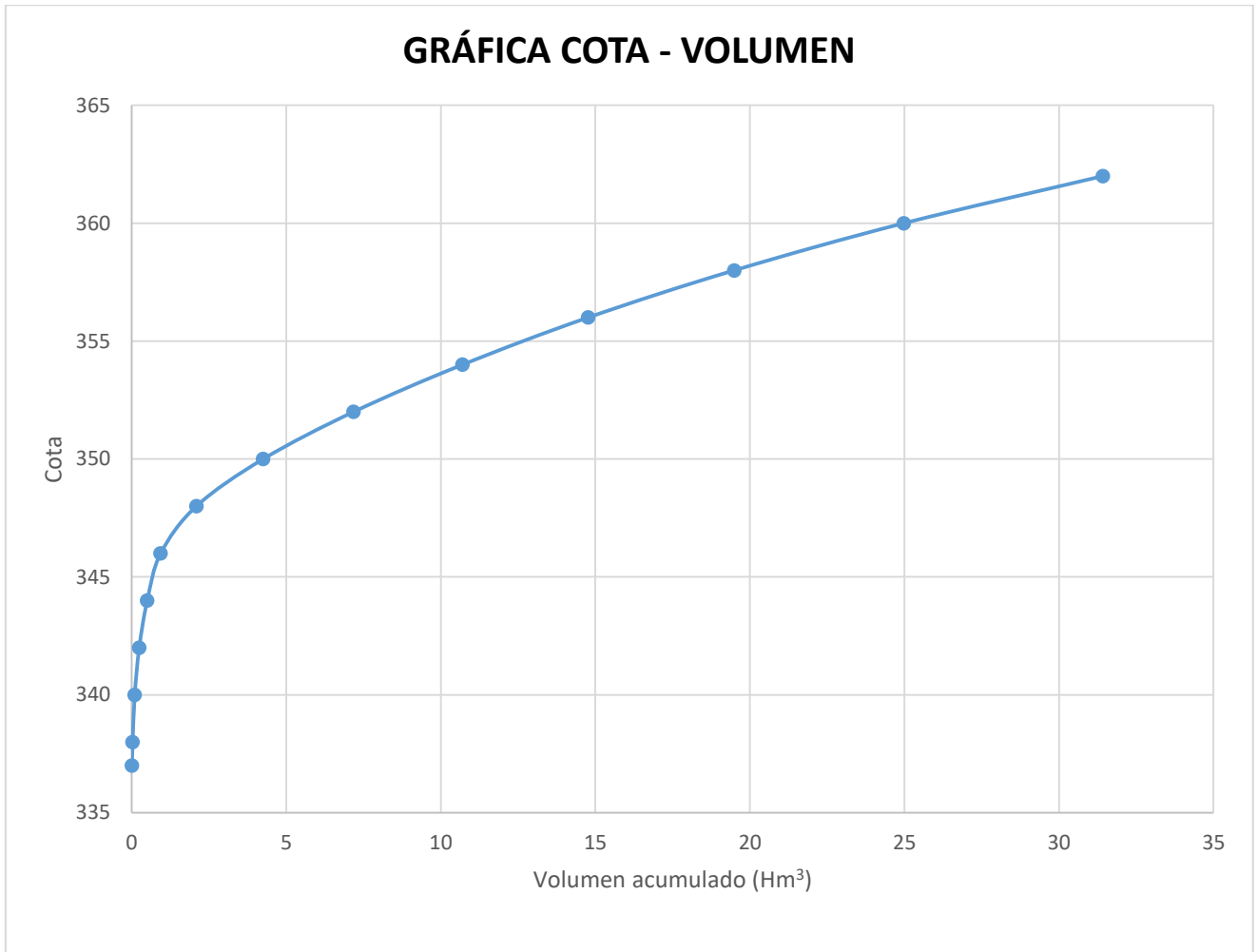


7- Cubicación embalse Guadiloba tras el movimiento de tierra.

COTA	SUPERFICIE (HA)	VOLUMEN PARCIAL (HM ³)	VOLUMEN TOTAL (HM ³)
337	0,272	0,00544	
338	0,4780	0,0075	0,008
340	1,8296	0,0231	0,031
342	4,9398	0,0677	0,098
344	9,6078	0,1455	0,244
346	16,2851	0,2589	0,503
348	27,2258	0,4351	0,938
350	88,3160	1,1554	2,093
352	127,7305	2,1605	4,254
354	164,6879	2,9242	7,178
356	187,6416	3,5233	10,701
358	218,6792	4,0632	14,764
360	254,0898	4,7277	19,492
362	294,8178	5,4891	24,981
364	349,2817		31,422

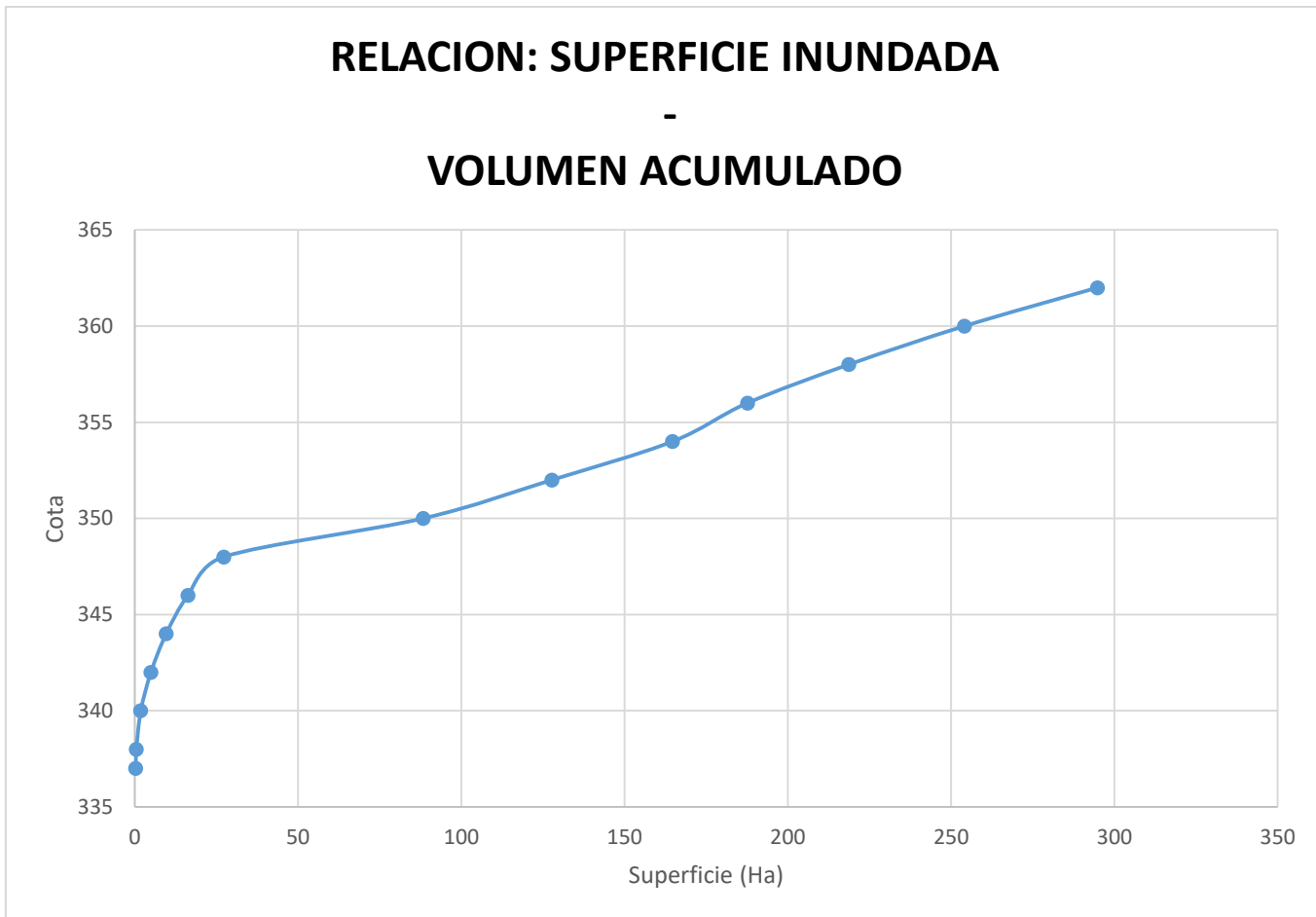
8- Gráfica: Cota – volumen almacenado.

Embalse ampliado.



9- Gráfica: Superficie inundada – Volumen acumulado.

Embalse ampliado.



ANEJO N° 3

GRAFICAS HBV – LIGHT

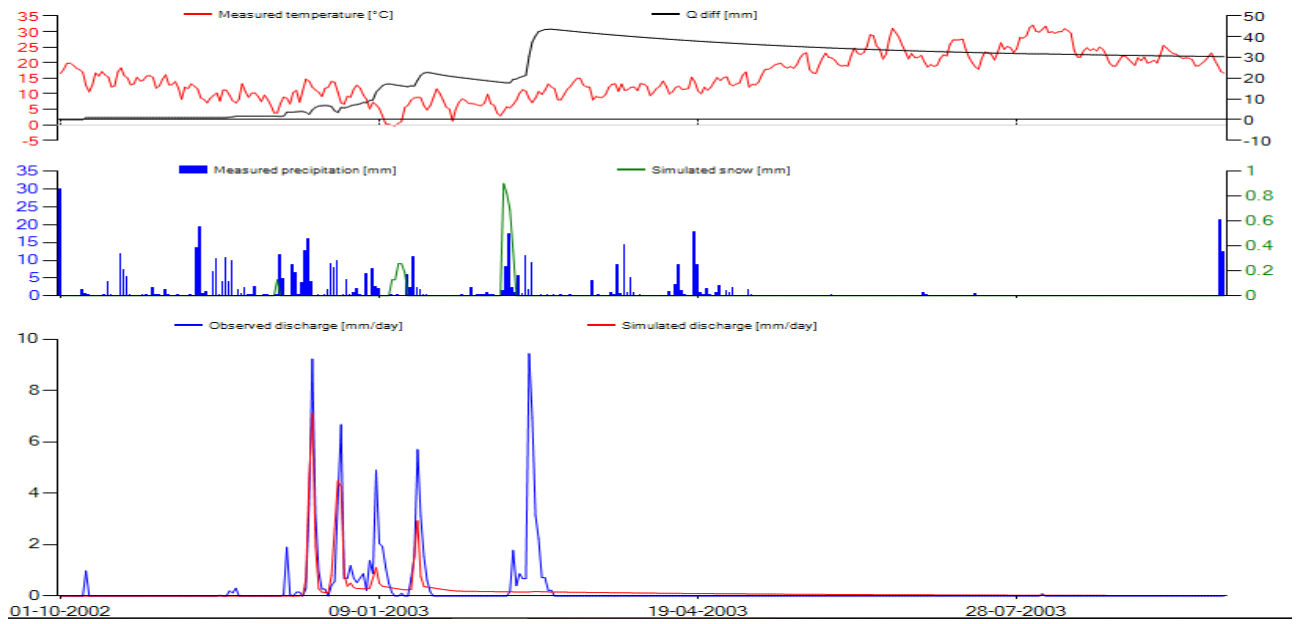
En este anejo se incluyen todas las gráficas obtenidas tras simular con el programa HBV-Light los datos de precipitación, temperatura y evapotranspiración obtenidos de la página web de la AEMET. Se representan los tres tipos de conjuntos de gráficos desde el año 2002 hasta 2015.

PTQ- Temperatura medida, precipitación medida y simulada y caudal observado y simulado

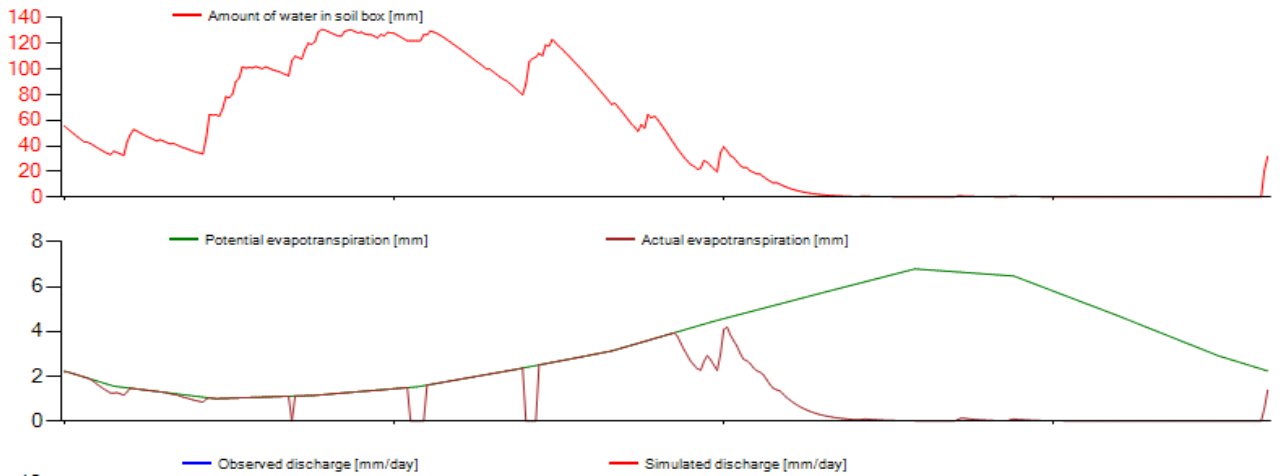
Soil+E+Q- Humedad en el suelo, evapotranspiración medida y evapotranspiración potencial.

GW+Q- Cantidad almacenada de agua en las capas inferiores del subsuelo.

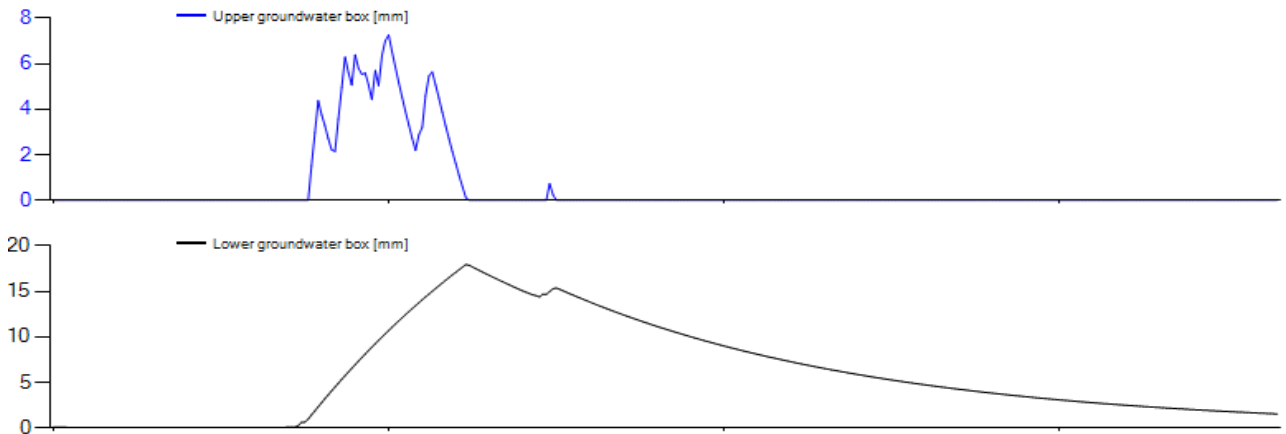
En el formato digital se adjuntan los archivos .txt obtenidos con el programa Aquatool+, que contienen los resultados de las simulaciones utilizados en la memoria del proyecto.



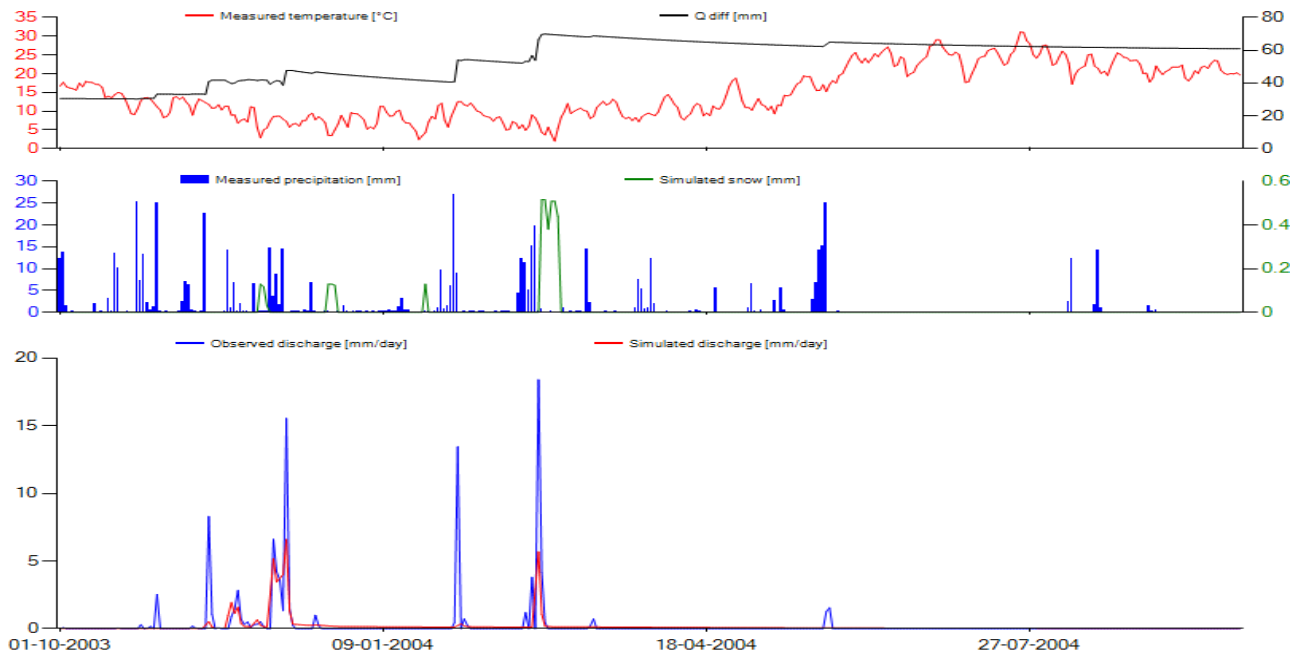
Grafica PTQ AÑO 2002



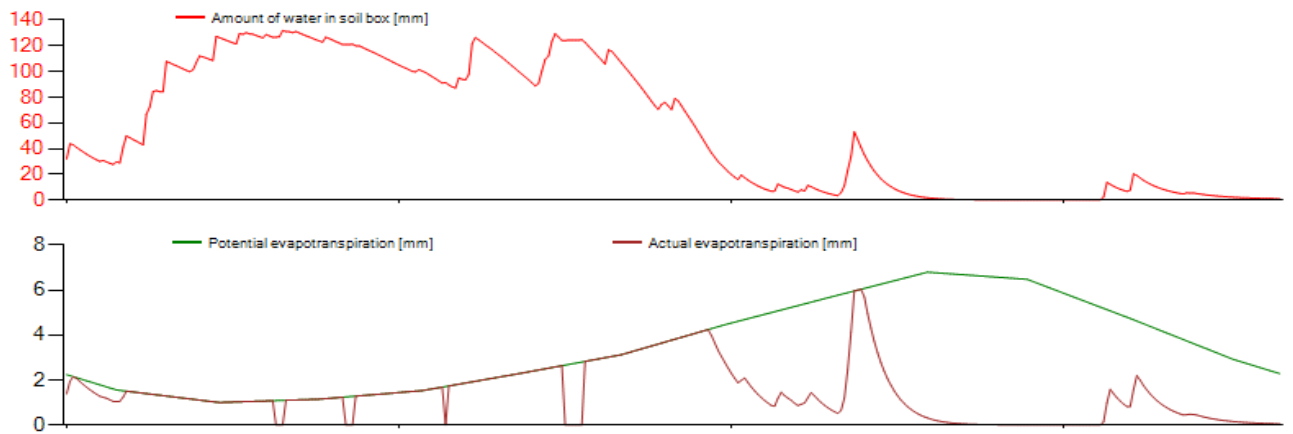
Gráfica Soil+E+Q año 2002



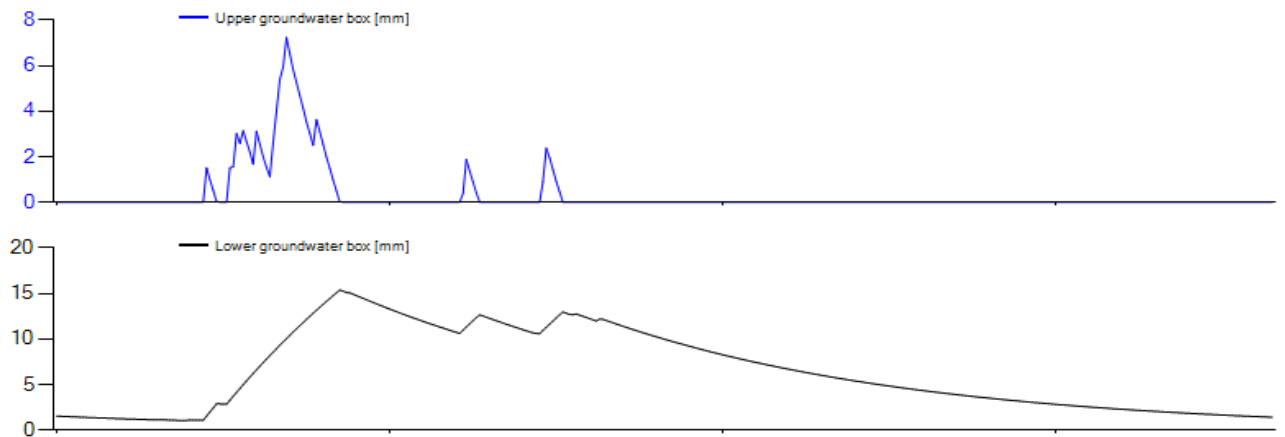
Gráfica GW+Q año 2002



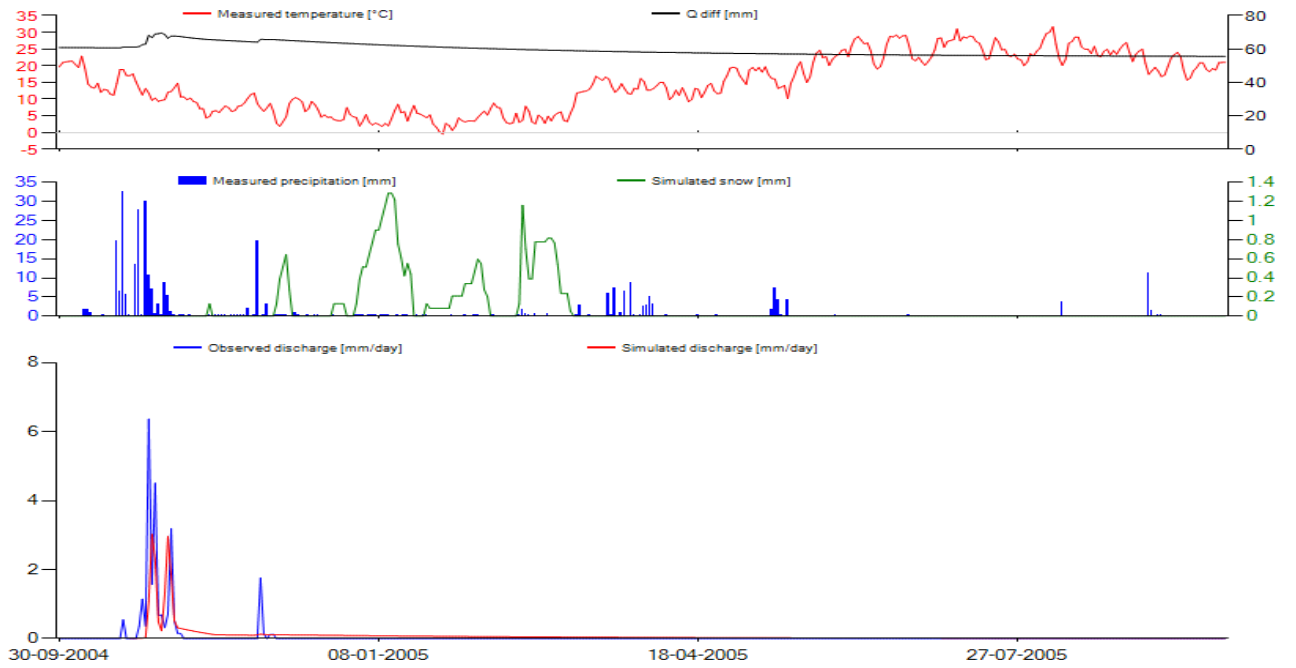
Grafica PTQ AÑO 2003



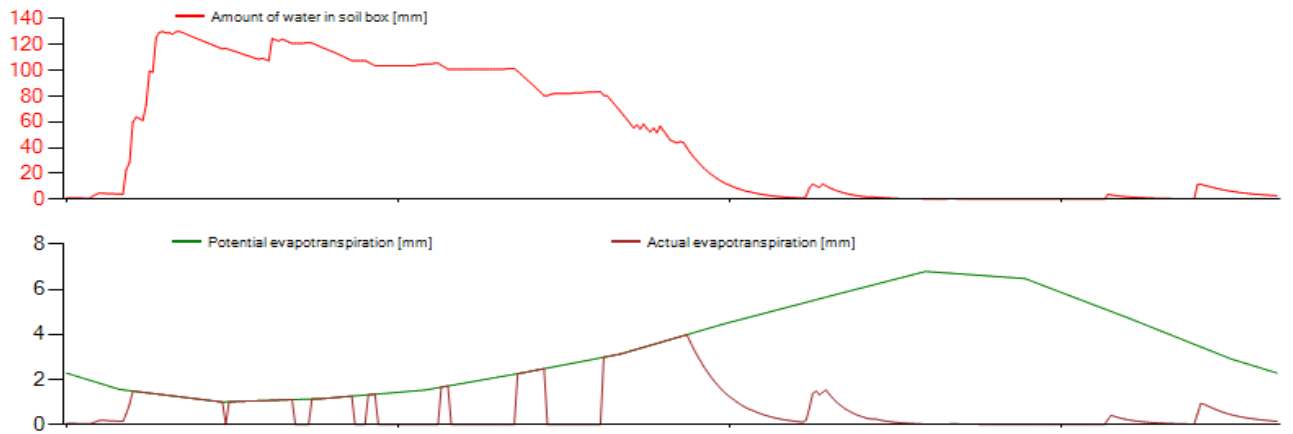
Gráfica Soil+E+Q año 2003



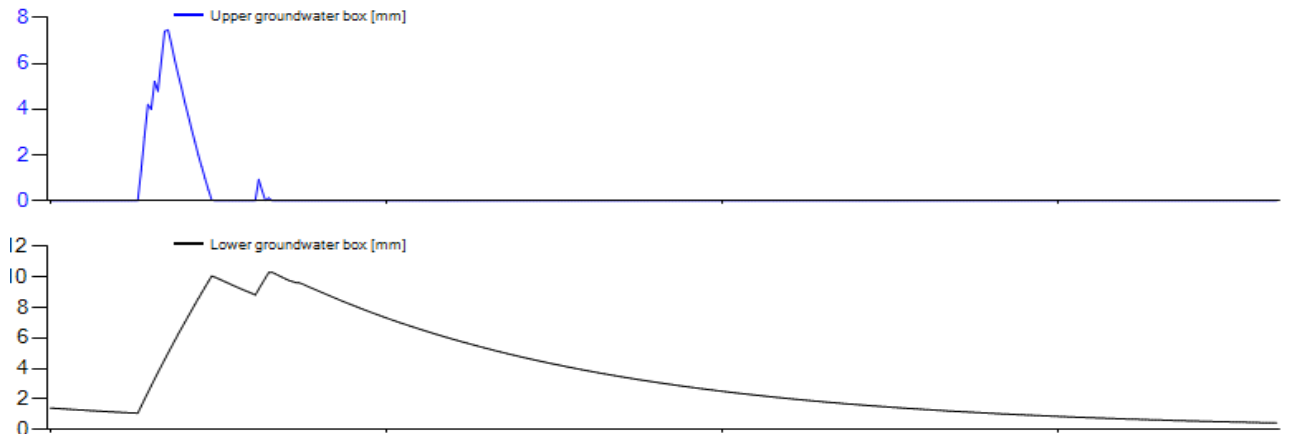
Gráfica GW+Q año 2003



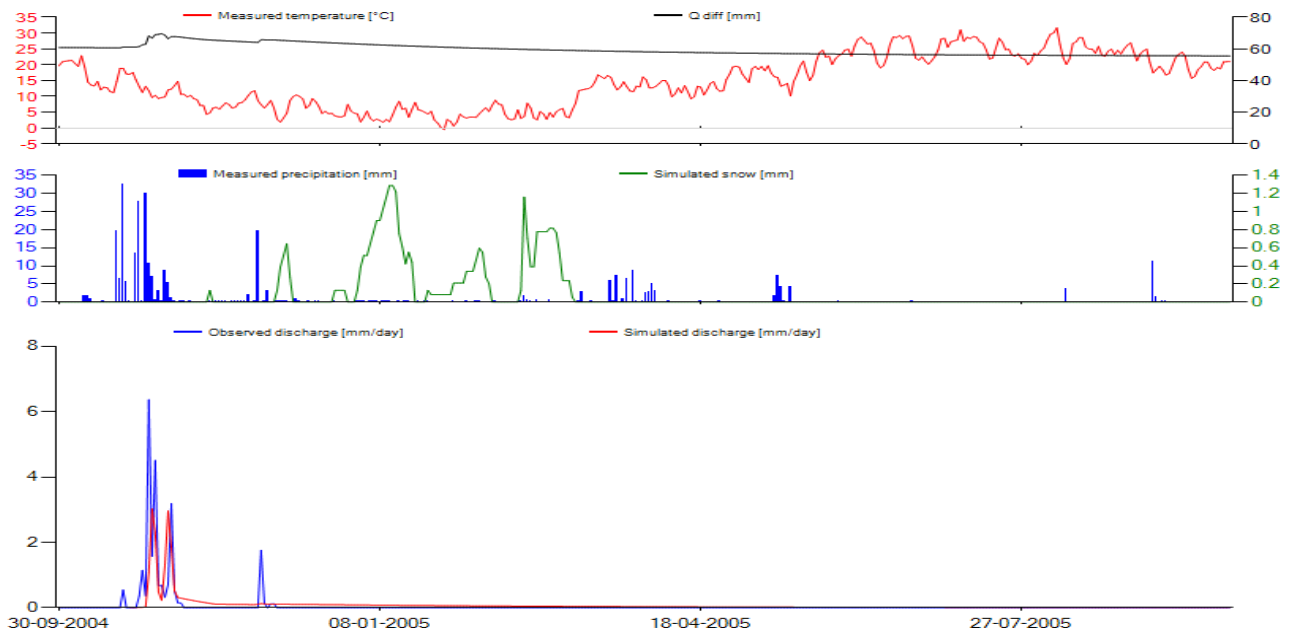
Gráfica PTQ AÑO 2004



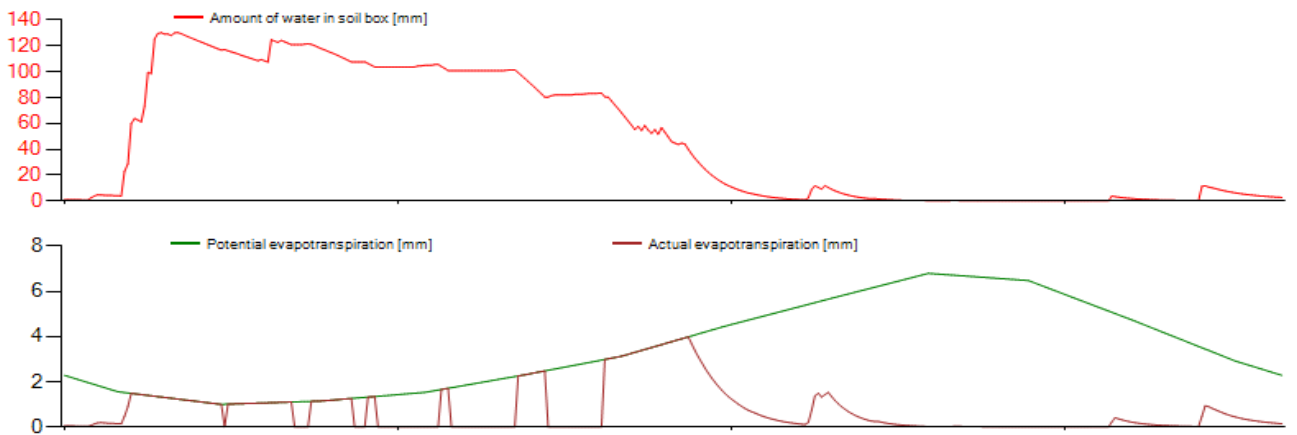
Gráfica Soil+E+Q año 2004



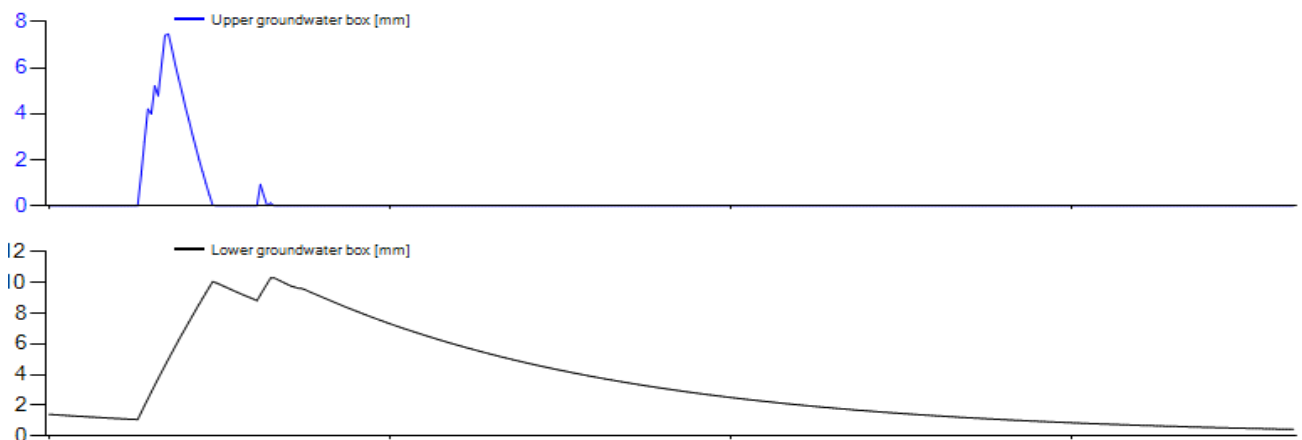
Gráfica GW+Q año 2004



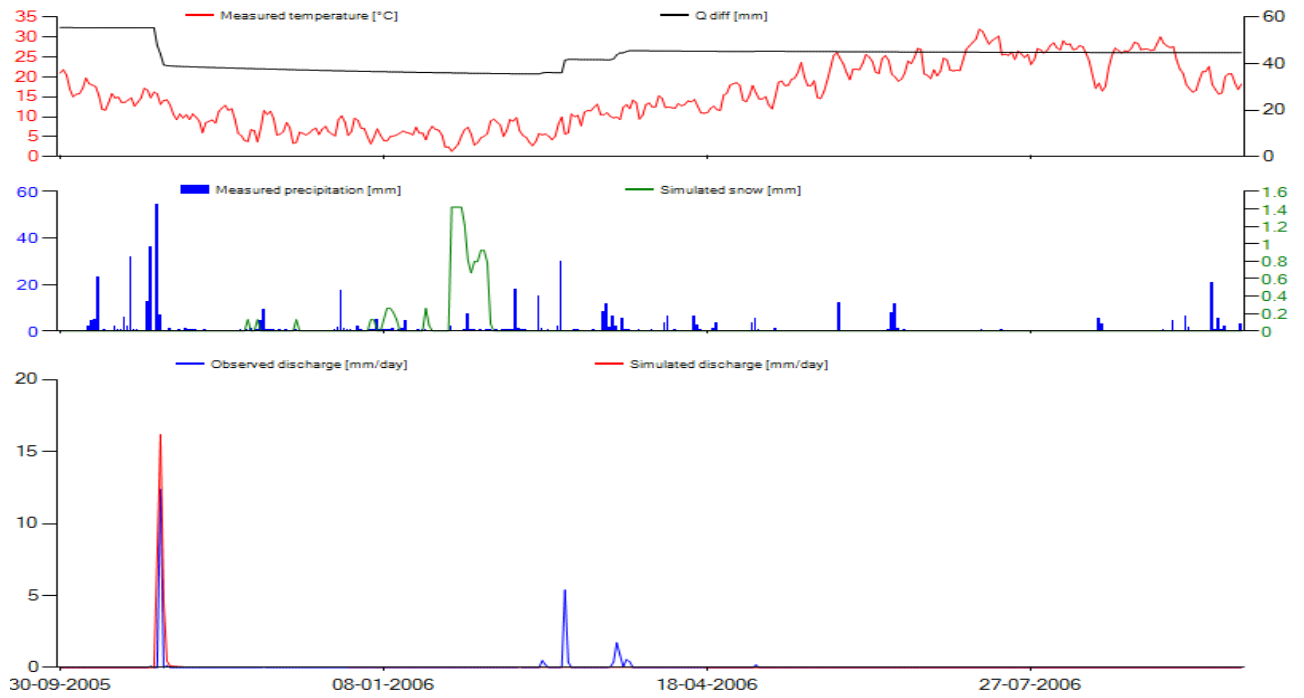
Gráfica PTQ Año 2005



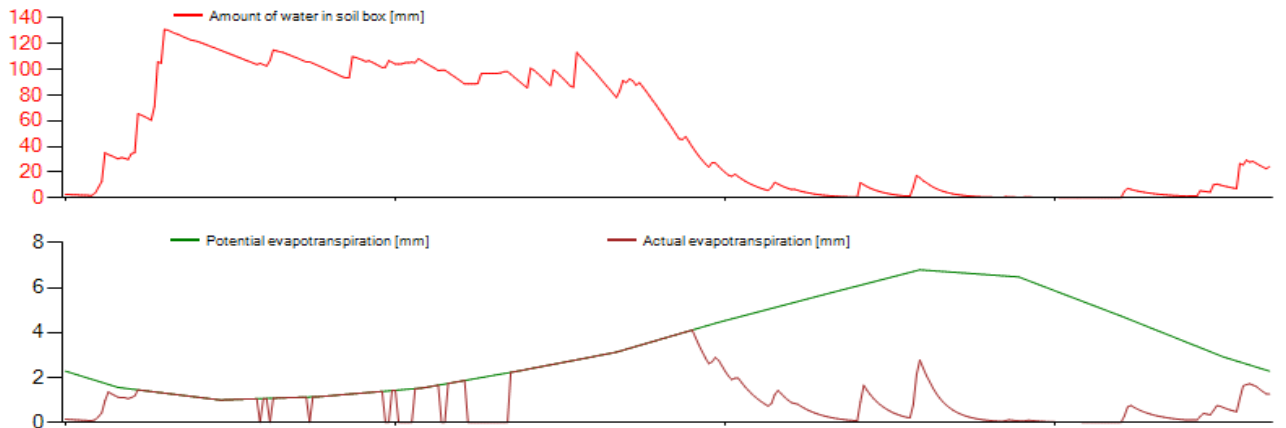
Gráfica Soil+E+Q año 2005



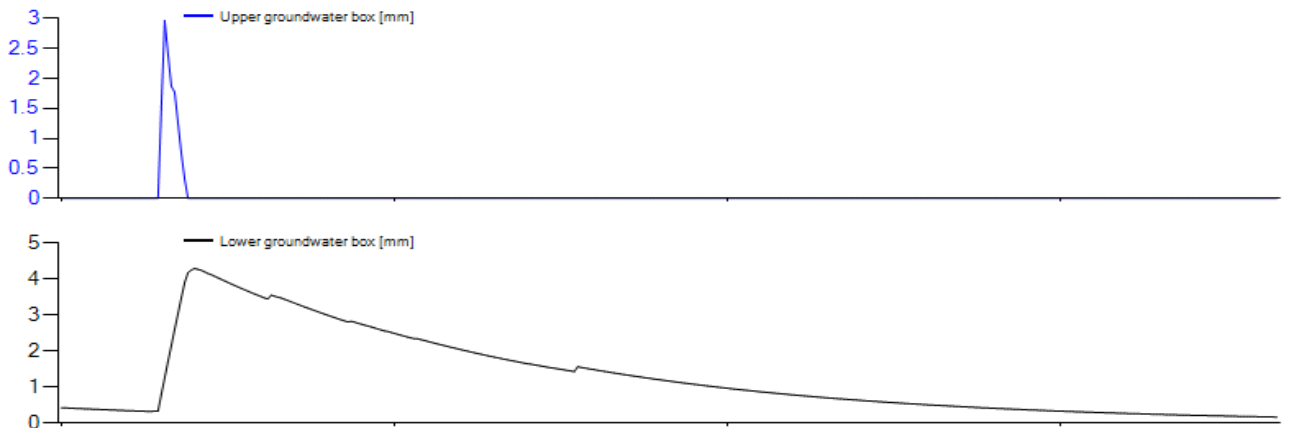
Gráfica GW+Q año 2005



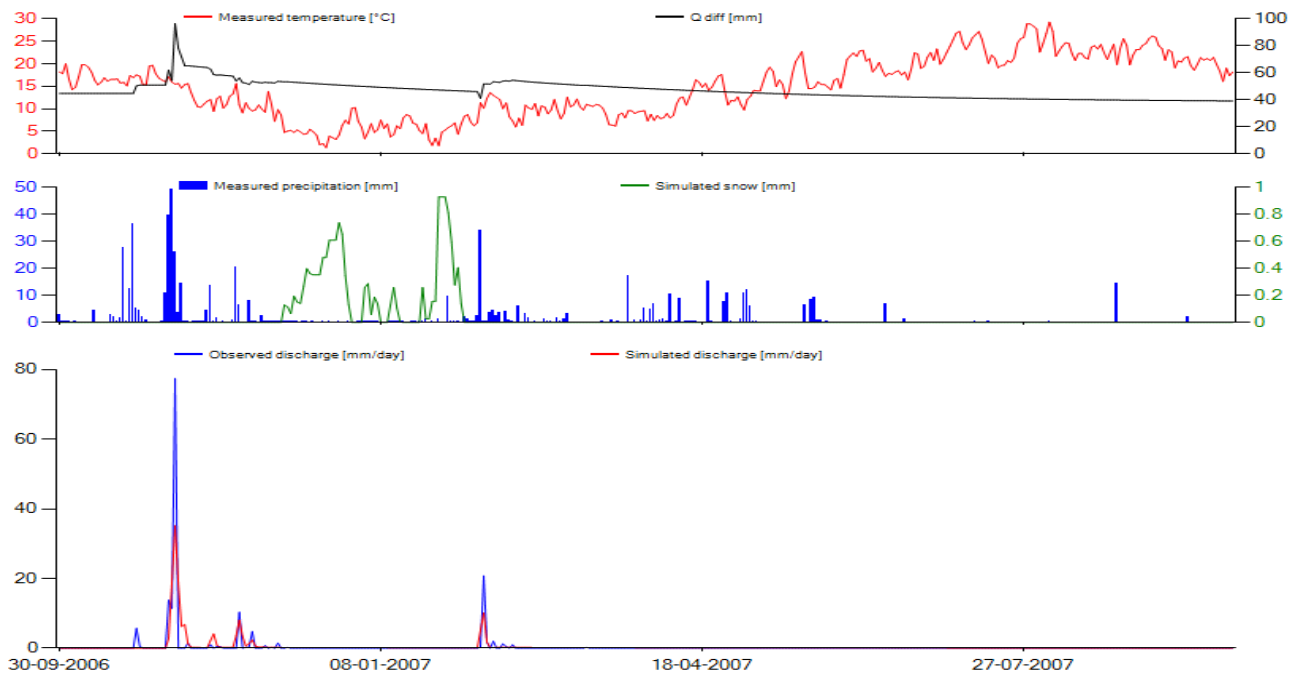
Gráfica PTQ Año 2006



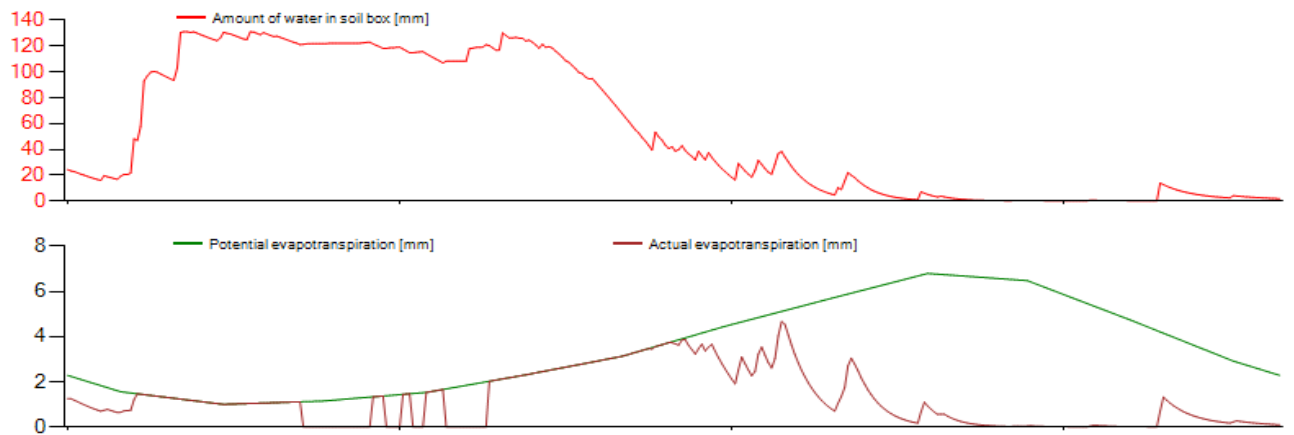
Gráfica Soil+E+Q año 2006



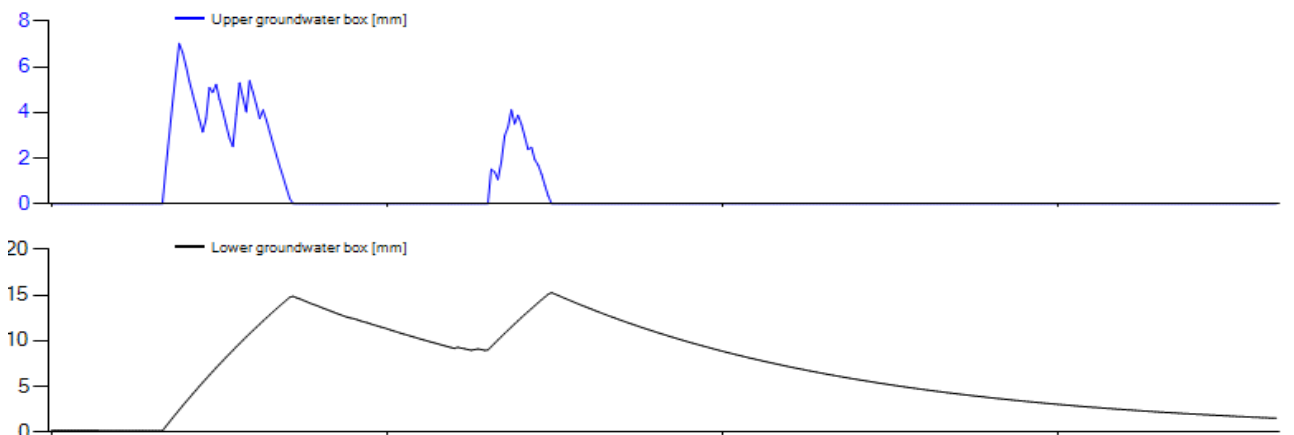
Gráfica GW+Q año 2006



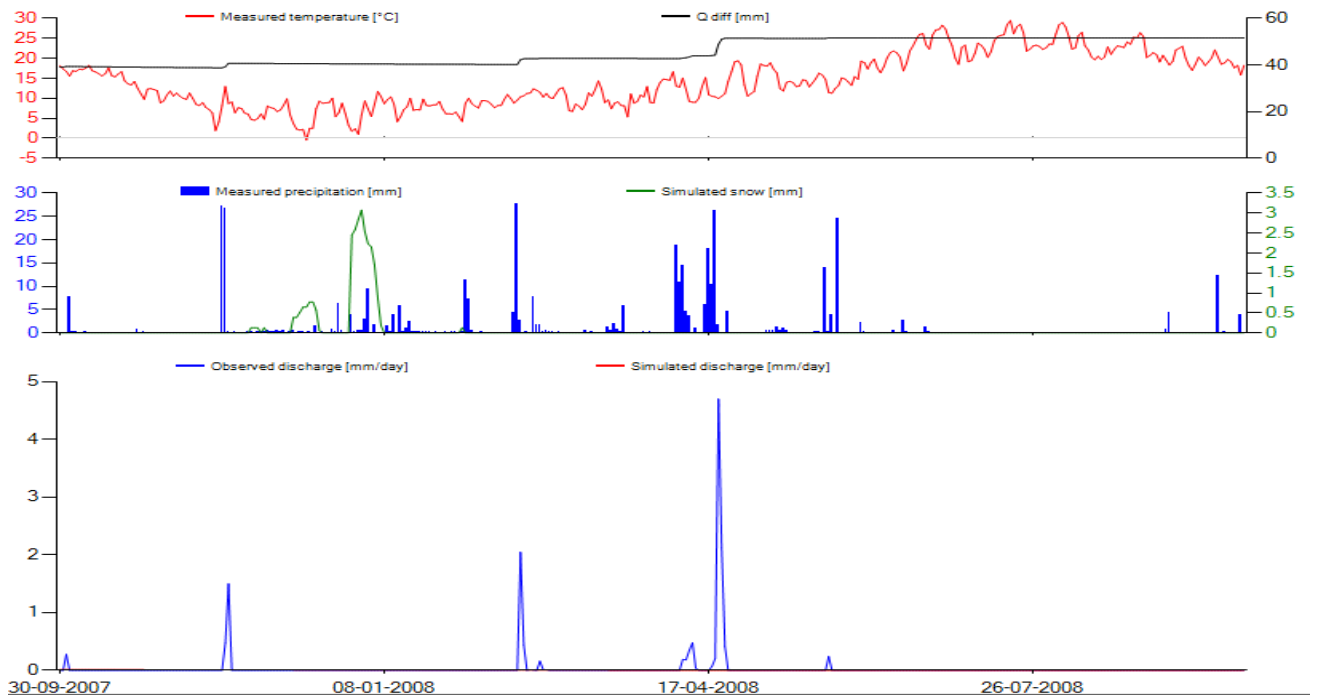
Gráfica PTQ Año 2007



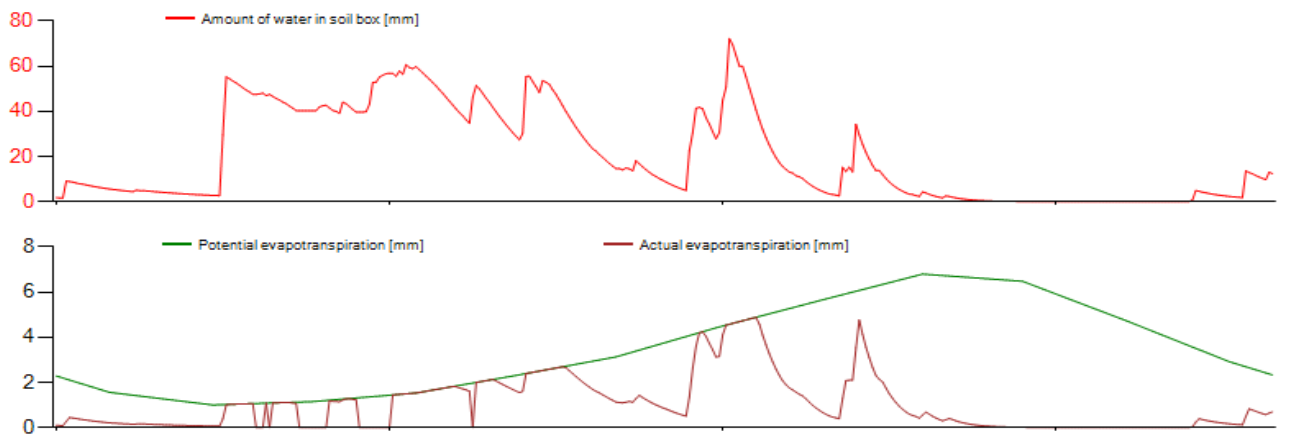
Gráfica Soil+E+Q año 2007



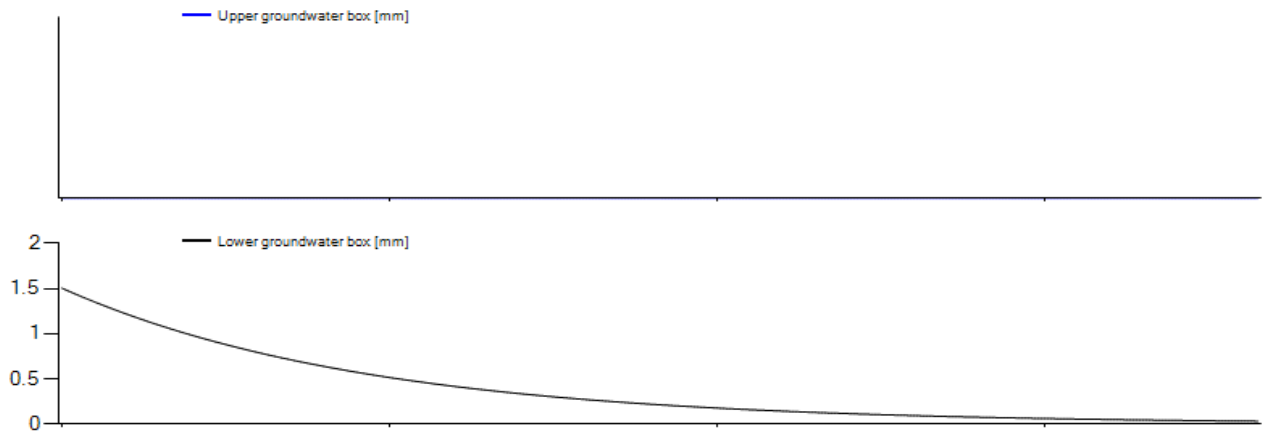
Gráfica GW+Q año 2007



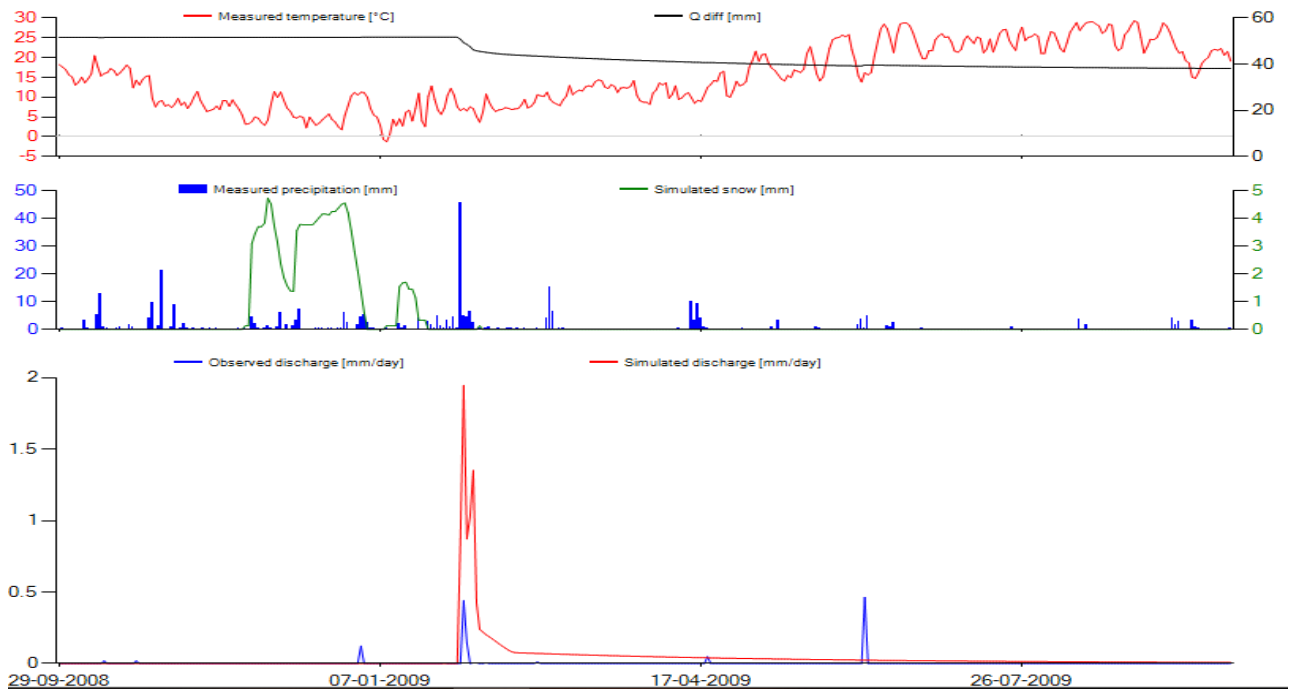
Gráfica PTQ Año 2008



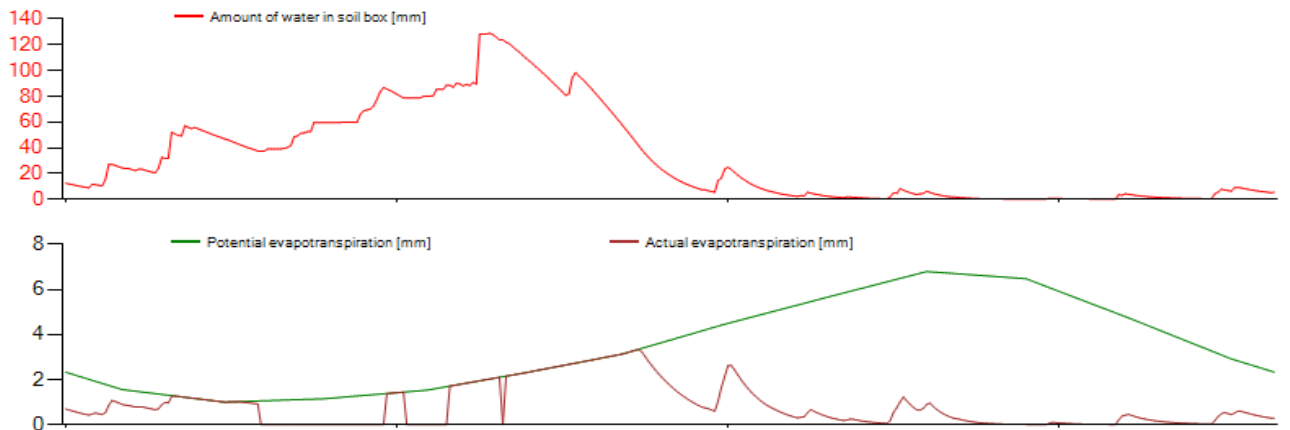
Gráfica Soil+E+Q año 2008



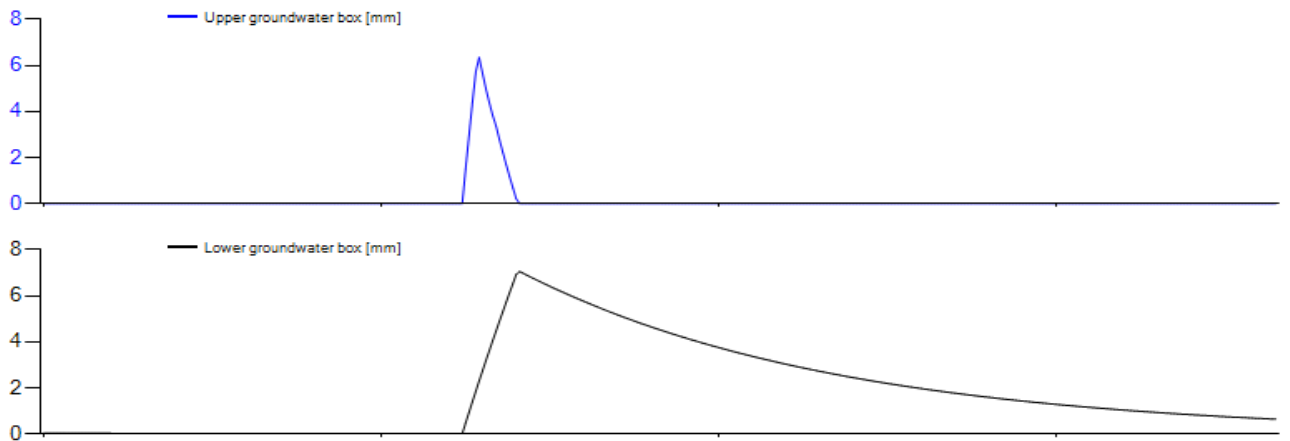
Gráfica GW+Q año 2008



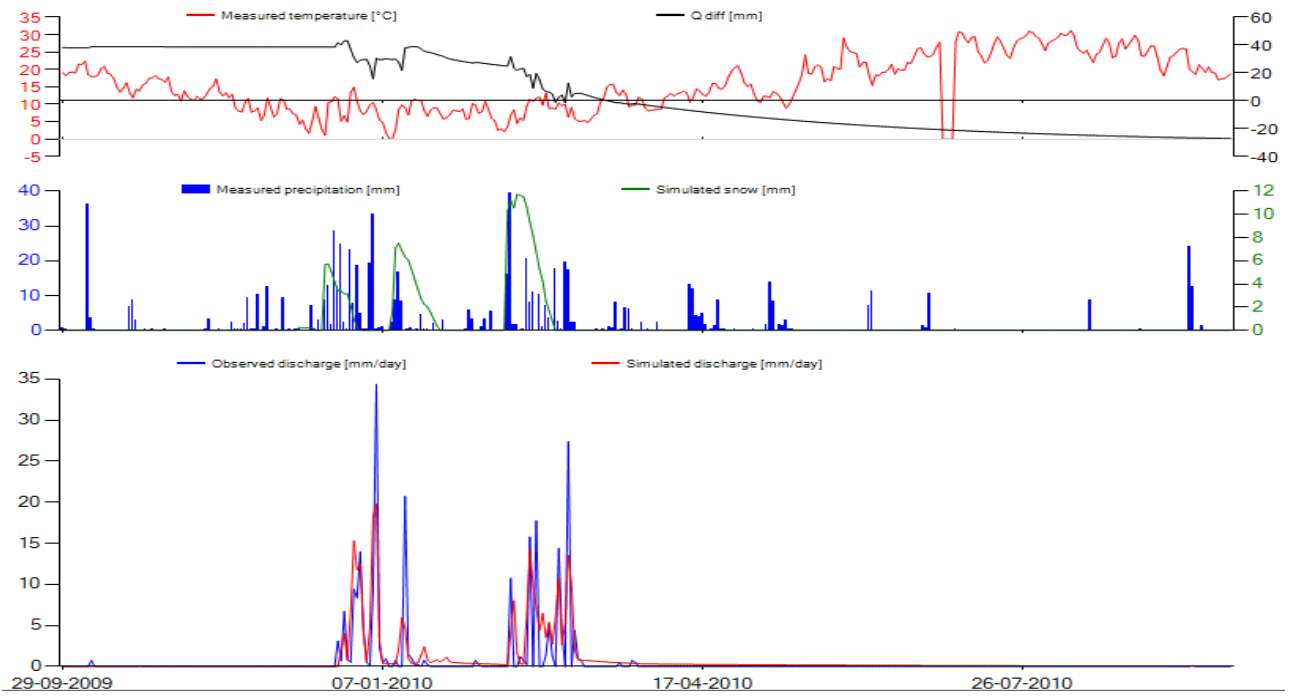
Gráfica PTQ Año 2009



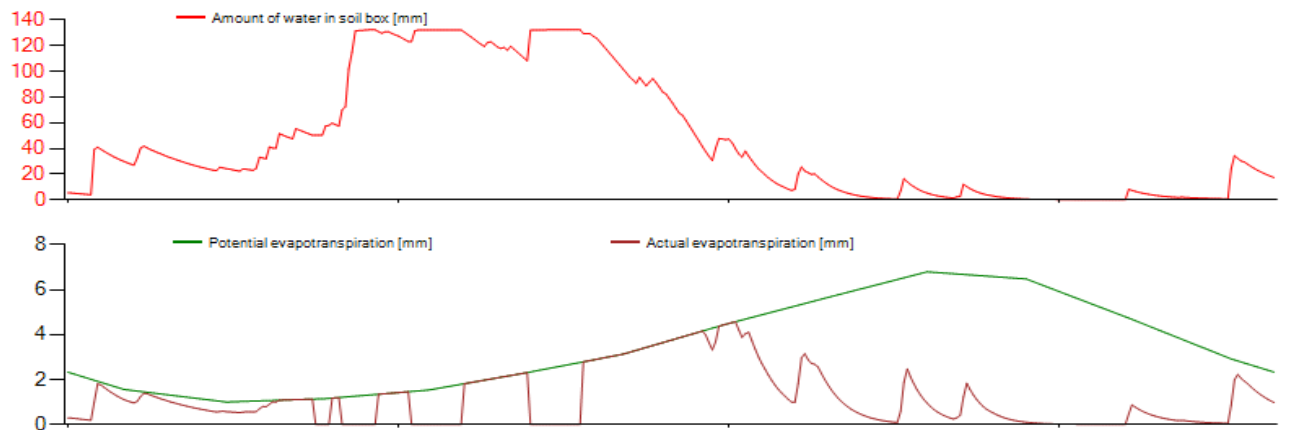
Gráfica Soil+E+Q año 2009



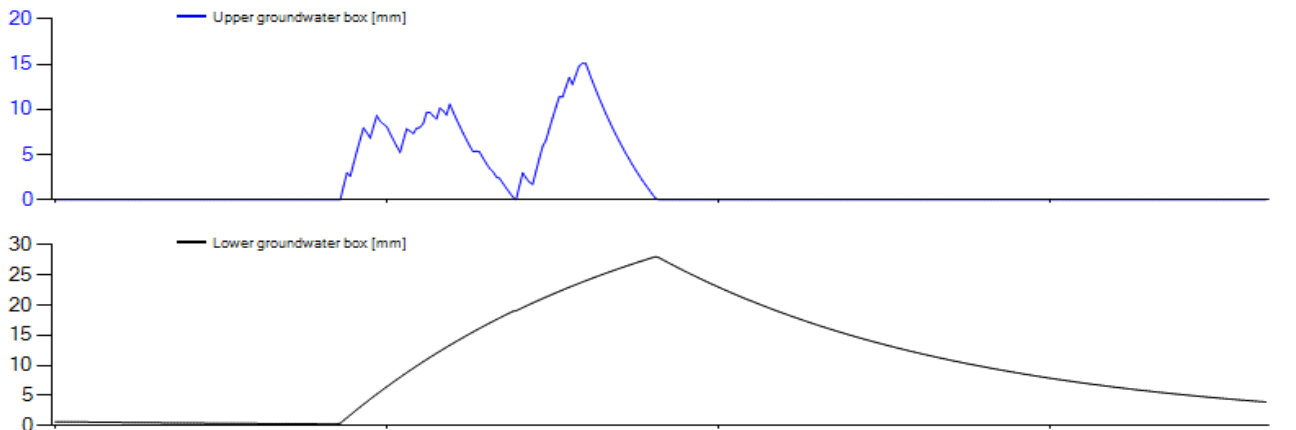
Gráfica GW+Q año 2009



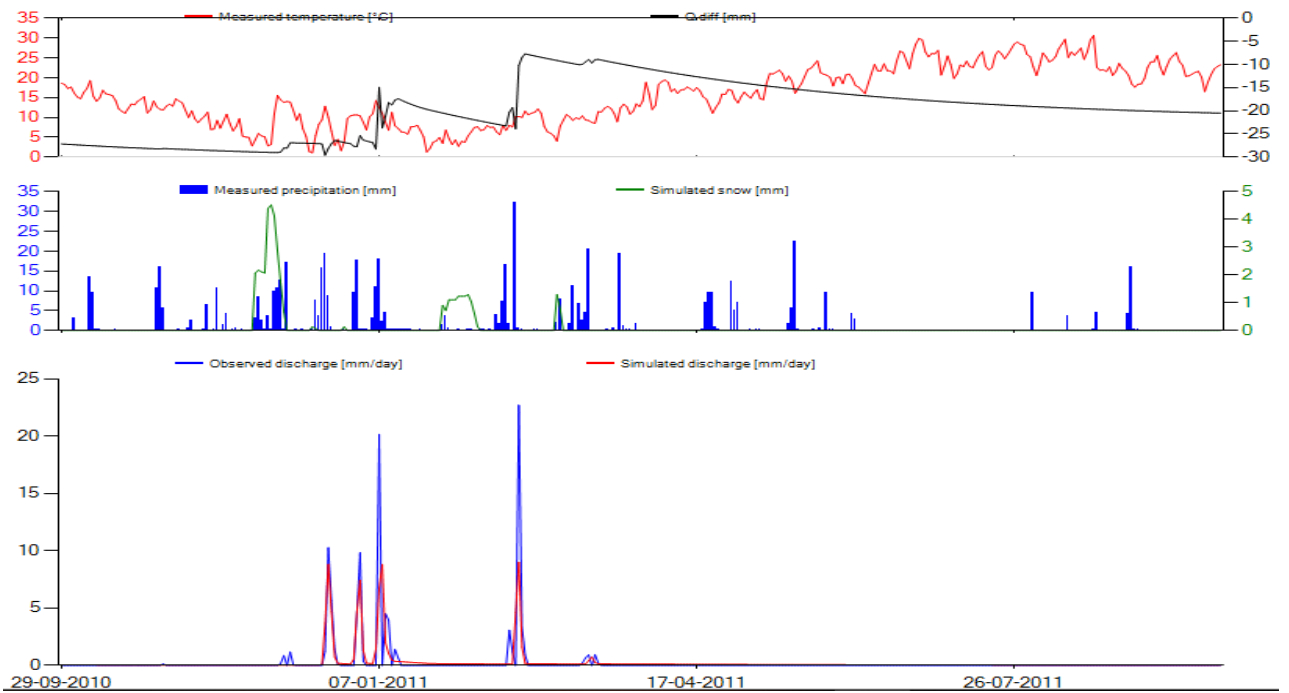
Gráfica PTQ Año 2010



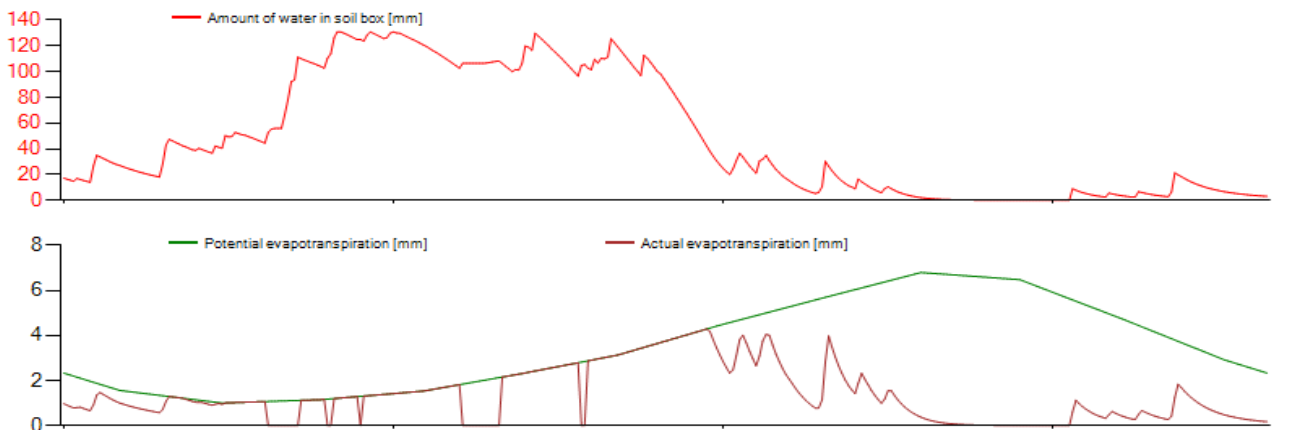
Gráfica Soil+E+Q año 2010



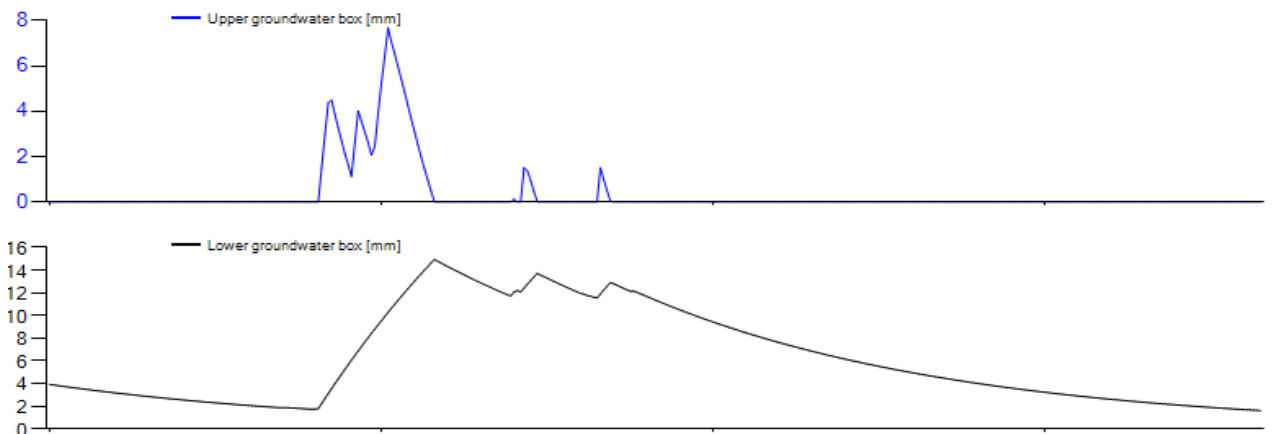
Gráfica GW+Q año 2010



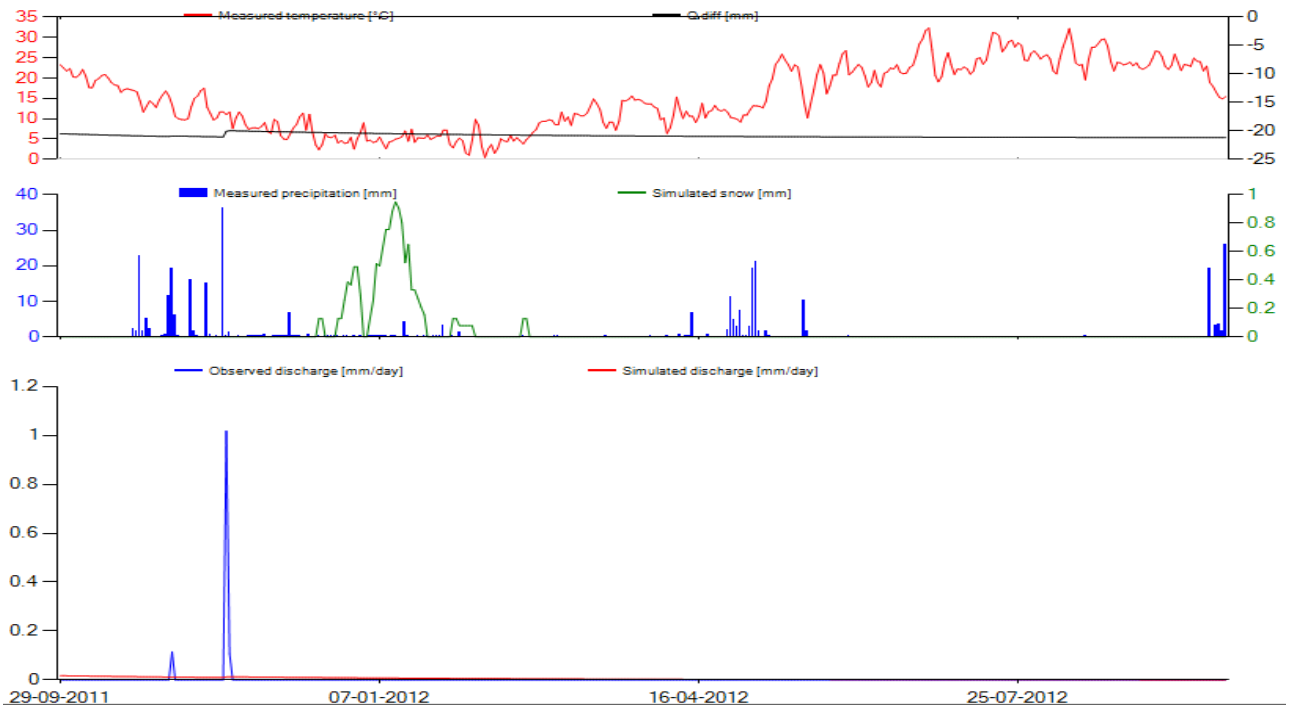
Gráfica PTQ Año 2011



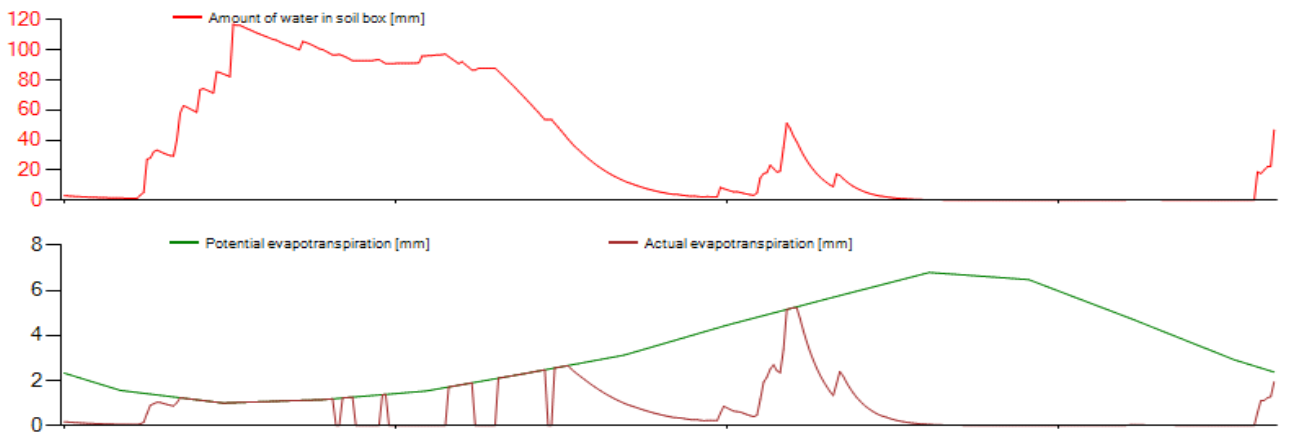
Gráfica Soil+E+Q año 2011



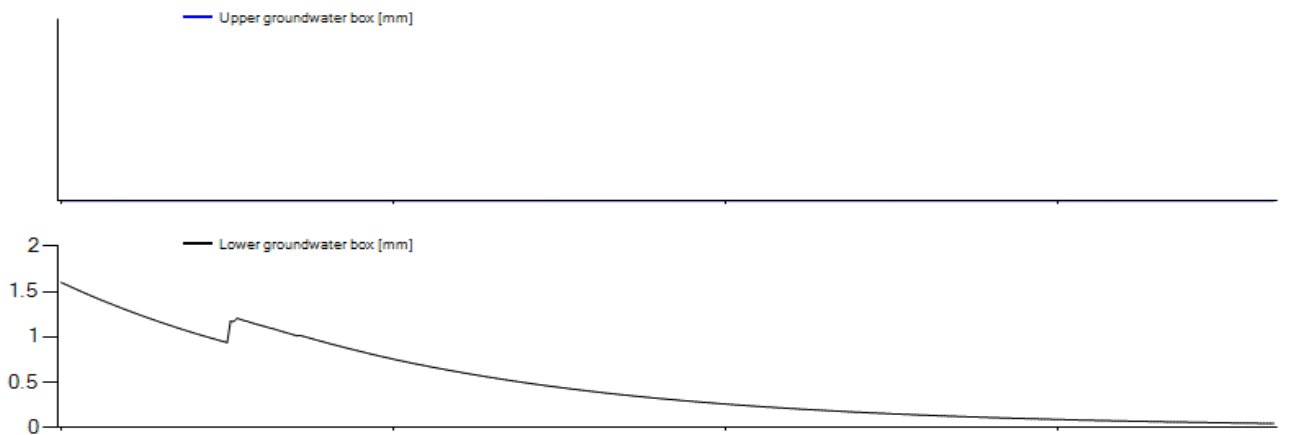
Gráfica GW+Q año 2011



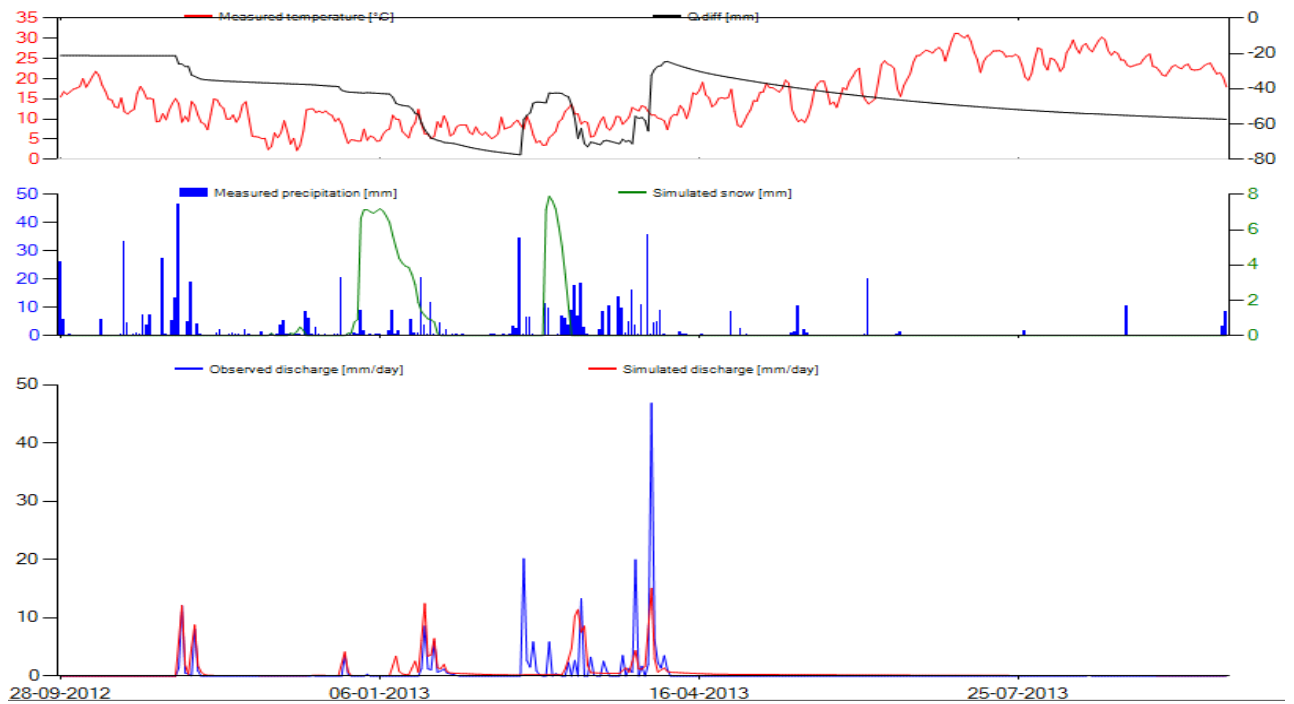
Gráfica PTQ Año 2012



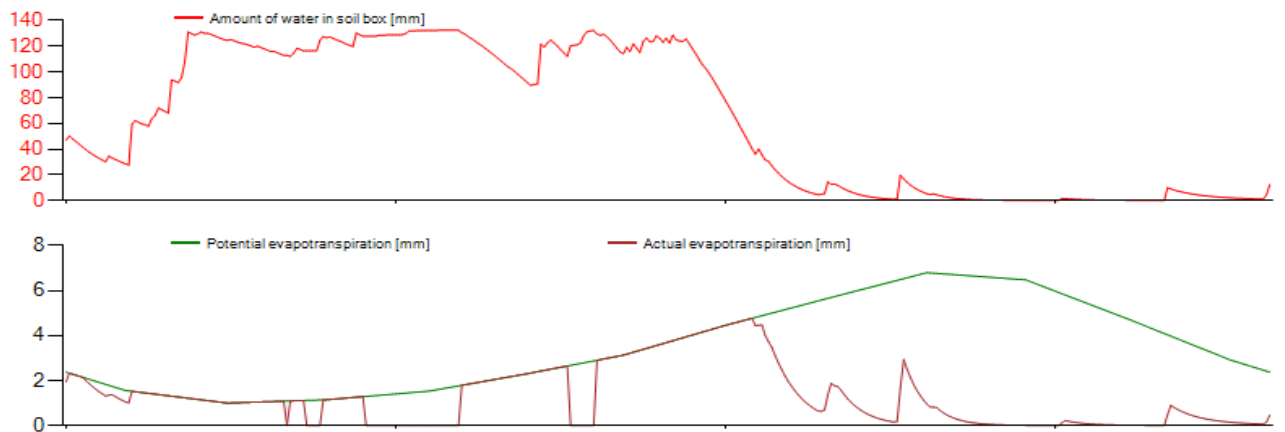
Gráfica Soil+E+Q año 2012



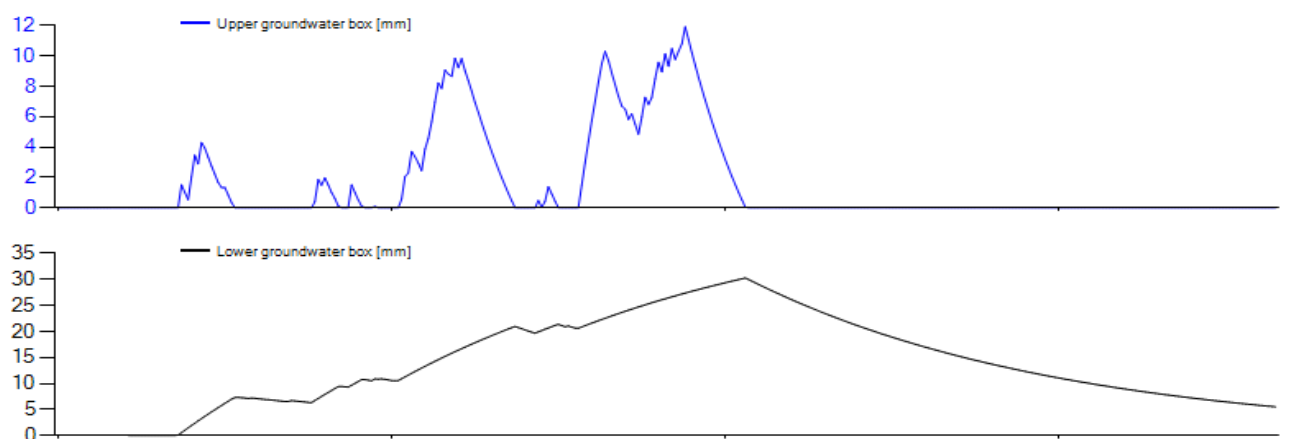
Gráfica GW+Q año 2012



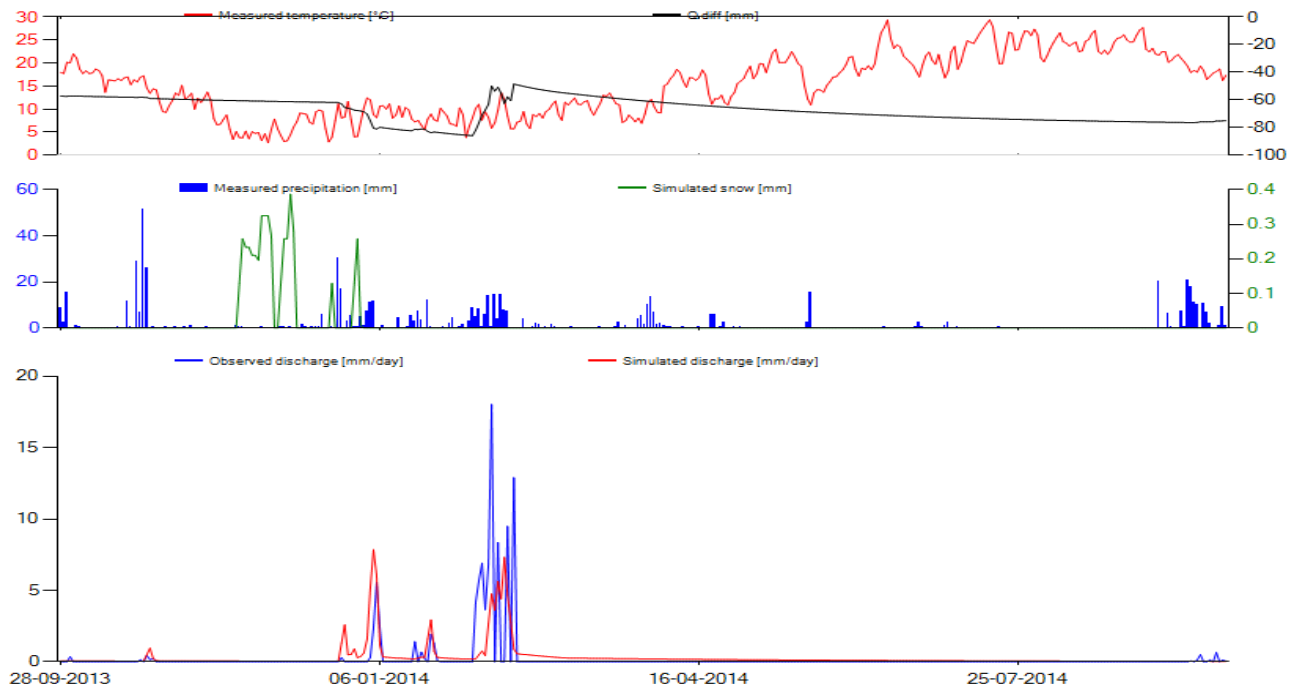
Gráfica PTQ Año 2013



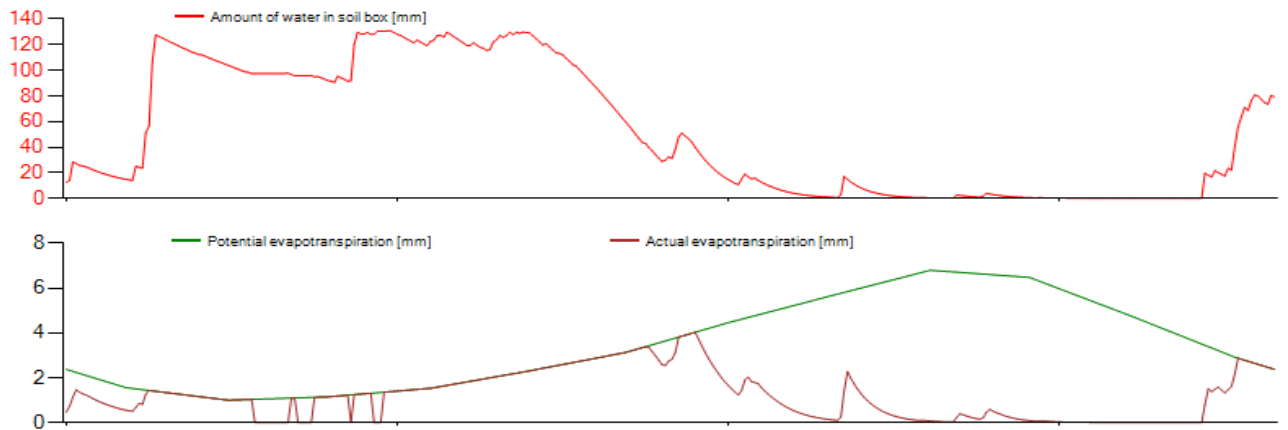
Gráfica Soil+E+Q año 2013



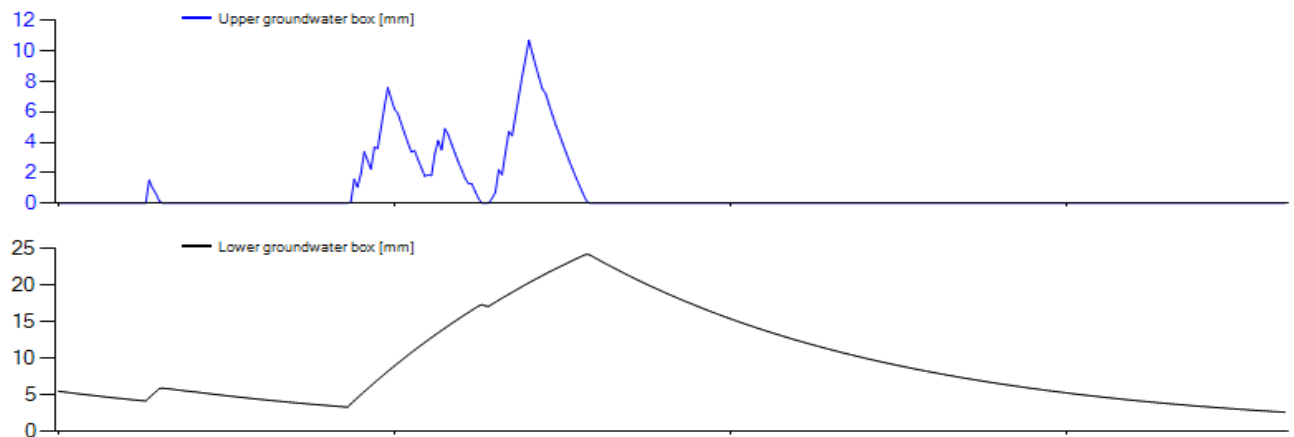
Gráfica GW+Q año 2013



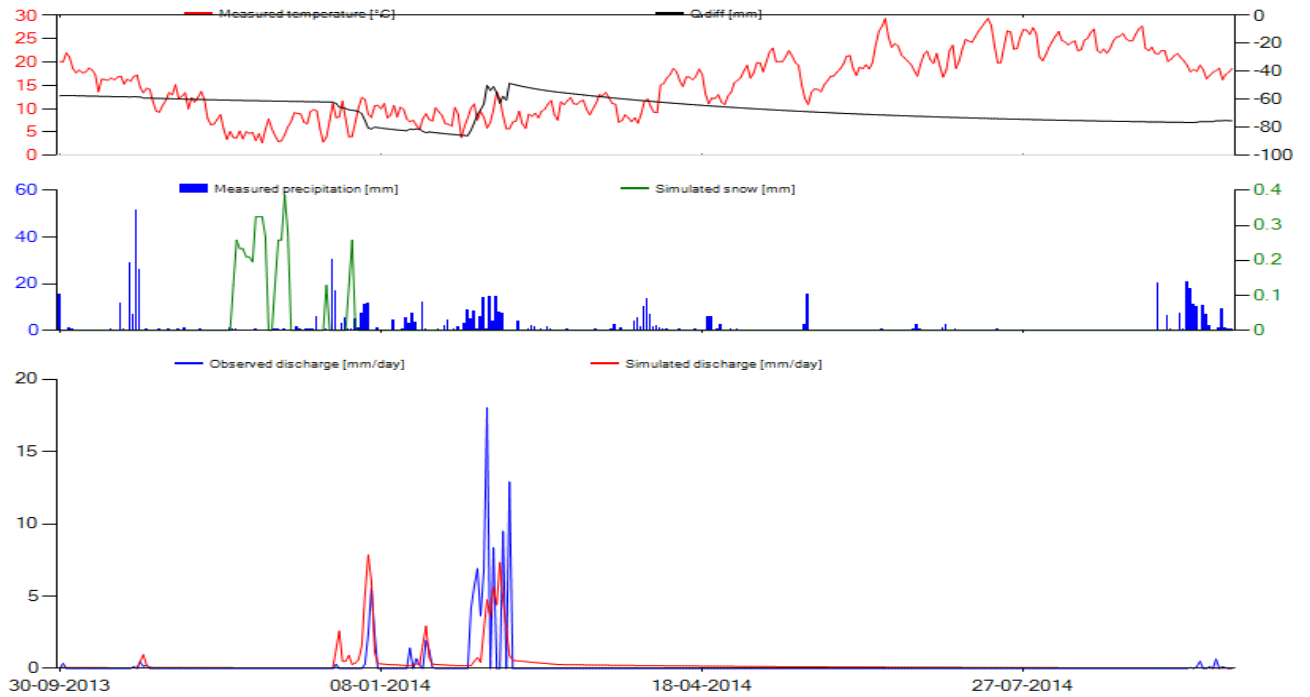
Gráfica PTQ Año 2014



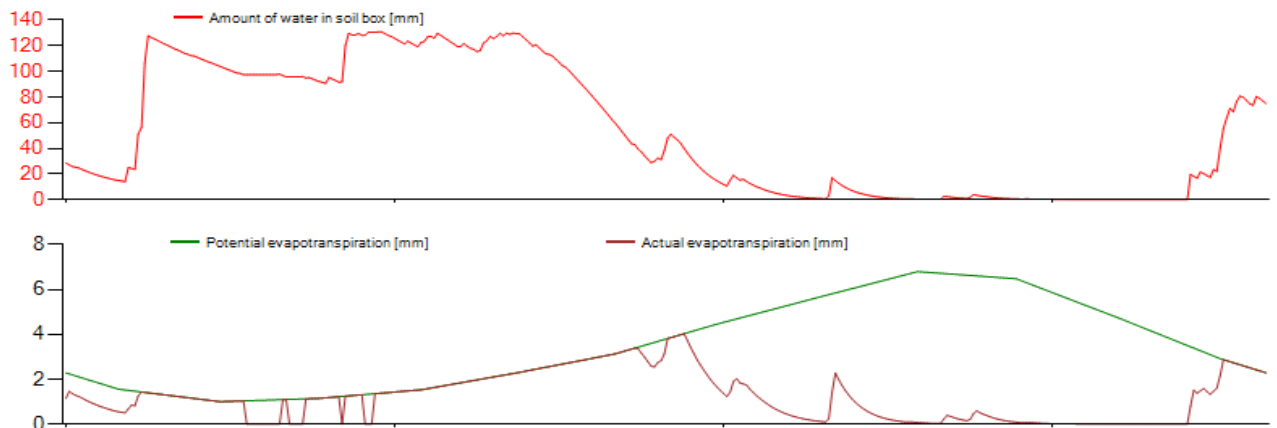
Gráfica Soil+E+Q año 2014



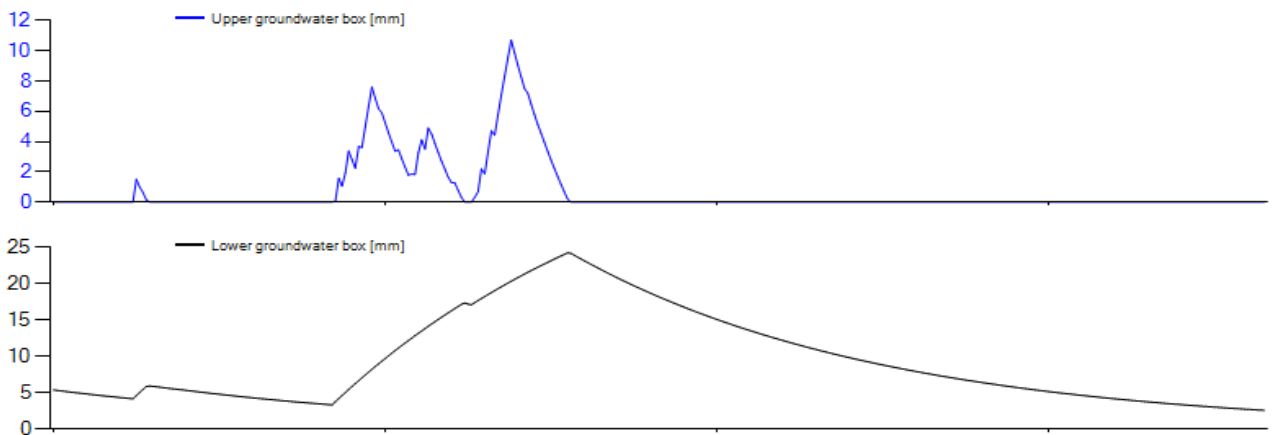
Gráfica GW+Q año 2014



Gráfica PTQ Año 2014



Gráfica Soil+E+Q año 2014



Gráfica GW+Q año 2014

ANEJO N° 4

INSTRUCCIÓN PARA LA ELABORACION Y
TRAMITACION DE LOS INFORMES DE VIABILIDAD
PREVISTOS EN EL ARTÍCULO 46.5 DE LA LEY DE
AGUAS.

**INSTRUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN Y TRAMITACIÓN DE LOS
INFORMES DE VIABILIDAD PREVISTOS EN EL ARTÍCULO 46.5 DE LA
LEY DE AGUAS**

(según lo contemplado en la Ley 11/2005, de 22 de Junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional)

Para desarrollo y cumplimiento de lo dispuesto en el referido artículo 46.5 se seguirán las siguientes Normas

1. El Informe de Viabilidad se elaborará por la Dirección General del Agua, Organismos Autónomos adscritos y Sociedades Estatales de Agua, en su calidad de órgano de contratación, con la metodología, criterios y formatos que se definen en el presente Documento, sin perjuicio de las necesarias adaptaciones derivadas de la funcionalidad o singularidad de la obra.
2. Se analizarán las actuaciones o proyectos en su integridad funcional, con independencia de que se ejecuten por tramos o mediante distintos contratos de obra. En actuaciones que se desarrollen en diversos proyectos, siempre que su presupuesto no supere los 901.518,15 €, respondan a la misma función y con esquema de financiación y uso homogéneos - restauración hidrológico-forestal, por ejemplo- la elaboración de un único Informe para el conjunto de la actuación.
3. Si se prevé la cofinanciación del proyecto por parte de los Usuarios, otras Entidades públicas o privadas, o mediante Fondos procedentes de la Unión Europea, deberá acreditarse documentalmente el compromiso de financiación, la decisión de ayuda o la presentación de solicitud.
4. El Informe deberá estar redactado y remitido a la Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad en los siguientes plazos:

- a) Para obras adjudicadas y pendientes de iniciar a la fecha de recepción de esta Orden Comunicada, antes del comienzo de las obras.
- b) En obras con contrato de ejecución licitado, antes de la formulación de la propuesta de adjudicación.
- c) Para contratos de obra que por su cuantía requieran para su celebración autorización previa del Ministerio o de Consejo de Ministros, antes de la solicitud de dicha autorización.
- d) En el resto de contratos, antes de la publicación del anuncio de licitación.
- e) En el caso de proyectos licitados en la modalidad de concurso de proyecto y obra, que no requieran autorización previa de contratación, antes de la adjudicación de las obras.

5. Recibido dicho Informe, en el plazo máximo de quince (15) días, el Secretario General para el Territorio y la Biodiversidad podrá formular observaciones al mismo e incluso señalar condiciones para la ejecución del proyecto sobre cualquiera de las materias analizadas, (requisitos técnicos, medidas de carácter ambiental, compromisos y garantías de los usuarios, etc.)

6. No podrán abordarse nuevas fases o tramitaciones del expediente si el Informe no ha resultado favorable y, siendo favorable, no se hayan subsanado las observaciones formuladas.

7. El Informe de viabilidad no exime al órgano de contratación de realizar cuantos procedimientos y trámites sean legalmente exigibles para la garantía ambiental y aprobación del proyecto, contratación y ejecución de las obras.

8. El Informe favorable sobre la viabilidad del proyecto no supone prioridad de ejecución o compromiso presupuestario alguno. La ejecución de la obra se supeditará a la programación y presupuestario aprobada para el correspondiente organismo.

9. Una vez que el Informe sea definitivo, sea cual fuere su carácter, se hará público en la Web del Ministerio de Medio Ambiente.

El Informe concluirá con un pronunciamiento expreso sobre la viabilidad del proyecto y podrá determinar las condiciones necesarias para que sea efectiva, en las fases de proyecto o de ejecución.

DATOS BASICOS

Título de la actuación:

AUMENTO DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO PARA LA MEJORA DE ABASTECIMIENTO A LA CIUDAD DE CÁCERES. CÁCERES.

1- OBJETIVOS DE LA ACTUACION

1 Problemas existentes.

El embalse del Guadiloba con una capacidad de 20 Hm³ abastece a una población de 101.178 habitantes, actualmente la garantía consuntiva es del 65.4%, lejos del 90% necesario para poblaciones de más de 100.000 habitantes. Esto implica que se utilice el bombeo del Almonte diseñado para situaciones de emergencia, se utilice de forma continuada, incrementando así las facturas tanto del agua debido al tratamiento de estas aguas como de la luz debido al alto consumo eléctrico de las bombas utilizadas.

Otro problema importante es la degradación del fondo del embalse del Guadiloba disminuyendo por tanto la capacidad de retención en el vaso receptor.

2 Objetivos perseguidos

- a- El objetivo principal es aumentar la capacidad del embalse y mejorar de esta forma la garantía consuntiva para evitar en la medida de lo posible usar la impulsión del río Almonte a no ser que se esté en una situación de prealerta.
- b- El segundo objetivo es aumentar el volumen disponible de agua con la consiguiente mejora de los ecosistemas presentes en el embalse.
- c- En el tercer y último objetivo se pretende restituir medioambientalmente el terreno afectado mediante la siembra de vegetación autóctona.

2- ADECUACION DE LOS OBJETIVOS DE LA ACTUACION A LO ESTABLECIDO POR LA LEGISLACION Y LOS PLANES Y PROGRAMAS VIGENTES

Se realizará a continuación un análisis de la coherencia de los objetivos concretos con los que establece la planificación hidrológica vigente.

- 1- ¿La actuación contribuye a la mejora del estado ecológico de las masas de agua superficial, subterránea, de transición o costeras?
- a) Mucho
 - b) Algo
 - c) Poco
 - d) Nada
 - e) Lo empeora algo
 - f) Lo empeora mucho

Justificación de respuesta:

El actual embalse está cerca de quedarse obsoleto si las predicciones comprobadas en las simulaciones se llegan a cumplir. Con el aumento de capacidad se podrá paliar los

efectos del aumento de población y por tanto de demanda aportando agua de calidad a la población y usarse la impulsión del Almonte en caso de situación de prealerta.

2- ¿La actuación contribuye a la mejora del estado de la flora, fauna, hábitats y ecosistemas acuáticos, terrestres, humedales o marinos?

- a) Mucho
- b) Algo
- c) Poco
- d) Nada
- e) Lo empeora algo
- f) Lo empeora mucho

Justificación de respuesta:

Al aumentar la capacidad del vaso receptor, se creará más espacio subacuático para la proliferación de especies autóctonas, aunque durante el tiempo que duren las obras esta habitabilidad se vea afectadas por la maquinaria.

3- ¿La actuación contribuye a la utilización más eficiente (reducción de los m³ de agua consumida por persona y día o de los m³ de agua consumida por euro producido de agua?

- a) Mucho
- b) Algo
- c) Poco
- d) Nada
- e) Lo empeora algo
- f) Lo empeora mucho

Justificación de respuesta:

No se prevé la reducción del consumo de agua, pero si del consumo energético necesario para su elevación al contar con mayor volumen de almacenamiento y en el caso que se necesite bombear, se hará en horas valle y llano.

4- ¿La actuación contribuye a promover una mejora de la disponibilidad de agua a largo plazo y de la sostenibilidad de su uso?

- a) Mucho
- b) Algo
- c) Poco
- d) Nada
- e) Lo empeora algo
- f) Lo empeora mucho

Justificación la respuesta:

Si, ya que se dejará de utilizar la cola del embalse José María de Oriol en el rio Almonte como abastecimiento.

5- ¿La actuación reduce las afecciones negativas a la calidad de las aguas por reducción de vertidos o deterioro de la calidad del agua?

- a) Mucho
- b) Algo
- c) Poco
- d) Nada
- e) Lo empeora algo
- f) Lo empeora mucho

Justificación de respuesta:

La actuación no afecta en nada a los posibles vertidos existentes.

¿La actuación contribuye a la reducción de la explotación no sostenible de aguas subterráneas?

6- ¿La actuación contribuye a la reducción de la explotación no sostenible de aguas subterráneas?

- a) Mucho

- b) Algo
- c) Poco
- d) Nada
- e) Lo empeora algo
- f) Lo empeora bastante

Justificación de respuesta:

El aumento de agua disponible para el consumo humano o en explotaciones ganaderas, puede favorecer la desaparición de pozos ilegales que hacen mella en las aguas subterráneas disminuyendo así la sobreexplotación.

7- La actuación contribuye a la mejora de la calidad de las aguas subterráneas?

- a) Mucho
- b) Algo
- c) Poco
- d) Nada
- e) Lo empeora algo
- f) Lo empeora mucho

Justificación de respuesta:

La calidad de las aguas puede mejorar ya que al aumentar su volumen, la concentración de sales y elementos disueltos se reducirá aumentando su calidad.

8- ¿La actuación contribuye a la mejora de la claridad de las aguas costeras y al equilibrio de las costas

- a) Mucho
- b) Algo

- c) Poco
- d) Nada
- e) Lo empeora algo
- f) Lo empeora mucho

Justificación de respuesta:

Se desarrolla en el interior, no afectando en ningún caso a aguas costeras.

9- ¿La actuación disminuye los efectos asociados a las inundaciones?

- a) Mucho
- b) Algo
- c) Poco
- d) Nada
- e) Lo empeora algo
- f) Lo empeora mucho

Justificación de respuesta:

El volumen de embalse ganado, permitiría en caso de avenida laminar de forma moderada los caudales de entrada.

10- ¿La actuación colabora a la recuperación integral de los costes del servicio (costes de inversión, explotación, ambientales y externos)?

- a) Mucho
- b) Algo
- c) Poco
- d) Nada
- e) Lo empeora algo
- f) Lo empeora mucho

Justificación de respuesta:

La actuación permite reducir sustancialmente el coste energético de la elevación del agua desde el río Almonte.

11- ¿La actuación contribuye a incrementar la disponibilidad y regulación de recursos hídricos en la cuenca?

- a) Mucho
- b) Algo
- c) Poco
- d) Nada
- e) Lo empeora algo
- f) Lo empeora mucho

Justificación de respuesta

La actuación satisface los objetivos planteados en este proyecto, ya que aumenta la disponibilidad de agua potable en las poblaciones que beben del embalse.

12- ¿La actuación contribuye a la conservación y gestión sostenible de los dominios públicos terrestres hidráulicos y de los marítimo-terrestres?

- a) Mucho
- b) Algo
- c) Poco
- d) Nada
- e) Lo empeora algo
- f) Lo empeora mucho

Justificación de respuesta:

Dentro de la actuación se proyecta la creación y restauración de hábitats para especies terrestres y acuáticas.

13- ¿La actuación colabora en la asignación de las aguas de mejor calidad al abastecimiento de población?

- a) Mucho
- b) Algo
- c) Poco
- d) Nada
- e) Lo empeora algo
- f) Lo empeora mucho

Justificación de respuesta:

Al dejar de usar el agua del rio Almonte, la calidad aumentará, ya que esta agua está en la cola del embalse José María Oriol, donde las calidades disminuyen bastante debido a la eutrofización y a la baja profundidad que hay en la zona.

14- ¿La actuación contribuye a la mejora de la seguridad en el sistema (seguridad en presas, reducción de daños por catástrofe, etc)?

- a) Mucho
- b) Algo
- c) Poco
- d) Nada

- e) Lo empeora algo
- f) Lo empeora mucho

Justificación de respuesta:

El mayor volumen de embalse disponible mejora la laminación en caso de avenidas.

15- ¿La actuación contribuye al mantenimiento del caudal ecológico?

- a) Mucho
- b) Algo
- c) Poco

- d) Nada
- e) Lo empeora algo
- f) Lo empeora mucho

Justificación de respuesta:

Al disponer de mayor capacidad de regulación se pueden adaptar los volúmenes derivados tanto a la demanda como al caudal ecológico exigido por el río. En la situación actual el agua derivada se sustrae prácticamente del caudal de entrada al embalse, por lo que puede llegar a reducir considerablemente el caudal circulante aguas abajo.

16- ¿Con cuál o cuáles de las siguientes normas o programas la actuación es coherente?

- a) Texto Refundido de la Ley de Aguas
- b) Ley 11/2005 por la que se modifica la Ley 10/2001 del Plan Hidrológico Nacional
X
- c) Programa AGUA
- d) Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE)

Justificar la respuesta:

La actuación “Aumento de capacidad para el abastecimiento a la ciudad de Cáceres” se recoge en el Anexo II: Listado de Inversiones de la Ley 10/2001 del Plan Hidrológico Nacional.

3- DESCRIPCION DE LA ACTUACION

Se sintetizará a continuación la información más relevante de forma clara y concisa. Incluirá, en todo caso, la localización de la actuación, un cuadro resumen de sus características más importantes y un esquema de su funcionalidad.

1- La actuación se emplazará en el término municipal de Cáceres, región de Extremadura, dicha actuación consiste en la excavación de 7.168.464 m³ de material subacuático y 4.225.408 m³ de material en superficie. La extracción se realizará mediante una draga de succión la cual dispone de un cabezal cortador que permite desestructurar los sedimentos y concentrarlos hasta el tubo de aspiración situado en el centro del cabezal. La mezcla dragada se conducirá por tubería hasta unas parcelas situadas a unos 1,5 Km del embalse donde se secarán para luego transportarse en camiones góndola hasta las plantas de procesamiento de materiales de la zona. El material extraído de la superficie será amontonado en los alrededores de la zona de obra y se cargarán en camiones de transporte hasta las centrales de procesamiento de materiales. La decantación se realizará inicialmente en tres balsas de hormigón armado de 50 x 38 m de dimensiones interiores en planta y 4,00 m de profundidad, en las cuales se depositarán la mayor parte de los sedimentos. Uno de sus lados se dispone formando rampa con pendiente 5 H / 1 V, de forma que se facilite la entrada y salida de la maquinaria y se agilice el proceso de vaciado una vez se hayan colmatado, lo que se prevé con una frecuencia diaria. El agua tratada se recirculará al río a través de una conducción de polietileno de alta densidad PE 100, de 630 mm de diámetro interior y de longitud igual a la distancia que separe a la balsa del embalse.

2- Actuaciones de adecuación ambiental

- Revegetación de la ribera del embalse y restauración ambiental del entorno más degradado.
- Construcción de un observatorio de aves en la parte sureste del embalse. La estructura estará formada por paneles de madera de 0,3 m de ancho, atornillados entre sí. La cimentación será por medio de pilotes a base de rollizos de madera colocados con hormigón de limpieza. Se colocarán formando un rectángulo de 3 x 2,5 m de distancia entre ejes y se hincarán hasta una profundidad de 2 m.
- 2 islas flotantes construidas con una plataforma de resina de poliéster de 10 x 10 m, cubierta de material autóctono, bajo la cual se disponen varios flotadores estancos y lastrables en el mismo material. Estarán dotadas en dos de sus lados de rampas orientadas al sureste para favorecer el acceso de las aves nadadoras.

- En ambos márgenes del embalse se acondicionarán dos playas de aproximadamente 100 metros de longitud para mejorar el hábitat de la nutria y fomentar su protección. Para la construcción de las dos playas se suavizarán las pendientes del talud del embalse facilitando así la entrada y salida al agua de la nutria. Se dejará una pequeña franja de arena que servirá de zona de acceso, la cual se revegetará.

4- EFICACIA DE LA PROPUESTA TECNICA PARA LA CONSECUION DE LOS OBJETIVOS.

Se expondrán aquí las razones que han llevado, de todas las alternativas posibles, a proponer la actuación descrita en 3 para la consecución de los objetivos descritos en 1 y 2. Esta justificación debe ser coherente con los contenidos de los capítulos de viabilidad técnica, ambiental, económica y social que se exponen a continuación y, en ese sentido, puede considerarse como una síntesis de los mismos. En la medida de lo posible, se cuantificará el grado de cumplimiento de los objetivos que se prevé alcanzar con la alternativa seleccionada para lo que se propondrán los indicadores que se consideren más oportunos.

- 1- Alternativas posibles para un análisis comparado de coste eficacia (Posibles actuaciones que llevarían a una consecución de objetivos similares en particular en el campo de la gestión de recursos hídricos).
 - a- Dragado del embalse por el método tradicional y transporte de los materiales en camión hasta la zona de deposición.
 - b- Dragado del embalse mediante draga de succión y transporte de los sedimentos en camión. Para la extracción de los materiales se utilizará una draga succionadora, la cual impulsará la mezcla hasta los márgenes del embalse para su desecación y posteriormente se transportarán en camión hasta los terrenos a restaurar.
 - c- Dragado del embalse mediante aspiradora y transporte de los sedimentos por tubería terrestre. La extracción de los materiales de superficie se realizará de la misma forma a la contemplada en el apartado b, pero éstos se cargarán directamente a los camiones para su transporte a las plantas de procesamiento

- d- Dragado del embalse mediante draga succionadora y transporte de los sedimentos por tubería flotante y terrestre. Todo el proceso es análogo al descrito en la alternativa c. Únicamente varía el trazado de la conducción de impulsión, que en este caso tendrá un primer tramo flotante, a lo largo del embalse, y un tramo final terrestre.
- 2- Ventajas asociadas a la actuación en estudio que le hacen preferible a las alternativas posibles citadas:
- a) La extracción de los materiales excavados en el embalse mediante draga no presenta ningún problema constructivo y evita la alteración del estado del embalse durante la obra, que afectaría al hábitat natural del mismo.
 - b) Con la utilización de la draga para la extracción de los materiales se reduce la turbidez generada en las operaciones, con la consiguiente reducción de los problemas medio ambientales y de funcionamiento de las tomas del embalse que esto pudiese generar.
 - c) El recorrido de los camiones hasta las parcelas donde se depositaran los materiales ha de realizarse siguiendo la carretera que une el embalse con la carretera nacional N-521 hasta coger el desvío que nos lleva a las parcelas donde se depositaran los materiales para posteriormente ser llevados hasta las plantas de procesado de materiales.
 - d) Al realizar el transporte de los sedimentos mediante tubería se evitan los problemas de tráfico y contaminación asociados al transporte en camión.
 - e) Se opta por un trazado mixto flotante-terrestre por ser mucho más sencillo constructivamente que los posibles trazados terrestres y por ser la ocupación temporal de terrenos de propiedad privada mucho menor.
 - f) Los costes de todas las alternativas son similares, por lo que no es un factor determinante para su elección.

5. VIABILIDAD TECNICA.

Deberá describir, a continuación, de forma concisa, los factores técnicos que han llevado a la elección de una tipología concreta para la actuación, incluyéndose concretamente información relativa a su idoneidad al tenerse en cuenta su fiabilidad en la consecución de

los objetivos (por ejemplo, si supone una novedad o ya ha sido experimentada), su seguridad (por ejemplo, ante sucesos hidrológicos extremos) y su flexibilidad ante modificaciones de los datos de partida (por ejemplo, debidos al cambio climático).

Si se dispone del documento de supervisión técnica del proyecto se podrá realizar una síntesis del mismo.

Se ha decidido la utilización de una draga succionadora con cabezal cortador para la realización del dragado del embalse y el transporte de la mezcla extraída por tubería hasta los terrenos a restaurar.

El dragado mediante aspiradora es un método innovador en España, aunque ha sido utilizado con éxito en la limpieza del antiguo cauce del río Tura.

Las ventajas que presenta frente al método tradicional (construcción de diques-ataguías formando recintos estancos y extracción de los sedimentos mediante métodos mecánicos) son las siguientes:

- Facilidad constructiva. La operación se reduce a la instalación de la draga flotante.
- Posibilidad de realizar el dragado sin afectar al funcionamiento normal del embalse.
- El cabezal cortador desestructura los materiales sin ponerlos en suspensión, lo que evita que se produzca un aumento de la turbidez en el embalse. De esta forma se consigue que el agua que entra por la toma tenga menos sólidos en suspensión, lo que es de especial importancia, ya que parte se destina a abastecimiento de la población, y evita posibles problemas en el suministro.

Por otra parte, se ha decidido realizar el transporte de los sedimentos por tubería debido a la dificultad que presenta la utilización de camiones, tanto por la cantidad de camiones necesarios y el tráfico que generarían como por las condiciones de los viales existentes y la imposibilidad de ampliación en algunos tramos. En cuanto a la seguridad durante la realización de las obras cabe destacar que, con esta solución, no se varía el estado del embalse, lo que implica que la respuesta de éste frente a los sucesos hidrológicos será la misma que antes del comienzo de las obras.

Así mismo, esta solución permite adaptarse a cualquier modificación en las hipótesis de partida, tanto en relación a las características de la capa de sedimentos a extraer como en las condiciones hidrológicas que se presenten.

6- VIABILIDAD AMBIENTAL.

Se analizarán aquí las posibles afecciones de la actuación a la Red Natura 2000 o a otros espacios protegidos, incluyéndose información relativa a si la afección se produce según normativas locales, autonómicas, estatales o europeas e indicándose la intensidad de la afección y los riesgos de impacto crítico (de incumplimiento de la legislación ambiental).

- 1- ¿Afecta la actuación a algún LIC o espacio natural protegido directamente (por ocupación de suelo protegido, ruptura de cauce, etc, o indirectamente (por afección a su flora, fauna, hábitats o ecosistemas durante la construcción o explotación por reducción de apuntes hídricos, barreras, ruidos, etc.)?

A. DIRECTAMENTE		B. INDIRECTAMENTE	
a) Mucho	<input checked="" type="checkbox"/>	a) Mucho	<input type="checkbox"/>
b) Poco	<input type="checkbox"/>	b) Poco	<input checked="" type="checkbox"/>
c) Nada	<input type="checkbox"/>	c) Nada	<input type="checkbox"/>
d) Le afecta positivamente	<input type="checkbox"/>	d) Le afecta positivamente	<input type="checkbox"/>

- 2- Describir los efectos sobre el caudal ecológico del río y las medidas consideradas para su mantenimiento así como la estimación realizada para el volumen de caudal ecológico en el conjunto del área de afección. No se producen efectos sobre el caudal ecológico del río durante la actuación, ya que no se modifica el estado del embalse. En todo caso, cuando finalicen las obras, al disponer de mayor capacidad de regulación, se podrán adaptar los volúmenes derivados de manera adecuada tanto a la demanda como al caudal ecológico exigido por el río.

Se especificará, además, si se han analizado diversas alternativas que minimicen los impactos ambientales y si se prevén medidas o actuaciones compensatorias. En este último caso, se describirán sus principales efectos y se hará una estimación de sus costes.

3- Alternativas analizadas

- a) Extracción de los sedimentos por el método tradicional
- b) Extracción de los sedimentos con draga de succión con cortador
- c) Transporte de los materiales en camión
- d) Transporte de los sedimentos por tubería

4- Impactos ambientales previstos y medidas de corrección proponibles (*Describir*).

a. Impactos ambientales previstos

- Ruido generado por la maquinaria.
- Incremento de los niveles de partículas en suspensión debido a los movimientos de tierras.
- Emisiones procedentes de los motores de la maquinaria.
- Los movimientos de tierras a realizar durante la ejecución de las obras supondrán una removilización de materiales, lo que ocasionará un incremento de materiales en disposición de ser arrastrados por la escorrentía.
- Pérdida de suelos por la ejecución de las obras, por la desaparición de suelos y por erosión.
- Afección a los procesos de nidificación de la avifauna.
- .
- Posible afección a la avutarda.

b. Medidas correctoras propuestas

El proyecto se ha redactado cumpliendo el condicionado establecido en la Declaración de Impacto Ambiental. No obstante, para paliar los posibles efectos negativos que se produzcan durante la ejecución de las obras, se proponen las siguientes medidas correctoras:

- Para evitar el incremento del nivel de partículas sólidas en el aire provocado por las operaciones de desmonte, terraplenado y movimiento de tierras en general, se

realizará, en caso necesario, el riego de viales de obra, área de operaciones y zonas de extensión, para evitar la formación de polvo.

- Excepcionalmente, se considerará el riego de la vegetación afectada.
- Los materiales susceptibles de emitir polvo a la atmósfera se transportarán tapados.
- Con objeto de minimizar la emisión de gases contaminantes de la maquinaria de obra utilizada, se realizará un control de los plazos de revisión de motores de la misma.
- Con objeto de minimizar el incremento de niveles sonoros producidos por la maquinaria utilizada, se realizará un correcto mantenimiento de la misma que permita el cumplimiento de la legislación vigente en materia de emisión de ruidos en la maquinaria utilizada.
- En aquellos tramos de actuación próximos a viviendas, se prohíbe la realización de obras o movimientos de maquinaria fuera del periodo diurno (07 h – 23 h).
- Se prevé la revegetación general de las áreas afectadas por las obras que permiten retener el suelo, y minimizar el arrastre de tierras por escorrentía.
- Antes del inicio de las obras se delimitará el área afectable mediante replanteo, evitando ocupar más suelo del previsto inicialmente.
- Para evitar posibles afecciones negativas sobre la avifauna, los trabajos más agresivos para la misma se planifican fuera del periodo de nidificación y cría de las especies más significativas de la zona.
- Debido a las restricciones de la zona Z.E.P.A. y la movilidad de la nutria, la zona de campeo es lo suficientemente extensa como para variar su territorio en busca de alimento. La ejecución de la obra no se llevará a cabo durante el periodo nocturno para evitar la posible afección a esta especie ya que presenta hábitos nocturnos.

5. Medidas compensatorias tenidas en cuenta.

Para la integración ambiental de las obras se proponen las siguientes actuaciones de adecuación ambiental:

a) Se proponen las siguientes plantaciones atendiendo a las características de la zona de implantación:

- a. Revegetación del 30% de la margen fluvial del embalse, cuya distribución será diferente según la distancia al cauce.
- b. Revegetación de la margen fluvial del embalse con mayor grado de degradación (en algunos casos cubierta de basuras).
- c. Revegetación de los terrenos degradados donde se depositarán los materiales extraídos.

b) Creación de 2 playas artificiales con objeto de crear un hábitat adecuado para la nutria y fomentar su protección.

c) Construcción de un observatorio de aves.

d) Creación de 4 islas artificiales con objeto de mejorar las posibilidades de reproducción de las aves acuáticas al ser áreas aisladas y tranquilas, aptas para el reposo de muchas especies.

d) Se procederá a la limpieza y retirada de escombros y basuras de las márgenes del embalse.

6. Efectos esperables sobre los impactos de las medidas compensatorias

- Creación de un hábitat para la fauna ribereña gracias a la revegetación de las márgenes del embalse, con la consiguiente integración y desarrollo de la misma.
- Evitar la erosión de las superficies de depósito de los sedimentos y de las afectadas por las instalaciones.
- Crear un hábitat para la nutria, playas artificiales, que ayude a la conservación y desarrollo de la especie.
- Mejora del estado ambiental de los alrededores del embalse debido a la limpieza de los mismos.

- Aumentar la reproducción de las aves acuáticas creando lugares idóneos para ello (playas artificiales en el embalse)

7. Costes de las medidas compensatorias.

Estimado en unos 0.8 millones de euros.

8. Si el proyecto ha sido sometido a un proceso reglado de evaluación ambiental se determinarán los trámites seguidos, fecha de los mismos y dictámenes.

9. Cumplimiento de los requisitos que para la realización de nuevas actuaciones según establece la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE)

Para la actuación considerada se señalará una de las dos siguientes opciones.

- a. La actuación no afecta al buen estado de las masas de agua de la Demarcación a la que pertenece ni da lugar a su deterioro.
- b. La actuación afecta al buen estado de alguna de las masas de agua de la Demarcación a la que pertenece o produce su deterioro. X

Si se ha elegido la primera de las dos opciones, se incluirá su justificación, haciéndose referencia a los análisis de características y de presiones e impactos realizados para la demarcación durante el año 2005.

Justificación

En el caso de haberse señalado la segunda de las opciones anteriores, se cumplimentarán los dos apartados siguientes (A y B), aportándose la información que se solicita.

A. Las principales causas de afección a las masas de agua son (*Señalar una o varias de las siguientes tres opciones*).

- a. Modificación de las características físicas de las masas de agua superficiales. X
- b. Alteraciones del nivel de las masas de agua subterráneas
- c. Otros:

B. Se verifican las siguientes condiciones (I y II) y la actuación se justifica por las siguientes razones (III, IV)

que hacen que sea compatible con lo previsto en el Artículo 4 de la Directiva Marco del agua:

I. Se adoptarán todas las medidas factibles para paliar los efectos adversos en el estado de las masas de agua afectadas

La actuación propuesta no conlleva ningún efecto adverso sobre el estado de la masa de agua del embalse del Guadiloba, al contrario, mejorará las características de la misma al aumentar su volumen. Así mismo, durante la ejecución, de las obras no se empeorará de forma significativa la calidad de las aguas del embalse gracias a la metodología utilizada para ello. La draga utilizada para la extracción de los sedimentos evita la resuspensión de los mismos durante el proceso de dragado, aspirando por la parte central del cabezal cortador los materiales que previamente ha desestructurado. Por tanto, no aumentará la turbidez de la masa de agua exceptuando la zona de trabajo de la draga, donde tampoco se producirá un aumento notable de la misma.

Por otra parte, los ensayos realizados sobre los materiales acumulados en el embalse reflejan la ausencia de contaminantes en los mismos, por lo que su manipulación no provocará la contaminación del agua.

II La actuación está incluida o se justificará su inclusión en el Plan de Cuenca.

- a. La actuación está incluida.
- b. Ya justificada en su momento.
- c. En fase de justificación.
- d. Todavía no justificada.

III. La actuación se realiza ya que (*Señalar una o las dos opciones siguientes*):

- a. Es de interés público superior
- b. Los perjuicios derivados de que no se logre el buen estado de las aguas o su deterioro se ven compensados por los beneficios que se producen sobre:
 - a. La salud humana
 - b. El mantenimiento de la seguridad humana
 - c. El desarrollo sostenible

IV Los motivos a los que se debe el que la actuación propuesta no se sustituya por una opción medioambientalmente mejor son:

- a. De viabilidad técnica
- b. Derivados de unos costes desproporcionados

7- ANALISIS FINANCIERO Y DE RECUPERACION DE COSTES.

El análisis financiero tiene como objetivo determinar la viabilidad financiera de la actuación, considerando el flujo de todos los ingresos y costes (incluidos los ambientales recogidos en las medidas de corrección y compensación establecidas) durante el periodo de vida útil del proyecto. Se analizan asimismo las fuentes de financiación previstas de la actuación y la medida en la que se espera recuperar los costes a través de ingresos por tarifas y cánones; si estos existen y son aplicables, de acuerdo con lo dispuesto en la Directiva Marco del Agua (Artículo 9).

1. Costes de inversión, y explotación y mantenimiento en el año en que alcanza su pleno funcionamiento.

Cálculo del precio (en €/m³) que hace que el “VAN del flujo de los ingresos menos el flujo de gastos se iguale a 0” en el periodo de vida útil del proyecto. En este caso, la actuación propuesta no genera nuevos recursos. El objetivo principal es el aumento de capacidad del embalse del Guadiloba, con este aumento se conseguirá una reducción de la factura energética de la elevación del río Almonte y en el caso que se hagan, e ajustarán en los horarios valle y llano.

8- ANALISIS SOCIOECONOMICO

El análisis socio económico de una actuación determina los efectos sociales y económicos esperados del proyecto que en último término lo justifican.

1. Necesidades de nuevas aportaciones hídricas para abastecer a la población

a. Población del área de influencia en:

1970: 67.000 habitantes

2016: 100.875 habitantes

2018: 101.178 habitantes

b. Población prevista para el año 2100: 130.000 habitantes

c. Dotación media actual de la población abastecida: 250 l/hab y día en alta

d. Dotación prevista tras la actuación con la población esperada en el 2015: 250 l/hab y día en alta.

Observaciones:

La actuación propuesta no conlleva un aumento de las aportaciones hídricas.

2. Incidencia sobre la agricultura:

a. Superficie de regadío o a poner en regadío afectada: 0 ha.

b. Dotaciones medias y su adecuación al proyecto.

1. Dotación actual: 0 m³/ha.

2. Dotación tras la actuación: 0 m³/ha.

Observaciones:

La actuación propuesta no supone un aumento de las aportaciones asignadas a regadío. No obstante, con el aumento de capacidad del embalse del Guadiloba se pretende asegurar el buen funcionamiento del mismo y eliminar los futuros posibles problemas existentes En la demanda.

2. Efectos directos sobre la producción, empleo, productividad y renta.

1. Incremento total previsible sobre la producción estimada en el área de influencia del proyecto.

A. DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

B. DURANTE LA EXPLOTACIÓN

a. Muy elevado <input type="checkbox"/>	a. Muy elevado <input type="checkbox"/>
b. elevado <input type="checkbox"/>	b. elevado <input type="checkbox"/>
c. medio <input type="checkbox"/>	c. medio <input type="checkbox"/>
d. bajo X	d. bajo <input type="checkbox"/>
e. nulo <input type="checkbox"/>	e. nulo X
f. negativo <input type="checkbox"/>	f. negativo <input type="checkbox"/>
g. ¿en qué sector o sectores se produce a mejora?	g. ¿en qué sector o sectores se produce a mejora?
1. primario <input type="checkbox"/>	1. primario <input type="checkbox"/>
2. construcción x	2. construcción <input type="checkbox"/>
3. industria <input type="checkbox"/>	3. industria X
4. servicios <input type="checkbox"/>	4. servicios X

Justificación de respuestas:

Los objetivos del proyecto son los de mejorar la explotación del embalse y asegurar la garantía consuntiva a la población de agua de calidad.

El aumento de la producción será el asociado a la ejecución de la obra.

- 3. Incremento previsible en el empleo total actual en el área de influencia del proyecto.

A. DURANTE LA CONSTRUCCIÓN	B. DURANTE LA EXPLOTACIÓN
a. Muy elevado <input type="checkbox"/>	a. Muy elevado <input type="checkbox"/>
b. elevado <input type="checkbox"/>	b. elevado <input type="checkbox"/>
c. medio X	c. medio <input type="checkbox"/>
d. bajo <input type="checkbox"/>	d. bajo <input type="checkbox"/>
e. nulo <input type="checkbox"/>	e. nulo X
f. negativo <input type="checkbox"/>	f. negativo <input type="checkbox"/>

<p>g. ¿en qué sector o sectores se produce a mejora?</p> <p>1. primario <input type="checkbox"/></p> <p>2. construcción x</p> <p>3. industria <input type="checkbox"/></p> <p>4. servicios <input type="checkbox"/></p>	<p>g. ¿en qué sector o sectores se produce a mejora?</p> <p>1. primario <input type="checkbox"/></p> <p>2. construcción <input type="checkbox"/></p> <p>3. industria X</p> <p>4. servicios X</p>
---	--

Justificar las respuestas:

Para la ejecución de las obras de dragado será necesaria mano de obra, lo que supondrá la generación de puestos de trabajo.

Dichas obras no llevan asociadas una fase de explotación, por lo que no se producirá un incremento del empleo tras su ejecución.

5. La actuación, al entrar en explotación, ¿mejorará la productividad de la economía en su área de influencia?

- a. sí, mucho
- b. si, algo
- c. si, poco X
- d. será indiferente
- e. la reducirá

f. ¿a qué sector o sectores afectará de forma significativa?

- 1. agricultura X
- 2. construcción
- 3. industria
- 4. servicios

Justificar la respuesta

Como ya se ha comentado, los objetivos de la actuación son asegurar la garantía de suministro a la población, lo cual puede hacer que la población aumente ligeramente más rápido.

La consecución de estas obras no aporta ninguna infraestructura nueva que, con su puesta en funcionamiento, pueda aumentar la productividad de la economía en su área

de influencia. No obstante, estas obras son de especial importancia para el mantenimiento del desarrollo actual ya que, en el caso de no realización de las mismas, la garantía consuntiva seguiría disminuyendo hasta que no se pudiera suministrar agua a las poblaciones afectadas.

6. ¿Existe afección a bienes del patrimonio histórico-cultural?

1. Si, muy importantes y negativas
2. Si, importantes y negativas
3. Si, pequeñas y negativas
4. No
5. Si, pero positivas

Justificar la respuesta:

El emplazamiento de las obras no afecta a ningún bien incluido en el patrimonio histórico-cultural.

9. CONCLUSIONES

Incluya, a continuación, un pronunciamiento expreso sobre la viabilidad del proyecto y, en su caso, las condiciones necesarias para que sea efectiva, en las fases de proyecto o de ejecución.

El proyecto es:

Viable