



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

Grado Ingeniería Forestal y del Medio Natural

**Proyecto básico de actuación hidrológica en
el arroyo de Los Santos, Herradón de Pinares
(Ávila)**

Alumno: Álvaro Jiménez González

**Tutor: Juan Manuel Díez Hernández
Cotutor: Joaquín Navarro Hevia**

Septiembre de 2014

Copia para el tutor/a

Agradecimientos:

A mi familia, por estar siempre a mi lado y en especial a mi padre y mi abuelo, cuya herencia es mayor que la mera genética, transmitiendo una vida siempre ligada al campo.

A Juan Manuel y Joaquín así como el profesorado de la ETSSIIAA de Palencia, por transmitirme sus conocimientos.

A Fernando por su ayuda con el replanteo y sus recomendaciones.



I. MEMORIA.

1.	Introducción	1
2.	Antecedentes históricos.....	1
3.	Objeto	3
4.	Justificación	4
4.1.	Justificación técnica	4
4.2.	Justificación social.....	5
4.3.	Justificación económica	5
5.	Estudio de alternativas.....	6
6.	Descripción de la cuenca.....	6
6.1.	Situación.....	6
6.1.1.	Situación administrativa	6
6.1.2.	Situación geográfica.....	7
6.1.3.	Límites.....	7
6.1.4.	Superficie	7
6.2.	El complejo físico	8
6.3.	Características climáticas	10
6.3.1.	elección de estación.	10
6.3.2.	Régimen de precipitaciones	10
6.3.3.	Régimen de temperaturas	10
6.3.4.	Índices climatológicos.....	10
6.3.5.	Clasificación del clima	10
6.3.6.	Fitoclimatología.....	11
6.4.	Estudio geológico, geomorfológico y edafológico.	12
6.4.1.	Descripción geológica	12
6.4.2.	Geomorfoligía.....	12
6.5.	Tipología de la vegetación.....	14
6.5.1.	Series de vegetación potencial.....	14
6.5.2.	Etapas de la evolución regresiva del bosque, según Ceballos.	14
6.5.3.	Estructura y composición de la vegetación	14



6.6.	Características socioeconómicas	14
6.6.1.	Dinámica demográfica de la población.....	14
6.6.2.	La actividad de la población.....	14
6.7.	Protección ambiental.....	15
6.7.1.	Espacios protegidos	15
6.8.	Fauna	16
5.1.	Hidrología forestal	16
5.1.1.	Descripción hidrológica.....	16
7.	Ingeniería del proyecto: Diseño y ubicación de las estructuras de corrección transversal.	19
7.1.	Situación diques.....	19
7.2.	Dimensionamiento de las obras.	19
7.2.1.	Ficha técnica dique nº1.....	19
7.2.2.	Elección hipótesis de cálculo.....	22
7.2.3.	Resumen cálculos. Dique nº 1:	25
7.2.4.	Ficha técnica dique nº2.....	27
7.2.5.	Resumen cálculos. Dique nº 2:	28
8.	Programa de ejecución y puesta en obra.	31
8.1.	Introducción	31
8.2.	Justificación del programa	31
8.3.	Relación de actividades.....	32
9.	Evaluación del proyecto	35



ANEXOS A LA MEMORIA

ANEXO I: ANÁLISIS HISTÓRICO DE LA HIDROLOGÍA

1. Antecedentes históricos.....	1
1.1. Riada 1999.....	4
1.1.1. Características meteorológicas del episodio.....	5

ANEXO II: PARÁMETROS DE LA CUENCA

1. Parámetros de forma	1
1.1. Coeficiente de Gravelius	1
1.2. coeficiente de forma.....	1
1.3. Índice de alargamiento	2
1.4. Rectángulo equivalente	2
2. Parámetros de relieve.....	3
2.1. Desniveles máximos.....	3
2.2. Curva hipsométrica.....	4
2.3. Volumen a erosionar y erosionado.....	6
2.4. Altura media de la cuenca.....	7
2.5. Pendiente media de la cuenca.....	7
2.6. Coeficiente de masividad	7
2.7. Coeficiente de fournier u orográfico.....	8
2.8. Factor topográfico de la M.U.S.L.E.....	8
3. Red hidrográfica.....	9
3.1. Forma y textura de la red de drenaje.....	9
3.2. Ordenación de las corrientes de agua.....	9
3.3. Longitudes cauces.....	10
3.4. Pendiente media del río.....	10
3.5. Frecuencia de cauces (Fc).....	10
3.6. Densidad de drenaje (Dd), canal de alimentación (Ca) y distancia de la escorrentía (De).....	11
3.7. Coeficiente de torrencialidad	11
3.8. Tiempo de concentración.....	11



ANEXO III: DESCRIPCIÓN CLIMATOLÓGICA

1.	Consideraciones generales y elección de estación.	1
2.	Datos climáticos.....	3
3.	Régimen de precipitaciones	3
4.	Índice de aridez (UNESCO)	6
5.	Precipitaciones máximas en 24 horas.	7
6.	Régimen de temperaturas.....	7
7.	Régimen de heladas.....	11
8.	Vientos.	11
9.	Tormentas	11
10.	Tipo de clima	11
11.	Índices climáticos.....	11
1.1.	Índice de Lang.....	11
1.2.	Índice de Martonne.	12
1.3.	Índice Emberger.....	12
12.	Representaciones Mixtas.	14
12.1.	Diagrama ombrotérmico de Gaussen.	14
12.2.	Climodiagrama de termohietas.	14
13.	Fitoclimatología.	15

ANEXO IV: DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA Y EDAFOLÓGICA

1.	Descripción geológica	1
2.	Geomorfología.....	2
3.	Estudio edafológico.....	4

ANEXO V: VEGETACIÓN

1.	Series de vegetación potencial	1
2.	Etapas de la evolución regresiva del bosque, según Ceballos.	1
3.	Vegetación actual.	3
4.	Estructura y composición de la vegetación	3



ANEXO VI: CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

1. Dinámica demográfica de la población.	1
2. La actividad de la población.	2

ANEXO VII: CATÁLOGO DE LA FAUNA DE LA ZONA

1. Aves.....	1
2. Mamíferos	3
3. Reptiles.....	4
4. Anfibios	4
5. Peces.....	4

ANEXO VIII. HIDROLOGÍA FORESTAL

1. Descripción hidrológica.....	1
2. Los suelos de la cuenca vertiente	1
2.1. División de los suelos y superficies.	11
2.2. Clasificación de los suelos por su condición hidrológica:.....	12
2.3. Susceptibilidad del suelo a la erosión	12
3. Números de curva de la cuenca vertiente.....	17
4. Estimación de pérdidas de suelo en un terreno por erosión laminar y en regueros (U.S.L.E.).....	22
5. Análisis estadístico de los aguaceros.	28
5.1. Exploración estadística de la serie: Homogeneidad, Consistencia y Calidad.....	28
6. Cálculo del aguacero máximo diario de cálculo (Pmax,d).	34
6.1. Método Gumbel (Teórico)	34
6.2. Método de la DGC (Dirección General de Carreteras)	40
6.3. Garantía y riesgo de la obra.	44
7. Estimación de la escorrentía, caudal máximo y sedimentos generados por el aguacero de cálculo.	45
7.1. Aguacero de diseño.	45
7.2. Escorrentía que genera el aguacero de cálculo.	46
7.3. Caudal máximo generado por el aguacero.....	47
5.1.2. Conclusión.....	48
8. Evaluación de la cuenca con HEC-HMS	48



8.1.	Pluviograma de cálculo.....	49
8.2.	Generación de hidrograma.....	54
8.3.	Discusión de resultados.....	60

ANEXO IX. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE LAS OBRAS.

1.	Situación diques.....	1
2.	Dimensionamiento de las obras.....	2
2.1.	Ficha técnica dique nº1.....	2
2.2.	Elección hipótesis de cálculo.....	3
2.3.	Cálculo de los parámetros geométricos del dique:.....	4
2.4.	Resumen cálculos. Dique nº 1:.....	16
2.5.	Ficha técnica dique nº2.....	18
2.6.	Resumen cálculos. Dique nº 2:.....	20

ANEXO X. PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS

1.	Memoria Informativa del Plan.....	1
2.	Definiciones.....	2
3.	Medidas Prevención de Residuos.....	4
4.	Cantidad de Residuos.....	5
5.	Reutilización.....	6
6.	Separación de Residuos.....	7
7.	Medidas para la Separación en Obra.....	8
8.	Destino Final.....	8
9.	Prescripciones del Pliego sobre Residuos.....	9

ANEXO XI. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

1.	Introducción.....	1
2.	Metodología.....	2
3.	Conclusión.....	32

ANEXO XII. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

1.	Memoria Informativa.....	1
1.1.	Objeto.....	1
2.	Agentes Intervinientes.....	2



Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de los Santos (Ávila).



2.1.	Promotor.....	2
2.2.	Proyectista.....	3
2.3.	Coordinador de Seguridad y Salud en fase de proyecto	3
2.4.	Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución	3
2.5.	Dirección Facultativa.....	3
2.6.	Contratistas y Subcontratistas.....	4
2.7.	Trabajadores por cuenta ajena.....	5
3.	Condiciones del Entorno	6
3.1.	Tráfico rodado	6
3.2.	Condiciones climáticas extremas.....	6
3.3.	Topografía	6
3.4.	Servicios Sanitarios más próximos.....	7
4.	Riesgos Eliminables.....	7
5.	Trabajos Previos.....	7
6.	Fases de Ejecución	9
6.1.	Movimiento de Tierras.....	9
6.2.	Estructuras.....	11
6.3.	Acabados	12
7.	Medios Auxiliares.....	13
7.1.	Andamios	13
7.2.	Plataforma elevadora móvil	16
7.3.	Escaleras de Mano.....	17
7.4.	Puntales	18
8.	Maquinaria	19
8.1.	Empuje y Carga.....	19
8.2.	Transporte.....	21
8.3.	Aparatos de Elevación.....	23
8.4.	Vibrador	24
8.5.	Soldadura	25
8.6.	Herramientas Manuales Ligeras	26
9.	Control de Accesos a la Obra.....	27



Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de los Santos (Ávila).



10.	Autoprotección y emergencia	28
11.	Valoración Medidas Preventivas.....	29
12.	Legislación	29

ANEXO XIII. ANEXO FOTOGRÁFICO (VÉASE FORMATO DIGITAL)
--



1. INTRODUCCIÓN

En la historia forestal española, los proyectos dedicados a la restauración han ocupado una parte importante desde la creación de la primera escuela de Ingenieros de Montes en España en 1846. Dentro de estos los dedicados a la hidrología forestal han resultado de los más destacados.

La provincia de Ávila no es, por lo tanto, una excepción de estas importantes modificaciones históricas del terreno. Su estado erosivo ha ocasionado numerosas afecciones a los seres humanos a lo largo de los años como veremos en el siguiente apartado. Este riesgo para las personas, sigue siendo en la actualidad elevado. Además de la importancia de conservar y mejorar unos recursos ecológicos, en primer lugar, se debe mirar desde un punto de vista egocéntrico, en el que las personas ocupan ese lugar. Por lo tanto cualquier riesgo humano es motivo de actuación en el medio.

2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El ser humano ha condicionado de manera notable el paisaje que actualmente tenemos y sigue modificándolo constantemente. Numerosos han sido los factores que han condicionado el paisaje que hoy en día vemos, a destacar los siguientes:

- La importancia ganadera de la provincia.
- La amortización de los siglos XVIII y XIX.
- El abandono del campo y éxodo a las ciudades en los últimos siglos.
- Todos estos factores se detallan y analizan más profundamente en el Anexo I, “Análisis histórico de la hidrología”.

Además hay que encuadrar la comarca en la que nos ubicamos “Tierra de Pinares y bajo Alberche” desde un enfoque forestal. El que se elaborase el primer proyecto de ordenación de España en el cercano monte de “El Quintanar” (1880), muestra una relevancia dentro del panorama nacional incluso. A esto hay que sumar los proyectos de restauración hidrológica de mitad del siglo XX con el objetivo de la mejora del funcionamiento hidrológico de la cuenca del río Gaznata, cuyas aguas llegan al pantano del Burguillo, que abastece a la Comunidad de Madrid.

Pero además hay que destacar la creación del monte público nº69 “Dehesa Boyal” cuyos límites se detallan en el Anexo I y que se ven en la figura 3. Esta denominación se produce como respuesta a los procesos amortizadores que antes se mencionan.



Figura 1. Uno de los diques presentes en la zona. En este caso está situado aguas abajo de la sección de cierre definida, en el cauce del arroyo de Los Santos. Fuente: Propia.

Una nueva amenaza que suma en los últimos años, motivada en gran parte al abandono del campo, son los incendios forestales. En el último decenio (2001-20010) el número de II.FF es de alrededor de 20-50. Así se puede ver en la figura 2, a nivel de España, destacando como una zona de ocurrencia media.

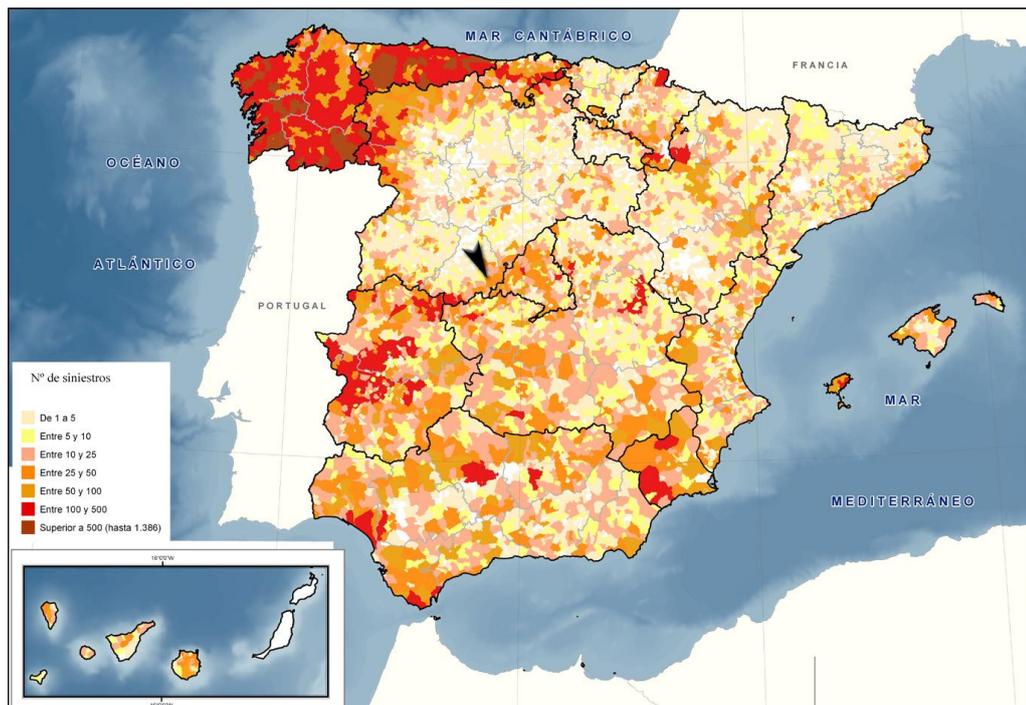


Figura 2. Número de siniestros por término municipal, 2001-2010. Fuente: MAGRAMA (2010). La zona de actuación está señalada con una flecha negra.

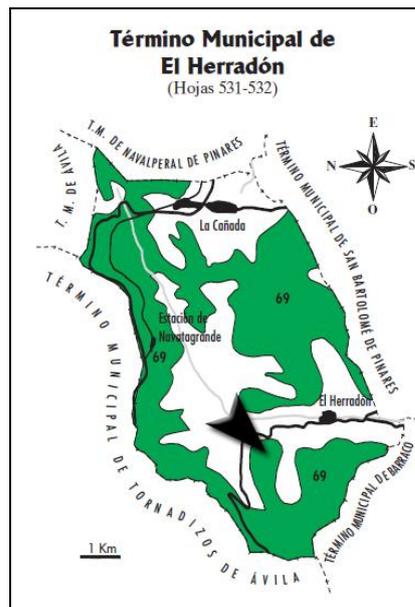


Figura 3. Mapa del monte de utilidad pública "Dehesa Boyal", en el término municipal del Herradón de Pinares. Fuente: Junta de Catilla y León (2001).

Otros hechos menores y factores han condicionado la zona y se detallan más en profundidad en el Anexo I.

Todo este historial sumado a las características meteorológicas de la zona, las características del relieve y la vegetación rala en dominancia, dan lugar a episodios torrenciales como el ocurrido en 1999 en la localidad de El Herradón de Pinares.

Como se describe con bastante más detalle en el Anexo I, aquel fatídico día de septiembre, se produjo un episodio extraordinario con consecuencias desastrosas para la población, con heridos, infraestructuras dañadas e incluso daños al patrimonio histórico. Todavía muchos de los habitantes recuerdan aquella riada que les supuso numerosas pérdidas. Para mayor representatividad consultar el Anexo fotográfico en el que se muestra cómo quedó el pueblo y su situación actual.

3. OBJETO

Como ya se ha expuesto anteriormente en los antecedentes, es necesaria de carácter inmediato una actuación en la zona, para evitar episodios como el acaecido en 1999.

Para ello se ha definido una cuenca de actuación en el conocido como Val de de Los Santos, por el cual discurre el arroyo de Los Santos, afluente del arroyo de La Gaznata, que a su vez desemboca en el pantano del Burguillo. Todos ellos pertenecientes a la Confederación Hidrográfica del Tajo.

Los objetivos serán los siguientes:

- 1º. Evaluar el estado erosivo actual de la cuenca.
- 2º. Evaluar los riesgos hidrológicos por inundación sobre la población.
- 3º. Plantear una serie de medidas correctoras (diques forestales) de los estados erosivos y que consigan disminuir los riesgos de avenidas sobre la población. complementarias o no a las medidas correctoras transversales para futuras actuaciones.



4. JUSTIFICACIÓN

A continuación, se separará la justificación general en diversos aspectos como el técnico, el social y el económico, de manera que se pueda ver por apartados la importancia de la actuación según los sectores enumerados.

Por lo tanto, la justificación general será la suma de los siguientes:

4.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

La justificación técnica se basa en aspectos muy relacionados a los económicos. Cualquier actuación tecnificada está amparada por unos beneficios directos o indirectos económicamente.

Esta cuenca está enmarcada dentro de dos planes nacionales llevados a cabo por el MAGRAMA y también promovidos por la Unión Europea cuyos objetivos quedan definidos en la página web del MAGRAMA (<http://www.magrama.gob.es/>). Estos son:

1. Plan Nacional de Actuaciones Prioritarias en materia de restauración hidrológico-forestal, control de la erosión y defensa contra la desertificación (figura 4)

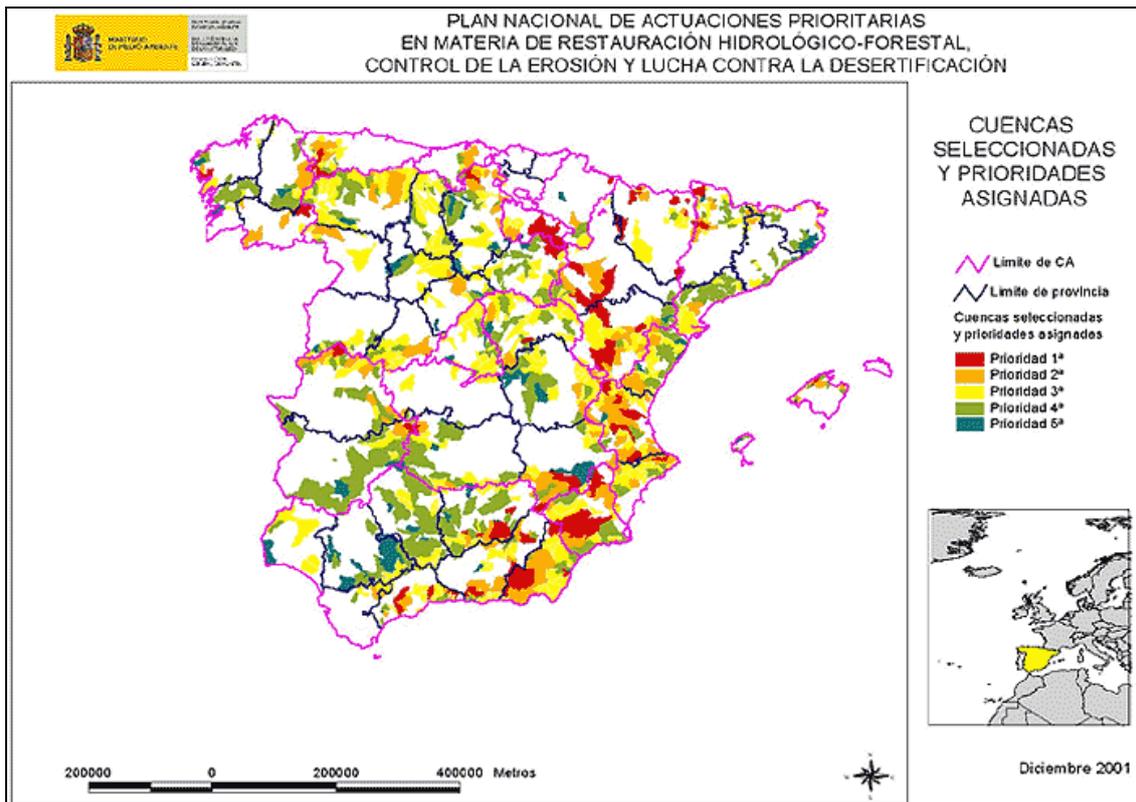


Figura 4. Mapa del Plan Nacional de Actuaciones Prioritarias en materia de Restauración Hidrológico-Forestal. Fuente: MAGRAMA (2001).

2. Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (PAND). Figura 5.

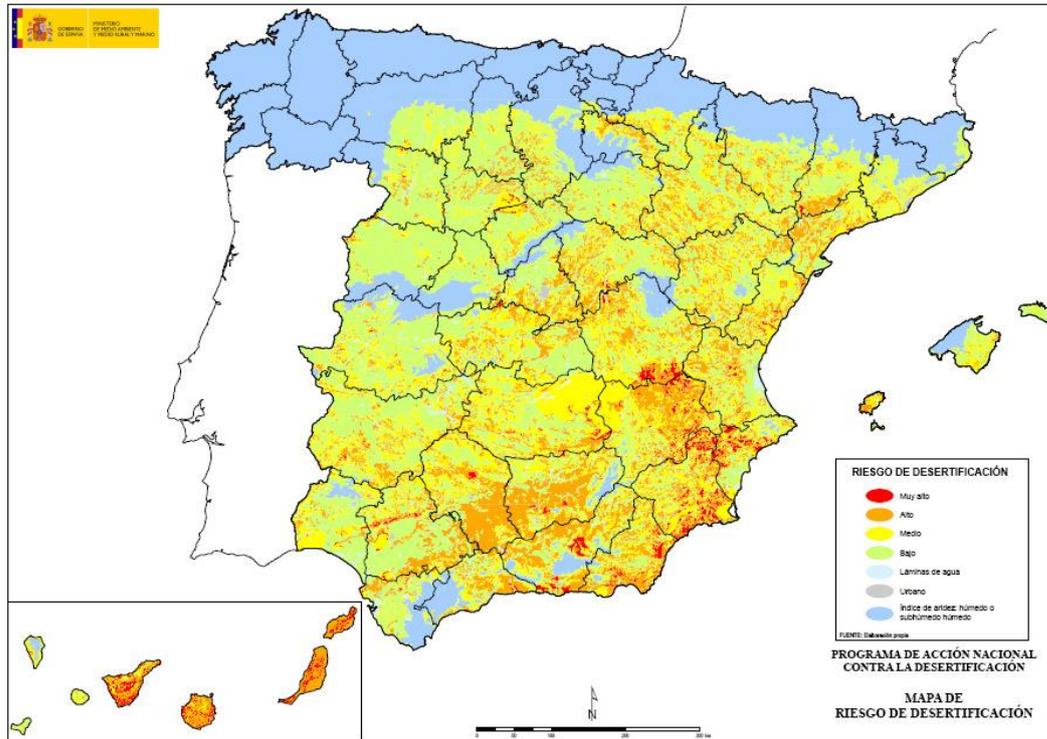


Figura 5. Mapa de Riesgo de Desertificación para España. Programa de Acción Nacional contra la Desertificación. Fuente: MAGRAMA (2008).

Está claro por tanto que el encuadre dentro de estos planes, ya justifica cualquier actuación que trate de corregir la erosión en la zona, pero además sumaremos las siguientes justificaciones.

4.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Los numerosos daños que ocasionó la riada de 1999, ponen de manifiesto la importancia para los seres humanos de la conservación del medio natural en condiciones adecuadas, además de la importancia de la ordenación del territorio conforme a posibles riesgos naturales.

Como ya se ha mencionado anteriormente, cualquier acción en el medio ambiente debe de repercutir de manera importante en las poblaciones del entorno, directamente ligadas a él. Con más motivo, aquellas que tratan de salvaguardar la vida de las personas que lo habitan.

Pero además de la protección de la población se debe tener en cuenta unos beneficios culturales y económicos para la población. Un mantenimiento del desarrollo a nivel rural, medio en el cual las últimas décadas ha sufrido un importante abandono.

4.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Es complicado cuantificar una actuación como la propuesta desde el punto de vista económico. Sin embargo, fenómenos como el de 1999, demuestran daños económicos a gran escala. Cualquier actuación, como la propuesta, que reduzca el riesgo es, por tanto, beneficiosa. Como ejemplo, otro motivo de la elección de la cuenca de actuación, la protección de la carretera AV-503 (límite de la cuenca, véase Plano 3).



Por último, es importante considerar una justificación ecológica, muchas veces menospreciada pero íntimamente ligada a otros aspectos que se le dan mayor relevancia como los económicos. Una mejora de los suelos y de la cubierta vegetal hace que el sistema natural pueda desarrollarse de manera más rápida, facilitada por el ser humano, hacia unos estadios de mayor evolución, mayor biodiversidad y por lo tanto un incremento en el patrimonio natural de la zona.

5. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Dentro de los proyectos de actuación hidrológica hay una gran parte de ello o la mayoría que se acompañan de una actuación forestal, reforestando o forestando los terrenos. Esta práctica contribuye a disminuir los procesos erosivos en la cuenca si el arraigo de las plantas es el esperado.

En este proyecto básico, se descartó esta opción, siendo una de las alternativas complementarias más importantes. Los motivos principales de dicha decisión se han debido al tiempo y dedicación que supondría añadir este complemento, pasando ya a una actuación hidrológico-forestal.

Por otro lado, no queda duda que cualquier buena actuación correctora de los procesos erosivos, por tanto no queda incompleta la actuación y perfectamente justificada.

Dado que es una zona que se encuentra cercana a un área protegida, se ha querido minimizar los posibles impactos ambientales que pudiera generar la actuación. Así tanto los materiales empleados como los lugares de actuación han sido elegido además de por motivos técnicos, por su menor influencia y relación con el terreno. Se ha descartado otros que pudieran tener menor coste económico pero que su impacto pudiera ser más agresivo. Esto motiva por ejemplo, la utilización de la piedra granítica tanto para su mezcla como hormigón ciclópeo como para posibles revestimientos en la obra.

Como se detallará en el apartado de la misma memoria, ingeniería del proyecto, las secciones elegidas para el emplazamiento de los diques, han sido tomadas teniendo en cuenta varios aspectos: accesibilidad en cuento a maquinaria y medición, menor impacto, menores costes y volúmenes de obra.

Resulta imprescindible además el desbroce y acondicionamiento del terreno, así como el repaso de caminos y vías de acceso de las zonas de actuación. Con lo cual no se contempla como alternativa.

Por último y como alternativa general del proyecto, el emplazamiento de la actuación en la cuenca determinada. Como se puede ver en proyectos como “Estudio de inundabilidad río Gaznata a su paso por la localidad del Herradón, Ávila” de Alonso Gorbeña, G. (2009), la zona ya ha sido caracterizada hidrológicamente como una de las cuencas con mayor aporte de sedimentos y agua al río Gaznata que atraviesa El Herradón de Pinares. Esto quiere decir que dado los estados erosivos que a continuación se describirán, la elección es prioritaria. Siendo otras cuencas de la zona, contribuyentes al río Gaznata, de menor necesidad a la hora de decantarse por una actuación correctora.

6. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA

6.1. SITUACIÓN

6.1.1. SITUACIÓN ADMINISTRATIVA

La zona objeto de proyecto se encuentra en la provincia de Ávila en la comarca del Valle del Alberche y Tierra de Pinares. Dentro de la misma se sitúa dentro del término municipal de El Herradón de Pinares.



Ya con el nombre de la localidad, podemos decir que está íntimamente ligada a la Tierra de Pinares. Toda la cuenca se encuentra dentro del término municipal de El Herradón de Pinares.

6.1.2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

La zona de estudio está localizada mediante un punto en el centro aproximado de la misma con coordenadas UTM del siguiente valor:

Tabla 1. Coordenadas UTM de localización de la cuenca.

Huso	X	Y
30 N	366.647	4.493.008

En cuanto a la base cartográfica, la cuenca se encuentra dentro de la hoja 531 del mapa de España 1:50000 y en concreto dentro de esta, del cuadrante 4 y para más detalle siguiendo la retícula 1:10000 correspondiente a las ortofotos H10 de 50cm de pixel, las hojas 4-1 y 4-2.

6.1.3. LÍMITES

La cuenca hidrográfica de estudio se encuentra bien delimitada en su parte superior por las moles graníticas que encajonan el arroyo de los Santos hasta que llegar este mismo al corte con la carretera AV-503, esta cuenca se comienza a abrir hasta el encuentro con el arroyo de la Gaznata. Se ha considerado que la sección de cierre de la cuenca se encontrará en el paso de agua de la carretera AV-503, el punto de encuentro anteriormente mencionado. Con lo cual queda definida la cuenca hidrográfica hasta ese punto, asumiendo que se podría considerar otra cuenca de mayores dimensiones si se establece esta sección de cierre en el arroyo de la Gaznata, por ejemplo. Los motivos de que han motivado esta subdivisión han sido explicados en la justificación del proyecto. Así pues tenemos que los límites naturales son:

- **Norte:** El límite norte discurre por el cresterío granítico que separa este valle del arroyo de los Santos con el situado al norte del puerto del Boquerón por el que discurre el arroyo Cañada de los Carriles. El límite va de Oeste a Este pasando por los parajes denominados Fuente de los Marqueses y las Ánimas, llegando hasta la carretera AV-503.
- **Sur:** Al igual que el anterior discurre por el cresterío, esta vez situado sur hasta llegar al punto de cierre con la carretera AV-503.
- **Este:** Este límite queda perfectamente delimitado por la carretera AV-503, en la cual en el paso de aguas, se sitúa la sección de cierre.
- **Oeste:** Quizá el más difuso de los cuatro dado que se trata de una altiplanicie de superficie rocosa, desnuda con escaso matorral. Queda definido por el punto más alto de la cuenca de 1400 m y por una pista forestal que sigue curvas de nivel justamente marcando la divisoria.

6.1.4. SUPERFICIE

La superficie total que comprende el proyecto de actuación es de 161 ha (1.61 km²) con un perímetro que es de 6.13 km sobre plano. Según esta superficie y de acuerdo con la Directiva Marco de Aguas de 2000/60/CE, se puede decir que es una cuenca de tamaño pequeño, de menos de 100 km².



6.2. EL COMPLEJO FÍSICO

De manera resumida se exponen los parámetros físicos de la cuenca y su interpretación. Para mayor detalle consúltese el documento Anexo II. Parámetros físicos de la cuenca.

Tabla 2. Parámetros físicos de la cuenca. Forma y relieve.

Parámetros de forma		
Parámetro	Resultado	Interpretación
Coef. de gravelius	1,35	Forma de ovalo-redondeada a ovalo oblonga
Coef. de forma	0,27	Comparativa entre cuencas observando su torrencialidad
Índice de alargamiento	2,79	Marcado alargamiento de la cuenca hidrológica, el número de afluentes bajo y de corto recorrido e importancia. Además corto tiempo de concentración.
Rectángulo equivalente	L = 1,52 km I = 0,43 km	Adaptación simplificada a una forma rectangular alargada.
Parámetros de relieve		
Parámetro	Resultado	Interpretación
Desniveles máximos	Cota máx: 1.404,8 m Cota min: 1.021,4 m	Amplitud del relieve: 383,4 m
Curva hipsométrica	Véase Anexo II. Parámetros físicos de la cuenca.	
Volumen erosionado y a erosionar	Erosionado el 30 % del volumen inicial. Procesos erosivos de largo recorrido y afección. Para más datos ver Anexo II.	
Altura media	Altura media: 265,99 m Altitud media: 1287,39 m.s.n.m	
Pendiente media	17 %	Es un valor alto, condicionante para muchos procesos.
Coef. masividad (Martonne)	165,21 m ² /km ²	Incidencia alta del relieve en la cuenca.
Coef. de orográfico (De Fournier)	43944,52 m ² /km ²	> 6 m ² /km ² ; relieve pronunciado
Factor topográfico de la M.U.S.L.E. (L*S)	5,28	Influencia del relieve en los procesos erosivos de manera significativa.



Tabla 3. Parámetros de físicos de la cuenca. Red hidrográfica.

Red hidrográfica		
Parámetro	Resultado	Interpretación
Forma y textura	Textura gruesa Forma: Dendrítica (arborescente)	
Ordenación corrientes de agua (Strahler)	Una principal de orden 2, y dos contribuyentes de orden 1. Véase Anexo II.	
Longitud de cauces	Cauce principal: 1,21 km (Menores I1 y D1, 0,77 km y 0,24 km respectivamente). Véase Anexo II.	
Pendiente media del río	15,6 %	Alta, curso con marcada torrencialidad.
Frecuencia de cauces	1,86 cauces/km ²	--
Densidad de drenaje	1,36 km/ km ²	Densidad baja/gruesa
Distancia de la escorrentía	0,36 km	Corta distancia hasta la incorporación al curso.
Coef. de torrencialidad	1,72 cauces/km ²	Torrencial
Tiempo de concentración	0,493 h; 29,61 min	Corto tiempo. Avenidas tipo <i>flash</i> .



6.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

6.3.1. ELECCIÓN DE ESTACIÓN.

Para la elección de estación se han considerado los factores que se mencionan en el Anexo III. Descripción climatológica. Se toma como estación de referencia la situada en la Aldea del Rey Niño (Dehesa Gu-Terreño).

6.3.2. RÉGIMEN DE PRECIPITACIONES

La precipitación media anual para la cuenca es de 541,3 mm/año que principalmente se distribuyen durante los meses de otoño e invierno. También es durante estos meses cuando se alcanzan los valores máximos de precipitación diaria, llegando a registrarse para la serie de 1999-2009 valores absolutos de 106,0 mm/24 horas. Dentro de la provincia de Ávila estos valores se consideran normales y se extienden por gran parte de ella (Ver Anexo III).

6.3.3. RÉGIMEN DE TEMPERATURAS

La temperatura media anual se sitúa en torno a 10,6 °C. El régimen de temperaturas se caracteriza por tener unos inviernos fríos en los que incluso se pueden llegar a alcanzar valores de -14,2°C y veranos con temperaturas altas por encima de los 35°C. Como se ve la amplitud de temperatura es grande e incluso dentro del mismo día hay variaciones que sobrepasan los 10°C. Esto da al clima un marcado componente continentalizado.

Además implica que los periodos libres de heladas seguras, son únicamente dos, julio y agosto, los cuales se caracterizan por su sequía.

6.3.4. ÍNDICES CLIMATOLÓGICOS

Aquí se exponen de manera rápida los índices climatológicos más relevantes calculados para la cuenca. Para detalles de cálculos y figuras, consultar el Anexo III de este documento.

Tabla 4. Principales índices climatológicos

Índice	Valor	Interpretación
Aridez (UNESCO)	0,84	Region subhúmeda-húmeda (Meses de verano, árida)
Lang	51,06	Zona húmeda de estepa o sabana
Martonne	26,28	Región sub-húmeda
Emberger	61,31	Invierno frío con heladas muy frecuentes.

6.3.5. CLASIFICACIÓN DEL CLIMA

A la vista de estos resultados se puede decir que se trata de un clima MEDITERRÁNEO TEMPLADO variedad INFERIOR con forma de OTOÑO e INVIERNOS FRÍOS. (Véase Anexo III, para mayor detalle y figuras).

De manera más gráfica lo podemos ver en la siguiente figura:

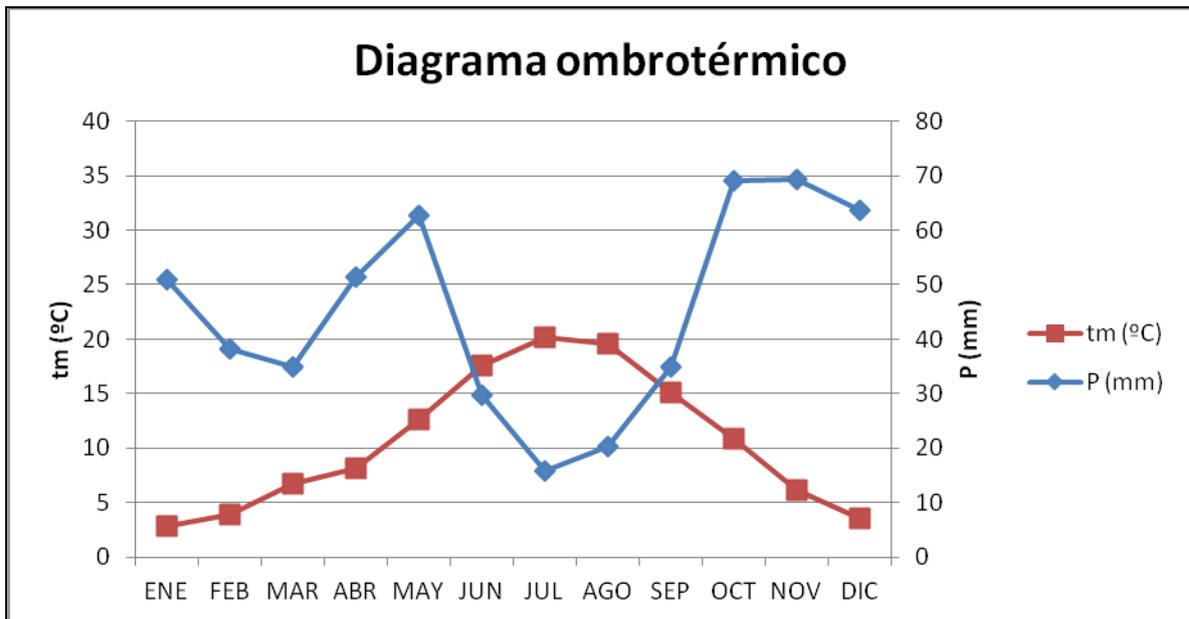


Figura 6. Diagrama ombrotérmico. Fuente: Elaboración propia.

6.3.6. FITOCLIMATOLOGÍA.

Dependiendo de las distintas metodologías de clasificación fitoclimática podemos resumir en la siguiente tabla:

Tabla 5. Clasificaciones fitoclimáticas de la zona según diferentes metodologías. Véase Anexo III para mayor información.

Metodología	Clasificación
Allué Andrade	Subtipo fitoclimático VI (IV), NEMORAL asociaciones potenciales de melojares o rebollares y encinares alsinares.
Rivas Martínez	Región: <ul style="list-style-type: none"> – MEDITERRÁNEA-(SUPRAMEDITERRÁNEA) – Serie 24a. Guadarrámico-Ibérica (supra-meso) silicícola de la encina. – Clase fitosociológica: <i>Junipero oxycedri-Querceto rotundifolia sigmentum</i>.



6.4. ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOMORFOLÓGICO Y EDAFOLÓGICO.

6.4.1. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La provincia de Ávila está constituida por un sector montañoso, con litologías resistentes metamórficas y plutónicas, que forman parte del Sistema Central, y otro llano, de sedimentación arcillosa y arenosa, con escasa resistencia, de edad terciaria y cuaternaria que constituye la Depresión del Duero. Dentro de este primero, se encuentra la cuenca. El marco geológico en el que se encuadra la cuenca viene descrito en el Anexo IV. Descripción geológica y edafológica.

De acuerdo con el Mapa Geológico de la provincia de Ávila, nos encontramos en una zona de granitoides biotíticos.

De hecho la mayoría de los materiales presentes en la zonas son de origen metamórfico como se describe en el Anexo IV.

Dentro de la cuenca, podemos diferenciar varias rocas.

- **Adamellitas de grano-medio grueso biotíticas.**

Situadas en la parte superior de la cuenca. Desde el paraje conocido como El Reventón hasta más de la mitad de la longitud de la cuenca.

- **Adamellitas de grano medio-grueso biotíticas, facies porfídicas.**

Desde más de la mitad de la cuenca en sección longitudinal hasta la sección de cierre. Es decir el resto.

- **Diques de tendencia lamprofídica.**

Aparece de manera puntual, cruzando la cuenca en dirección N-S, aproximadamente cercana a la sección de cierre. De poca extensión.

6.4.2. GEOMORFOLIGÍA

En cuanto a la geomorfología podemos ver varios resultados de la acción a lo largo del tiempo de los factores abióticos así como sus distintos orígenes explicados en el Anexo IV.

A) Superficie tipo penillanura en Parameras

Altiplanos con vertientes suaves, alomadas. La parte de cabecera de la cuenca se encontraría dentro de este tipo.

B) Escarpes de articulación formando laderas

Actúan como enlace entre diversas formas, ya sean rellanos, cerros, crestas, etc. y sus bases, o bien, alineaciones, superficies, encajamientos, y sus piedemonte o fondos de valle. En general, se trata de pendientes escarpadas, rectilíneas en conjunto, aunque en detalle pueden presentar algunas inflexiones debidas a la incisión fluvial.



C) Fondos de depresiones interiores y corredores

Depresiones tectónicas con un fondo de tendencia plan limitado por laderas escarpadas de origen estructural. El fondo de la depresión tiene morfología convergente. La marcada forma de valle estrecho, dota a la cuenca de estudio de un fondo de valle estrecho también y de mínima superficie.

D) Aluvial-Coluvial

Zonas resultado de la acción de los elementos fluviales y sus elementos asociados. Son zonas de sumidero, en las que se produce una mezcla de material de arrastre fluvial y de ladera. Aunque no son predominantes en la zona si se pueden observar algunas zonas de acumulación de materiales fluviales, pero de manera puntual.

F) Crestones

Relieves alargados que suelen asociarse a una capa o filón, dique, etc. Son relieves claramente de resistencia. En nuestra cuenca son los puntos que mayor pendiente tienen, dado que son escarpes totalmente verticales. Desde la sección de cierre, la carretera AV-503, se pueden observar en la parte derecha estos escarpes o crestones.

6.4.3. ESTUDIO EDAFOLÓGICO

Los suelos presentes en la cuenca están caracterizados por un gran porcentaje de arena silíceo, dado el origen de los mismo, la descomposición de la roca madre granítica principalmente. Aun así es imposible generalizar para dar a la cuenca un suelo común sino que como se explica en el Anexo IV y parte del Anexo VIII. Hidrología Forestal, hay zonas con marcadas diferencias.

Como referencia, se ha tomado información del estudio edafológico llevado a cabo por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) en el cercano monte de Las Navas del Marqués. Así nos encontraríamos con un suelo con mismo origen pero mucho más evolucionado como se describe en el Anexo IV.

Se trataría de un suelo pardo ologotófico con tres horizontes bien definidos y con gran porcentaje de tierra fina. Como este suelo no se encuentra en la cuenca se procede a particularizar asociando las diferentes zonas a suelos o unidades de suelos como se mostrará en el Anexo VII. La correspondencia sería la siguiente:

Tabla 6. Correspondencia entre suelos de la cuenca y tipos de suelo.

Zona de la cuenca	Tipo de suelo
Penillanuras	Litosuelos-Suelos pardos
Laderas	Ranker de pendiente
Nacimiento cursos fluviales	<i>Dysctric haplusteps</i>
Fondos de valle	Aluviones de ladera

Todo ello queda detallado en el Anexo IV, que además sirve de base para la clasificación en unidades de suelos en el Anexo VIII y que tiene representación gráfica en el Plano 4.



6.5. TIPOLOGÍA DE LA VEGETACIÓN

6.5.1. SERIES DE VEGETACIÓN POTENCIAL

Ya ha sido mencionada en el Anexo III y corresponde a la serie 24a.

6.5.2. ETAPAS DE LA EVOLUCIÓN REGRESIVA DEL BOSQUE (CEBALLOS).

Siguiendo la clasificación propuesta por Ceballos, deducimos que el óptimo para esta serie (24a) es el bosque denso de encinas (*Quercus ilex*). Por debajo otras formas de vegetación siguiendo una evolución hasta el óptimo. Como se ve en Anexo V. Vegetación, aparecerían fresnos (*Fraxinus angustifolia*), enebros (*Juniperus oxicedrus*) y un estrato arbustivo rico en diversidad. Así se iría descendiendo hasta llegar a últimas clases, que son el estado actual y que se detallan en el Anexo V. Estas estarían compuestas por matorral en estado avanzado de degradación, frecuencia de plantas espinosas y predominio de labiadas. Como última clase tendríamos el desierto.

Es de relevancia destacar que la zona está más cerca, en lo que a vegetación se refiere, a la clase desértica que a su óptimo correspondiente.

6.5.3. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA VEGETACIÓN

Aunque se detalla en el Anexo V, en la tabla 7 se exponen los estratos que se diferencian y sus proporciones con las especies relevantes en cada caso:

Tabla 7. Estructura y composición de la vegetación

Estrato	Proporción en la cuenca	Especies a destacar
Arbóreo	10 %	<i>Juniperus oxycedrus</i> y <i>Quercus ilex</i>
Arbustivo	35 %	<i>Cytisus scoparius</i> , <i>Retama sphaerocarpa</i>Otras
Herbáceo	55 %	Géneros: <i>Dactylis</i> spp., <i>Poa</i> spp., <i>Festuca</i> spp.

6.6. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

6.6.1. DINÁMICA DEMOGRÁFICA DE LA POBLACIÓN.

Actualmente la población en el municipio de El Herradón de Pinares es fruto de varios procesos que han afectado al medio rural. Como se expone en el Anexo VI. Características socioeconómicas, un proceso clave fue el éxodo hacia la ciudad experimentado en el siglo XX.

Según últimos datos de 2013, la población para el Herradón es de 498 personas.

6.6.2. LA ACTIVIDAD DE LA POBLACIÓN.

El sector agrario en este municipio es alta en comparación a cualquier medio urbano o periférico (18,5 %) con un número de cabezas de ganado bastante alto, que implica un fuerte vínculo con el medio natural y por tanto con este proyecto dado su emplazamiento y objetivos. Véase más detalles en el Anexo VI.

6.7. PROTECCIÓN AMBIENTAL

6.7.1. ESPACIOS PROTEGIDOS

6.7.1.1. ZEPA

Toda la zona de estudio se encuentra dentro de la ZEPA “Pinares del Bajo Alberche”, siendo su código ES0000186 y cuyas especies más emblemáticas son la cigüeña negra de las que existe 3 a 5 parejas, el águila imperial de 2 a 3 parejas, el águila culebrera que tiene unas 20 parejas y el águila calzada con 65 parejas. Por eso forman parte del área crítica de cigüeña negra y del área sensible de águila imperial. Para ver el encuadre de la cuenca, véase el plano nº 5 “Áreas ZEPA”.

6.7.1.2. LIC.

El segundo componente de la Red Natura 2000 son las Zonas de Especial Conservación (ZECs) que se declaran tras un riguroso proceso de selección a partir de la lista de Lugares de Interés Comunitario presentada por los Estados Miembros. Los terrenos se encuentran dentro del LIC, también denominado, “Pinares del bajo Alberche” cuyo código es ES 4110114. Para ver el encuadre de la cuenca, véase el plano nº 6 “Áreas LIC”.

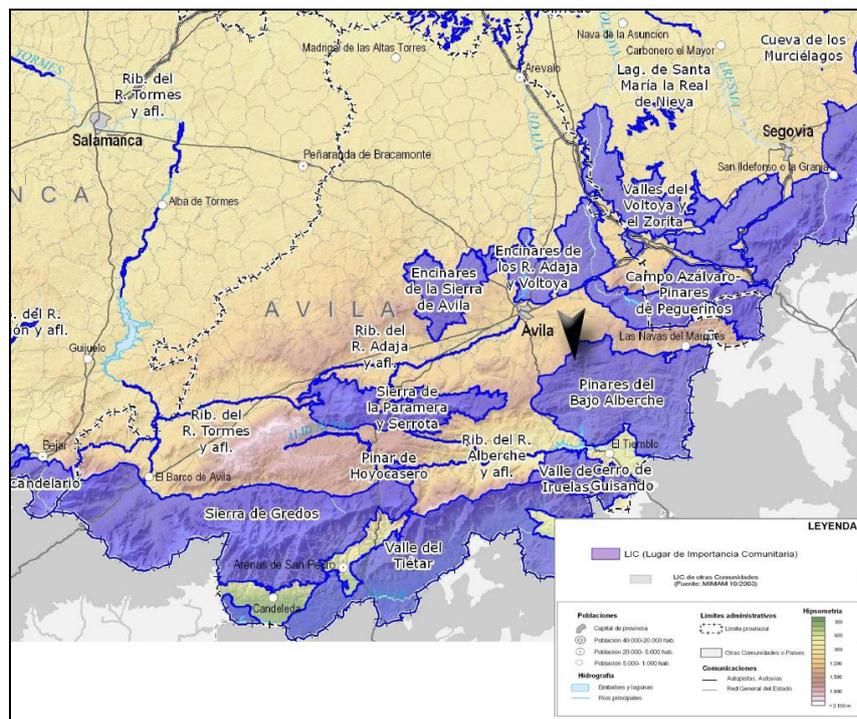


Figura 7. Figuras de protección, LIC, de la provincial de Ávila, dentro de los que está los Pinares del Bajo Alberche, LIC en el que se encuadra la zona de estudio. Fuente: MAGRAMA (2007)



6.8. FAUNA

Entre la fauna que se enumera en el Anexo VII. Catálogo de fauna, cabe destacar varias especies.

Por su especial protección, dos que se encuentran catalogadas en “peligro de extinción” como el águila imperial (*Aquila adalberti*) y la cigüeña negra (*Ciconia nigra*). Otras presentes son “de Interés Especial” como el buitre negro (*Aegypinus monachus*), cuya época de cría ocupa la mayor parte del año, se extiende desde el cortejo nupcial en enero y la puesta en febrero-marzo, hasta agosto-septiembre en que salen del nido los pollos volanderos, y octubre en que estos se independizan de sus progenitores. Es importante considerar estos periodos para elegir adecuadamente la programación de las obras.

Además otro animal a tener en cuenta es el lobo (*Canis lupus signatus*) que en los últimos años ha aumentado de población y puede causar daños en el ganado de la zona.

5.1. HIDROLOGÍA FORESTAL

5.1.1. DESCRIPCIÓN HIDROLÓGICA

En este apartado se quiere exponer de manera resumida aquellos aspectos relativos a la hidrología forestal de la cuenca, es decir a su comportamiento respecto a un aguacero o a un año tipo. Para ello se ha profundizado de manera detallada en el Anexo VIII. Hidrología Forestal.

He aquí un breve resumen:

Suelos de la cuenca:

Conforme a lo expuesto en el apartado de descripción edáfica, y otros parámetros tenemos varias unidades de suelos:

Tabla 8. Unidades de suelos de la cuenca con su superficie y porcentaje sobre el total de la cuenca.

Suelos de la cuenca		
	Sup (ha)	%
Ranker con vegetación	21,12	13,12
Fondo de valle	1,55	0,96
Litosuelos	50,65	31,46
Nacimientos	12,63	7,84
Penillanura	73,99	45,96
Carreteras	0,09	0,06
Total	161	

En general, los suelos que mas susceptibilidad a la erosión, son para nuestra cuenca los clasificados como penillanura, seguidos por los de *ranker* con vegetación, litosuelos (con gran rocosidad), fondos de valle, nacimientos y carreteras o terrenos asfaltados como se ha calculado en el apartado correspondiente del Anexo VIII.

Una buena evaluación de los estados erosivos de la cuenca es la aplicación de la ecuación de la U.S.L.E. (Universal Soil Loss Equation). Mediante esta podemos calcular la tasa de emisión de sedimentos de la cuenca en general. En la siguiente tabla se exponen los resultados por unidad y en general:



Tabla 9. Parámetros principales de la ecuación de la U.S.L.E. calculados en el Anexo VIII, por unidad de suelos. Tasas de emisión por unidad y emisión por superficie y total de la cuenca para un año tipo.

Suelos de la cuenca								
	K	R	L*S	C	P	A (t/ha año)	Sup (ha)	A (t/año)
Ranker con vegetación	0,275	134,10	5,28	0,140	1	27,26	21,12	575,73
Fondo de valle	0,285	134,10	5,28	0,085	1	17,15	1,55	26,59
Litosuelos	0,050	134,10	5,28	0,450	1	15,93	50,65	806,91
Nacimientos	0,267	134,10	5,28	0,011	1	2,08	12,63	26,26
Penillanura	0,300	134,10	5,28	0,360	1	76,47	73,99	5657,95
Carreteras	-	-	-	-	-	-	0,09	-
TOTAL							161,00	7093,44

Esta tasa total de sedimentos que se muestra en la tabla 9, caracteriza la cuenca como una zona en la que el aporte de sedimentos es importante debido a la desnudez del terreno y que justifica cualquier buena medida de control o reducción de emisión de sedimentos.

Además para estimar la escorrentía de la cuenca se ha aplicado el método del número de curva del Servicio Estadunidense de Conservación de Suelos (SCS), para las unidades anteriores, obteniendo:

Tabla 10. Unidades de suelos de la cuenca y su número de curva asociado, para cada superficie y finalmente total calculado ponderadamente.

Suelos de la cuenca			
	NC	Sup (ha)	%
Ranker con vegetación	77	21,12	13,12
Fondo de valle	71	1,55	0,96
Litosuelos	90	50,65	31,46
Nacimientos	71	12,63	7,84
Penillanura	86	73,99	45,96
Carreteras	95	0,09	0,06
Total		161	
	NC: 84,24		

Este número será importante a la hora de calcular caudales máximos que definirán el diseño de las obras proyectadas. Estos caudales máximos con diferentes periodos de retorno se han calculado tomando como referencia un aguacero máximo diario definido para cuenca, aplicando los siguientes métodos: Gumbel, DGC (Dirección General de Carreteras).



Tabla 11. Precipitaciones máximas diarias para periodos de retorno 50 y 100 años, según los diferentes métodos.

	$P_{max,d,T=50}$	$P_{max,d,T=100}$
Gumbel (Teórica)	111,06	124,42
Gumbel (Retorno 2.0)	115,42	129,61
DGC	107,86	122,10
LogPearson III	123,16	144,31
SQRT-ETmax	111,69	129,61
Media	113,84	130,01

A la vista de estos resultados, se decide tomar un para un periodo de retorno de 100 años, la precipitación máxima diaria calculada teóricamente mediante Gumbel, que nos resulta la más adecuada, cercana al valor de la media. Como se puede ver en la tabla 11, los valores no presentan grandes diferencias.

Así pues estamos en el momento óptimo de obtener los caudales en el punto de cierre de la cuenca. Para ello, se aplican dos procedimientos, uno el más teórico, aplicando la fórmula modificada de Témez y otro más elaborado, que consiste en la evaluación de la cuenca mediante el software HEC-HMS, basándose en el método del Hidrograma Unitario Triangular (HUT). Estos dos procedimientos quedan detallados en el Anexo VIII. Así se muestran los resultados en la siguiente tabla:

Tabla 12. Resumen de los caudales obtenidos por diferentes métodos para un periodo de retorno de 100 años.

Método	$Q_{max,T=100}$
Modificado de Témez	18,53 m ³ /s
HUT	-----
– Distribución general	16,80 m ³ /s
– Distribución centrada	17,40 m ³ /s
– Distribución general media	15,80 m ³ /s

Podemos apreciar que la diferencia no es significativa, y que el método modificado de Témez, es el que está a favor de la seguridad, por tanto el que deberemos tomar sin que lleve a excesivo sobredimensionamiento de las obras.

Por último aclarar que estos caudales están referidos a la sección de cierre de la cuenca, no ha donde se van a situar las obras, por ello habrá que especificar estos caudales y referirlos a los puntos concretos. Esto se verá en el apartado siguiente de esta misma memoria, Ingeniería del proyecto.

7. INGENIERÍA DEL PROYECTO: DISEÑO Y UBICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE CORRECCIÓN TRANSVERSAL.

Dado la situación erosiva y de funcionamiento hidrológico de la zona se propone el diseño de estructuras de corrección transversal como son los diques forestales. Como se expone en el Anexo IX. Cálculos para el diseño de las obras, el funcionamiento de estas obras cumple con la finalidad del proyecto.

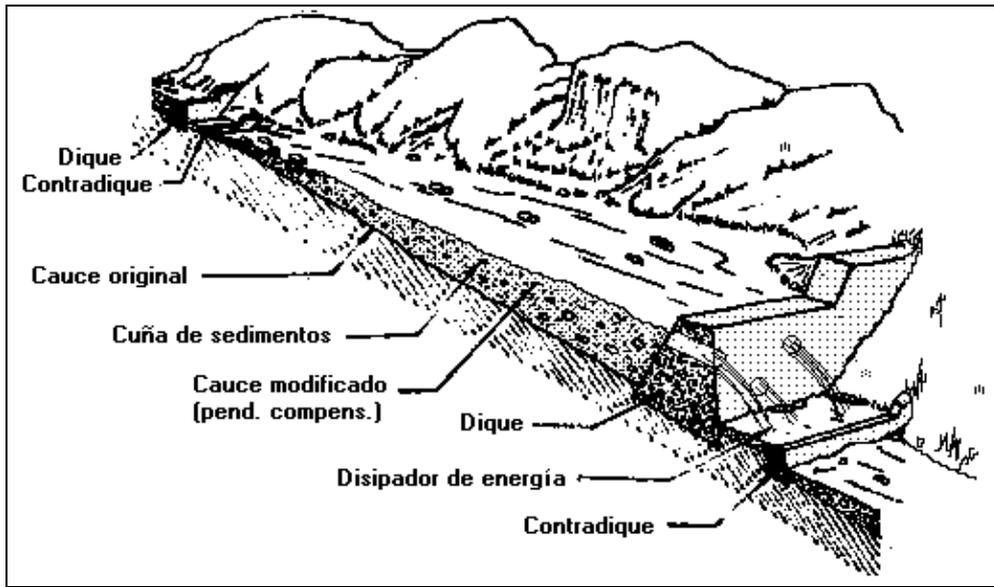


Figura 8. Esquema general del funcionamiento de dos diques forestales consecutivos con sus partes diferenciadas. Fuente: modificado de Suárez Villar (1993).

7.1. SITUACIÓN DIQUES

Son dos los diques que se plantean desde el principio, para ello se estudian en la zona secciones potencialmente óptimas. Aprovechando la morfología del terreno, se escogen en principio dos zonas cercanas por encima de la sección de cierre. Como se puede ver en el plano 7 "Localización de las secciones y detalle del terreno", estas son las S1p y S2.

A la hora de realizar las mediciones del terreno, se decidió establecer una sección inferior, S3, dada su accesibilidad y la morfología del tramo, dado su marcado encajonamiento entre rocas graníticas.

Se desestima por tanto, la sección S1p, por su alta pendiente, poca accesibilidad dado la espesura de la vegetación y su situación más alejada de la sección de cierre.

7.2. DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS.

7.2.1. FICHA TÉCNICA DIQUE Nº1.

- El dique nº1 se ubica en la correspondiente sección S2 en el plano 7. Para mayor detalle observar el plano 9 "Perfil sección 2. Dique nº 1".



Figura 9. Vista de la sección 2 desde aguas abajo, en la que destaca la espesura de la vegetación en el cauce. Fuente: Propia.

- Aguas arriba de la sección la pendiente es alta, en torno al 13,71 % (I), más o menos cercana a la media del curso, pero nos encontramos que a más de 50 m estos valores se disparan hasta al 15-16%. Es una sección que viene marcada por las altas pendientes por las que discurre el arroyo de los Santos. Esta sección está estratégicamente situada al disminuir las pendientes y encontrar una zona con suficiente amplitud para que el almacenamiento sea relevante y sus efectos de retenida y consolidación.
- Uno de los objetivos es reducir la pendiente inicial en ese tramo de pendientes cercanas al 13,71 %. Esto condiciona la altura del dique. Según estimaciones, la pendiente de compensación final deberá tomar valores en torno a 0,5*I-0,7*I. Siguiendo esta estimación y tomando un valor medio (0,6*I), $I_c = 8,22\%$. Finalmente se tomará 8 %. Así la altura del dique seguirá la siguiente expresión:

$$H = d(I - I_c) + a$$

Donde:

H= altura útil dique (m)

d = distancia a la que está referida la pendiente y el aterramiento (m)

I = pendiente original (m)

a = aterramiento (m/m)

Con un aterramiento de 2,5 m a los 43,75 m de la sección aguas arriba, tenemos que la altura de diseño H, será de 5m.

No se ha querido dotar de mayor altura al dique dado que supondría un incremento mayor en el presupuesto y un mayor impacto visible en la zona.

- La sección del dique es trapezoidal, de paramento anterior vertical y posterior inclinado. Las medidas de la obra se detallan en el plano 11 "Dique nº1".



- La vida útil de la obra se estima que sean 100 años, por tanto los caudales de diseño serán los relativos a ese periodo.
- El cuerpo del dique se proyecta en hormigón ciclópeo. Este tipo de hormigón aprovecha la abundante roca granítica en la zona suponiendo un menor impacto visual y menor costo en materiales. Es visible el impacto visual desde algunos puntos de la carretera situada a sección de cierre, por tanto importante esta consideración. Además se propone un revestimiento de 20 cm de profundidad de mampostería hidráulica granítica. Así se intenta una integración en el entorno, aunque ello suponga un incremento de costos.
- El cuerpo del dique continúa con un dissipador de energía cuya función es disminuir el potencial erosivo de las aguas que vuelven al cauce tras atravesar el dique. Sus dimensiones se detallarán en los siguientes puntos.
- Se aprovecharán los bolos de piedra sobrantes de la obra, para situarlos aguas abajo en los laterales del dissipador de energía, evitando un posible socavamiento del terreno y minimizando su impacto.
- Se estima una rápida colmatación dado experiencias en la zona con otros diques ya colmatados de semejantes características. Aproximadamente 30-40 años para colmatación completa, siendo más probable el valor inferior dado el estado erosivo de la cuenca, (uno de los mayores en la zona).
- El caudal de diseño es distinto al que se ha venido calculando para la sección de cierre en el apartado de hidrología forestal. Aceptando que el método de modificado de Témez es el que más se adapta a la realidad de la cuenca, y que la superficie de influencia es menor para esta sección (1,45 km²), la expresión sería la siguiente:

$$Q_{max,T=100} = \frac{C * S * I_{T100}}{3} = \frac{0,4 * 1,45 * 86,34}{3} = 16,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por tanto 16,7 m³/s será el caudal de diseño del dique para un periodo de retorno de 100 años.

Por la zona en la que se ubica, es muy probable que se requieran labores de desbroce previas a la obra.

- La cimentación para el dique nº1 consistirá en una zapata de medidas determinadas en el Anexo IX. Aunque no es necesario dotar de zapata según la hipótesis nº1, es un factor que juega a favor de la seguridad y por tanto se calculan sus condiciones de estabilidad en el dicho apartado verificando su cumplimiento.
- Dado que a la salida del dique, se produce un resalto hidráulico, es importante considerarlo, dotándolo de un cuenco de amortiguación. Este cuenco de amortiguación está justificado según los datos obtenidos en el Anexo IX. También en dicho anexo se justifican sus dimensiones. Como aproximación podemos ver el aspecto que tendrá junto con el dique en las figuras 10 y 11.
- Otros puntos como los mechinales del dique, las juntas de dilatación y las pistas de acceso al lugar de la obra, se detallan en el Anexo IX, dado que no se han considerado de relevancia suficiente para su aparición en este documento.



7.2.2. ELECCIÓN HIPÓTESIS DE CÁLCULO

Aunque ya se ha anticipado un poco se elige la hipótesis de cálculo nº1. Es la más sencilla. Como se argumenta en el Anexo IX, es suficiente y cumple todos los requisitos dado el emplazamiento antes explicado.

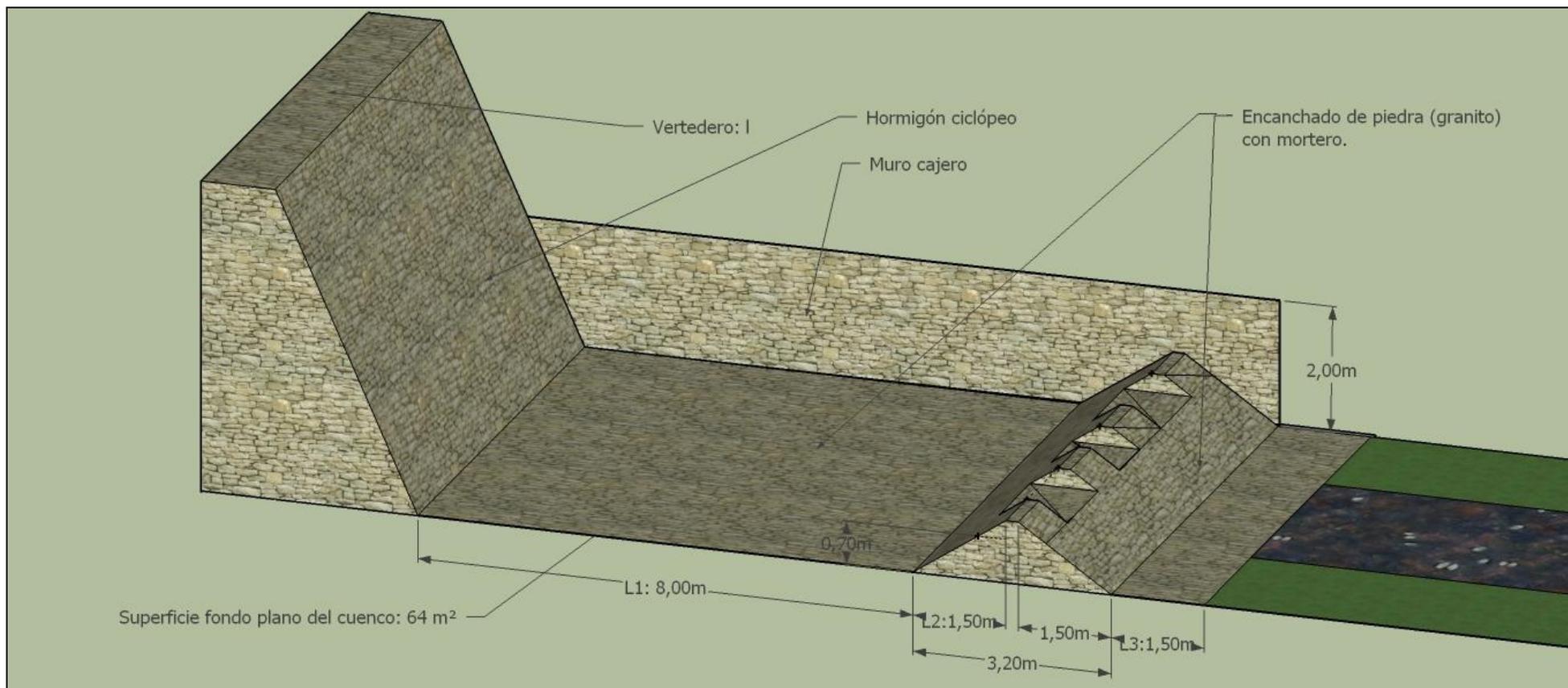


Figura 10. Croquis en 3D del cuenco amortiguador con contradique dentado y uno de los muros cajeros en un lateral. Fuente: Elaboración propia.

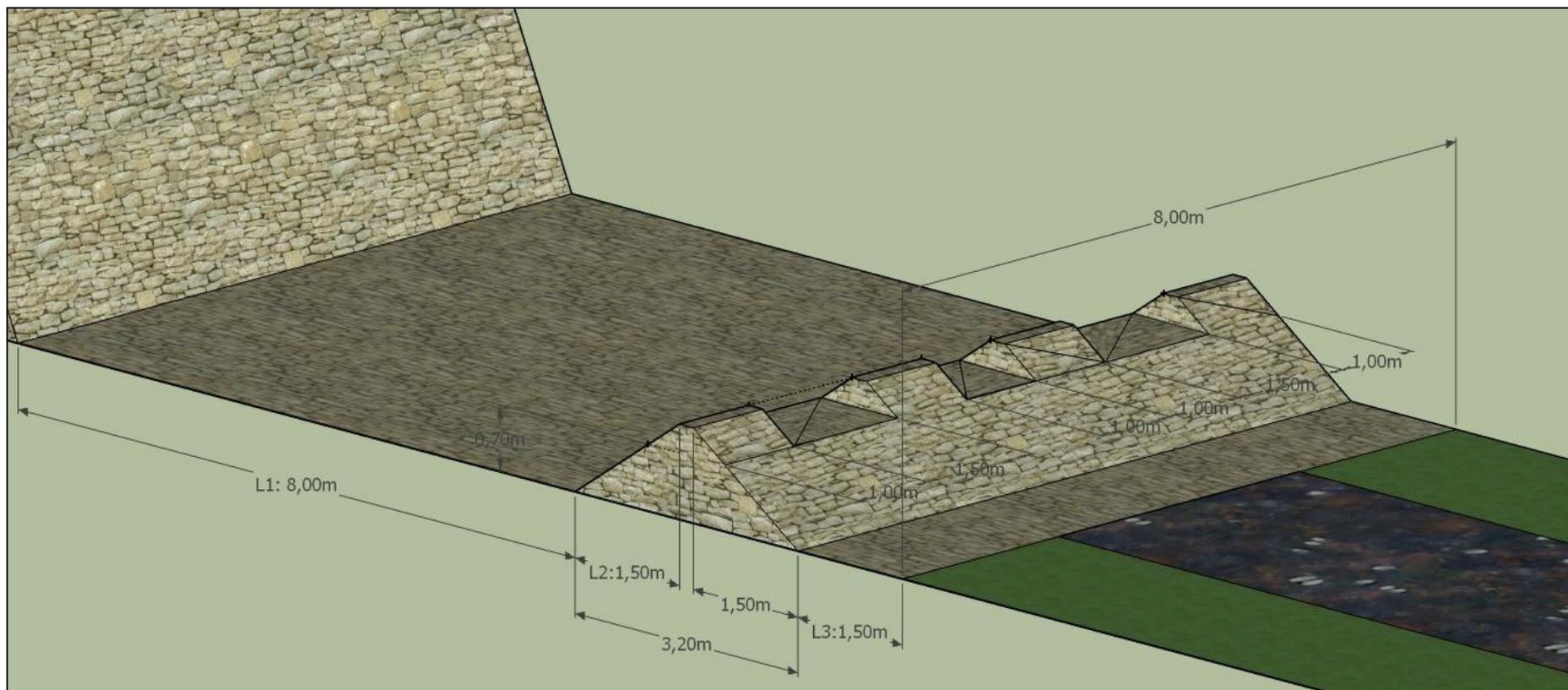


Figura 11. Croquis detalle del contradique con las medidas propuestas. Fuente: Elaboración propia.



De manera resumida queda el diseño del dique nº1, para cualquier detalle y justificación tanto de materiales, de ubicaciones y diseño véase el Anexo IX.

Nótese que el presente documento es un mero resumen de los procedimientos y decisiones tomadas para el diseño de la obra, tanto del dique nº1 como el dique nº2.

Así tendremos de manera resumida los siguientes parámetros de diseño relevantes para el dique nº1:

7.2.3. RESUMEN CÁLCULOS. DIQUE Nº 1:

CAUCE: ARROYO DE LOS SANTOS

MATERIAL: HORMIGÓN CICLÓPEO CON REVESTIMIENTO DE MAMPOSTERÍA GRANÍTICA

HIPÓTESIS DE CÁLCULO: HIPÓTESIS Nº1.

GEOMETRÍA

Tabla 13. Dimensiones relevantes de la geometría del dique nº1.

Altura útil	5 m
Espesor de la base	3,5 m
Espesor en coronación	1,2 m
Altura del vertedero	1,5 m
Longitud del vertedero	8 m
Desnivel base del dique. Primera línea de mechinales	1 m
Volumen por unidad de ancho (dique)	11,75 m ²
Longitud de zapata	5,5 m
Profundidad de la cimentación	1,5 m
Talón de la zapata	1 m.
Volumen por unidad de ancho (zapata)	8,25 m ²



ESTÁTICA

Tabla 14. Parámetros relevantes de la estática del dique nº1.

Peso específico de la fábrica	2300 kp/m ³
Coefficiente de rozamiento interno de la obra	0,75
Coef. De rozamiento entre los cimientos y el terreno	0,60
Tensión máxima sobre el terreno de fundación	1,35 kp/cm ²

FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO

Tabla 15. Parámetros relevantes del dique nº1 en el funcionamiento hidráulico.

Peso del agua con sedimentos	1200 kp/m ³
Caudal de cálculo	16,7 m ³ /s
Carga de vertido	1,14 m
Calado crítico	0,76 m
Resguardo para el caudal de cálculo	3,5 *10 ⁻¹ m
Capacidad máxima de vertido	25,06 m ³ /s
Alcance de la lámina	2,85 m

**RESALTO HIDRÁULICO**

Tabla 16. Parámetros relevantes del resalto hidráulico y del cuenco amortiguador.

Calado a pie de dique (Régimen rápido)	0,24 m
Calado conjugado (Régimen lento)	1,80 m
Número de Froude	5,64
Pérdida de carga singular	2,2 m
Longitud del resalto	8 m
Anchura del resalto	8 m
Altura de los muros cajeros	2 m
Profundidad del cuenco	0,70 m
Longitud de proyección de la contraescarpa	1,5 m
Longitud de protección del cauce al final de la contraescarpa	1,5 m

7.2.4. FICHA TÉCNICA DIQUE Nº2

- El dique nº 2 se ubica en la sección S3 que se detalla en el plano 10.
- Esta sección es mucho más cerrada que la del dique nº1. Caracterizada por dos grandes masas de piedra granítica en los extremos de la sección. Esto ha sido un motivo determinante para establecer el dique en esta localización. Además el fondo del arroyo es totalmente accesible desde la carretera y este discurre por un fondo donde aflora la roca madre. Así se quiere evitar los posibles riesgos de sifonamiento de la obra.

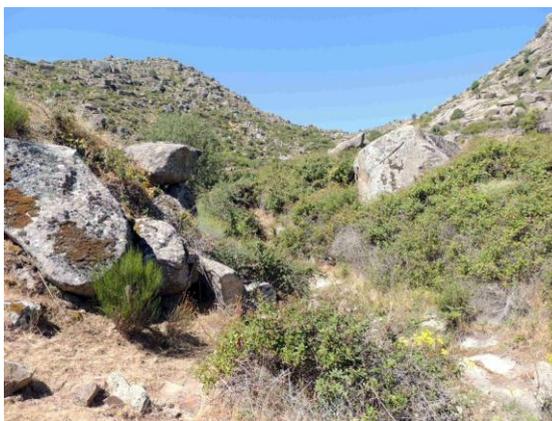


Figura 12. Sección S3 donde se localiza el dique nº2. Nótese las masas de granito laterals y el encajonamiento.
Fuente: Propia.



- Este dique tiene bastante similitudes con el dique nº1. Se proyectará también en hormigón ciclópeo y su altura útil será de 3,5 m. Esto es debido a que por su sección más pequeña y la morfología del terreno será de dimensiones menores.
- Además la sección elegida es poco visible desde la cercana carretera, tanto en un sentido como en otro, por tanto el impacto visual se ve reducido de gran manera.
- Estableciendo una altura útil de 3,5 m, se consigue que la pendiente original del 10,61 % se reduzca al 6,33 % con un aterramiento a los 46,8 m aguas arriba de 2 m. Con lo cual este valor está en el por debajo del extremo inferior del recomendado para una pendiente de compensación futura (0,5*1-0,7*1; 5,3 %-7,42 %). Esto se justifica también, dado que con esta altura no es visible el dique y el tamaño de obra sigue siendo mínimo dada la situación.
- Al considerar el caudal de diseño para el dique nº2, se tiene en cuenta lo siguiente:
 - La distancia entre el dique nº1 y el dique nº2 es de 121,28 m.
 - Esta distancia no se considera importante a la hora de nuevos aportes por parte de la cuenca al arroyo.
 - El caudal de salida en el caso más desfavorable (dique lleno) para el dique nº1, será el caudal de diseño del dique nº2.
- La cimentación para el dique nº2 se parecerá al dique nº1 pero con las medidas y cálculos que se detallan en el Anexo IX y en las tablas de resumen de cálculos que seguidamente se exponen.
- Dado que también se produce un resalto hidráulico, se diseña un cuenco amortiguador conforme a los parámetros definidores y de aspecto similar a las figuras 10 y 11.
- Otros puntos como los mechinales del dique, las juntas de dilatación y las pistas de acceso son similares al dique nº1 y se detallan en el Anexo IX.
- Para el cálculo del caudal de salida y de diseño del dique nº2 se ha argumentado en el Anexo IX el procedimiento mediante el software de simulación HEC-HMS tomando datos en campo (levantamiento topográfico) e introduciendo parámetros definidos en este documento.

Al igual que para el dique nº1, se exponen seguidamente el resumen de los cálculos con los parámetros más relevantes del diseño.

7.2.5. RESUMEN CÁLCULOS. DIQUE Nº 2:

CAUCE: ARROYO DE LOS SANTOS

MATERIAL: HORMIGÓN CICLÓPEO CON REVESTIMIENTO DE MAMPOSTERÍA HIDRAÚLICA.

HIPÓTESIS DE CÁLCULO: HIPÓTESIS Nº1.



GEOMETRÍA

Tabla 17. Dimensiones relevantes de la geometría del dique nº2..

Altura útil	3,5 m
Espesor de la base	3 m
Espesor en coronación	1 m
Altura del vertedero	1,2 m
Longitud vertedero	7,5 m
Desnivel base del dique. Primera línea de mechinales	1 m
Volumen por unidad de ancho (dique)	7 m ²
Longitud de zapata	4 m
Profundidad de la cimentación	0,5 m
Talón	0,5 m
Volumen por unidad de ancho (zapata)	2 m ²

ESTÁTICA

Tabla 18. Parámetros relevantes de la estática el dique nº2.

Peso específico de la fábrica	2300 kp/m ³
Coefficiente de rozamiento interno de la obra	0,75
Coef. De rozamiento entre los cimientos y el terreno	0,60
Tensión máxima sobre el terreno de fundación	1,35 kp/cm ²

**FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO**

Tabla 19. Parámetros relevantes del dique nº2 en el funcionamiento hidráulico.

Peso del agua con sedimentos	1200 kp/m ³
Caudal de cálculo	15,4 m ³ /s
Calado crítico	0,75 m
Carga de vertido	1,13 m
Resguardo para el caudal de cálculo	7 *10 ⁻² m
Capacidad máxima de vertido	16,8 m ³ /s
Alcance de la lámina	2,42 m

RESALTO HIDRÁULICO

Tabla 20. Parámetros relevantes del resalto hidráulico y del cuenco amortiguador.

Calado a pie de dique (Régimen rápido)	0,28 m
Calado conjugado (Régimen lento)	1,61 m
Número de Froude	4,53
Pérdida de carga singular	1,39 m
Longitud del resalto	6,65 m → 7 m
Anchura del resalto	7,5 m
Altura de los muros cajeros	1,79 m → 2 m
Profundidad del cuenco	0,48 m → 0,50 m
Longitud de proyección de la contraescarpa	1,5 m
Longitud de protección del cauce al final de la contraescarpa	1,5 m



8. PROGRAMA DE EJECUCIÓN Y PUESTA EN OBRA.

8.1. INTRODUCCIÓN

El programa de ejecución y puesta en marcha se planifica de acuerdo a numerosos criterios. Uno de ellos, el principal, se debe a la estimación y determinación del cual va a ser el periodo más favorable para la ejecución de las obras. Al tratarse de una obra en un entorno natural, se ve condicionada por los factores meteorológicos de la zona. Además se debe tener en cuenta el impacto que generará sobre la fauna y que se determina en la evaluación de impacto ambiental (Anexo XI de la Memoria). El periodo durante el cual se van a realizar las obras influirá de manera significativa en los seres vivos presentes. Así no es lo mismo realizar unas obras en el entorno cuando por ejemplo las aves se encuentran en periodo de reproducción suponiendo un estrés extra para ellas, como planificar las obras en otros periodos más favorables.

Por último, se debe tener en cuenta que desde la publicación de este documento hasta su ejecución debe haber un tiempo determinado y suficiente para la obtención de permisos y licencias así como la comunicación a la administración, contratación con los contratistas, etc.

8.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROGRAMA

La justificación del programa se va a basar en varios factores:

- Técnicos.

Al tratarse una obra a realizar en el cauce de un curso fluvial es importante conocer los periodos de máximo caudal. Se evitará por tanto los periodos en los que se concentra la precipitación en la zona, y por tanto en los que hay un caudal relevante. Así se descarta el otoño de 2014 y primavera 2015.

Además hay que tener en cuenta que la zona se encuentra sometida a temperaturas bajas en invierno, que dificultan la realización de la obra y pueden encarecerla. Así se descarta el invierno de 2015.

Por tanto, finalmente, se postula en principio como fecha de inicio el verano de 2015.

- Administrativos.

La tramitación de las licencias de obras y otros permisos conllevan tiempo. Por eso se descarta el principio inmediato de las obras en lo que queda de año 2014.

- Naturales.

Al encontrarse la cuenca en una zona LIC y ZEPA, es importante considerar este factor para la ejecución de las obras. Dentro de este se valorarán los siguientes puntos, más afectados por la construcción:

- **Flora:** Es uno de los puntos menos afectados del apartado natural, aún así hay efectos significativos dependiendo de la época. Por su relación con la fauna, es importante considerar los periodos de fructificación.



- **Fauna:** Un obra en un espacio natural debe de tener en cuenta la fauna presente en la zona, y más si cabe si se dan especies protegidas o singulares. Se evitarán los periodos en los que la fauna se encuentre en periodo de cría, en primavera principalmente. Como el alimento se trata de un factor limitante para la fauna, se programará la obra en periodos en los que la abundancia de este factor sea grande. Esto coincide con el verano, pudiendo esta fauna buscar otras alternativas si sus fuentes se ven afectadas.
- **Cursos de agua:** Debido a que se trata de una actuación hidrológica, es importante considerar el agua no solo desde el punto de vista técnico, sino también el natural. La importancia del agua en un área cuyos recursos hídricos son limitados es de gran relevancia para el medio natural. Así se descartan periodos en los que los cursos fluviales puedan ser relevantes y dificulten las obras así como se puedan producir deterioros en la calidad del agua. Durante el verano, la mayoría de estos cursos se secan facilitando la ejecución de las obras minimizando el impacto.

Finalmente se elige el verano de 2015, como inicio de las obras, en concreto finales de junio, evitando los posibles caudales que discurran durante ese mes de manera relevante.

8.3. RELACIÓN DE ACTIVIDADES.

A continuación se enumerarán las actividades a realizar en la obra según lo establecido en la partida presupuestaria. Agrupado por grupos:

1. Preparación de la obra (29 junio-1 julio 2015)
 - a. Mediciones.
 - b. Replanteo.
 - c. Señalización.
 - d. Recepción de materiales.
 - e. Instalación de las instalaciones.
2. Acondicionamiento del terreno. (1 julio-10 julio)
 - a. Desbroce y limpieza del terreno con máquina.
 - b. Retirada capa vegetal.
 - c. Limpieza y tala de árboles y arbustos.
 - d. Excavación de zanjas.
3. Cimentación. (13 julio-24 julio)
4. Muros diques. (20 julio-14 agosto)
5. Soleras y cuencos de amortiguación. (7 agosto-17 agosto)
6. Acabados. (11 agosto- 25 agosto)
 - a. Revestimiento con mampostería.



7. Protecciones. (24 agosto- 27 agosto)
8. Gestión de residuos. (26 agosto -28 agosto)
9. Restauración ambiental. (27 agosto-2 septiembre)
 - a. Extensión capa vegetal.
10. Revisión de la obra. (31 agosto- 4 septiembre)
11. Preparación de posibles desperfectos. (2 septiembre-11 septiembre)

La duración total del obra es de dos meses y medio, según una jornada laboral media con turno de mañana y tarde e incluyendo festivos y fines de semana como días no laborables.

Así se representa en el siguiente diagrama de Gantt:



9. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Es un hecho que en la zona los diques que se proyectaron en los años 50 aproximadamente, tuvieron una repercusión importante en la hidrología de la comarca. Esto contribuyó a una mejora de regulación de caudales y sedimentos. Pero como demuestran los estados actuales, no ha sido suficiente. Es por tanto, una labor continuada que se debe mantener.

Las obras que se proyectan en este documento, deben de ser continuadas a lo largo del tiempo con una planificación correcta del territorio, y si fuese necesario con medidas de mejora de los suelos de la cuenca. Un ejemplo podría ser plantear una repoblación forestal que tan buena puntuación ha obtenido en la Evaluación de Impacto Ambiental (Anexo XI). Esta actuación excede de los límites de este proyecto, pero a lo largo de él se ha ensalzado la importancia que tiene la vegetación como regulador hidrológico en una zona de riesgo de desertificación.

Durante el proceso de elaboración de este proyecto, se han ido condicionando las obras y medidas conforme supongan un mínimo impacto en la zona. Es clave para un proyecto que se ubique en el medio natural. Se debe de adecuar los materiales, las ubicaciones, las actividades de obra y la programación a los numerosos factores que se encuentran presentes en el medio natural. Además es de relevancia considerar el impacto a los seres humanos, directamente como indirectamente.

En cuanto al coste del proyecto, el presupuesto asciende a 528.274, 86 €. Es un presupuesto alto, pero si tenemos en cuenta los beneficios que genera la actuación podemos de decir que es el adecuado. Estos beneficios se pueden evaluar económicamente cuantificando los efectos que un episodio torrencial como el de 1999. Así considerando las pérdidas de bienes (ganado, estructuras, casas, naves), infraestructuras comunes (puentes, carreteras), culturales (daño al patrimonio o su posible destrucción); el total asciende a una cuantía muy superior al presupuesto. Además el incuantificable daño a las personas, así como la desastrosa pérdida de vidas humanas.

En definitiva, se ha querido evaluar los procesos presentes en la cuenca descrita y realizar una propuesta correcta y adecuada al entorno, que suponga unos beneficios tanto para los seres humanos como para el medio natural.

Ávila, 24 de agosto de 2014

Álvaro Jiménez González

Grado en Ing. Forestal y del Medio Natural

Anexo I. Análisis histórico de la hidrología

Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de Los Santos, Herradón (Ávila).

Álvaro Jiménez González



1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Desde la aparición del ser humano en la península ibérica, ha originado numerosas modificaciones en el medio natural. Desde las primitivas agriculturas y ganaderías, hasta la actualidad, se ha ido conformando un paisaje en el que la mano del hombre es clara e incluso necesaria a objeto de mantenerlo. En la provincia de Ávila, la relación con la agricultura y sobretudo la ganadería han marcado las pautas para el resultado actual, tanto para bien como para mal. Es por tanto, fundamental e imprescindible entender que hechos históricos han afectado al paisaje forestal. A señalar de importancia los siguientes:

- El carácter de frontera de Ávila y su alfoz entre los siglos XI y XIV.
- El poder de la Mesta entre los siglos XIII y XVI.
- El paso de la población al mundo rural entre los siglos XVI y XVIII.
- La amortización civil y eclesiástica de los siglos XVIII y XIX.
- El abandono y éxodo rural del siglo XX y XXI.

El carácter de frontera condicionó fuertemente la forma y densidad de los asentamientos de población que tendieron a permanecer integrados prácticamente en el interior de los montes arbolados preexistentes con la mínima alteración posible de éstos. Esto dio lugar a una estructura de las masas forestales muy característica de la franja entre el Duero y el Tajo, especialmente en los pinares de la meseta. Cuando esta franja dejó de ser frontera, la roturación para el cultivo aumentó en detrimento de las masas arboladas.

La Mesta, organización de ganaderos, tuvo su época de esplendor en detrimento de la agricultura y de los montes arbolados, por tres razones principales: el elevado interés de la producción y obraje de la lana de oveja merina y su importante repercusión fiscal, la instrumentación del cobro efectivo de los derechos por los pastos del ganado trashumante por terrenos comunales, y la vinculación de las ganaderías a determinadas Órdenes Militares que apoyaban a la Corona de Castilla. Los litigios de la Mesta con los agricultores eran continuos y normalmente se resolvía a favor de los ganaderos. Durante su periodo de esplendor, además de consolidarse las principales vías pecuarias de trashumancia de los ganaderos desde los pastos de verano hacia los pastos de invierno, se conformó un tipo especial de montes arbolados, principalmente de encinas, de estructura hueca, la Dehesa. La Mesta es asimismo responsable de la transformación de muchos encinares espesos en chaparrales huecos, ya que estos eran mucho más ventajosos que los primeros para producir pasto para el ganado. En el área de estudio se comprueba claramente esta influencia, ya sea por su nombre “Dehesa Boyal” como por la presencia de casi un 50% de la superficie dedicada a pasto y de encinares claros salpicados por el monte, siendo de especial reseña la ubicación de la Cañada Real Leonesa oriental a escasos kilómetros. Otro hecho a tener en cuenta es que incluso la toponimia de los parajes e incluso poblaciones cercanas como La Cañada, muestran este pasado ganadero.

La decadencia que se produjo entre finales del siglo XVI y XVIII, ocasionada por múltiples razones, desencadena una profunda crisis comercial e industrial debido a la falta de competitividad de los productos en los mercados extranjeros, lo que produce una gran despoblación y la vuelta al mundo rural de la población activa, que se dedicó principalmente a actividades agropecuarias. Esto originó más roturaciones y la consolidación de muchas pequeñas ganaderías.



Las sucesivas políticas desamortizadoras de los siglos XVIII y XIX no parecen haber tenido apenas influencia en la estructura de los montes arbolados abulenses, al contrario de lo que sucedió en otras regiones de España.

Desde finales del siglo XIX hasta el momento actual, cabe destacar:

- Con la creación del cuerpo de Ingenieros de Montes en 1846, se instaura en España, una nueva tendencia tecnificada a la conservación, protección y manejo de las masas forestales y en definitiva del terreno español. Una muestra perfecta de ello son los primeros montes de España se sitúan en las proximidades de la zona de actuación como son “El Quintanar” y el “Valle de Iruelas”. De señalar que este primero sirvió como base para los numerosos proyectores ordenadores del territorio español con su culminación en 1880, con la publicación de “*Proyecto de Ordenación del Monte El Quintanar*” de CASTEL, C.
- La creación del Catálogo de Montes de Utilidad Pública. Es entonces cuando el monte se incorpora a dicho catálogo con el número 69 denominado “Dehesa Boyal”, un 23 de septiembre de 1943, con objeto de llevarse a cabo la repoblación de la cuenca alta del río Gaznata, comenzando éstas un año después, sólo pudiéndose realizar una décima parte del proyecto. En el año 1963 se firma el actual consorcio vigente con la Comunidad Autónoma con el número de elenco AV- 3002. Durante los años 1968, 1973,1976, 1979 y 1981 se realizaron más repoblaciones. En la actualidad se puede observar elementos que nos recuerdan el pasado, no tan lejano de estas actuaciones hidrológicas forestales. Es el caso de los numerosos diques colmatados, la mayoría de ellos que se encuentran en la zona y que con tanto esfuerzo y dedicación fueron ejecutados.



Figura 1. Uno de los diques presentes en la zona. En este caso está situado aguas abajo de la sección de cierre definida, en el cauce del arroyo de Los Santos. Fuente: Propia.

- Un nuevo hecho a incluir en la actualidad, como en toda la península, es la probabilidad de incendios forestales. Este riesgo no es nuevo en las masas mediterráneas, al contrario, estas están adaptadas a la presencia de él. Pero los incendios actuales tienen diferentes aspectos. Son incendios de gran extensión, de gran intensidad y que en ocasiones pueden afectar a núcleos urbanos como los incendios de interfaz. El motivo principal de que sean más peligrosos es esta gran intensidad, ocasionada por la acumulación del combustible en las masas forestales, motivada a su vez por el abandono del medio rural. Según se puede ver en el siguiente gráfico, el número de incendio según estadísticas del MAGRAMA para el decenio 2001-2010, es de alrededor de 20-50 incendios.

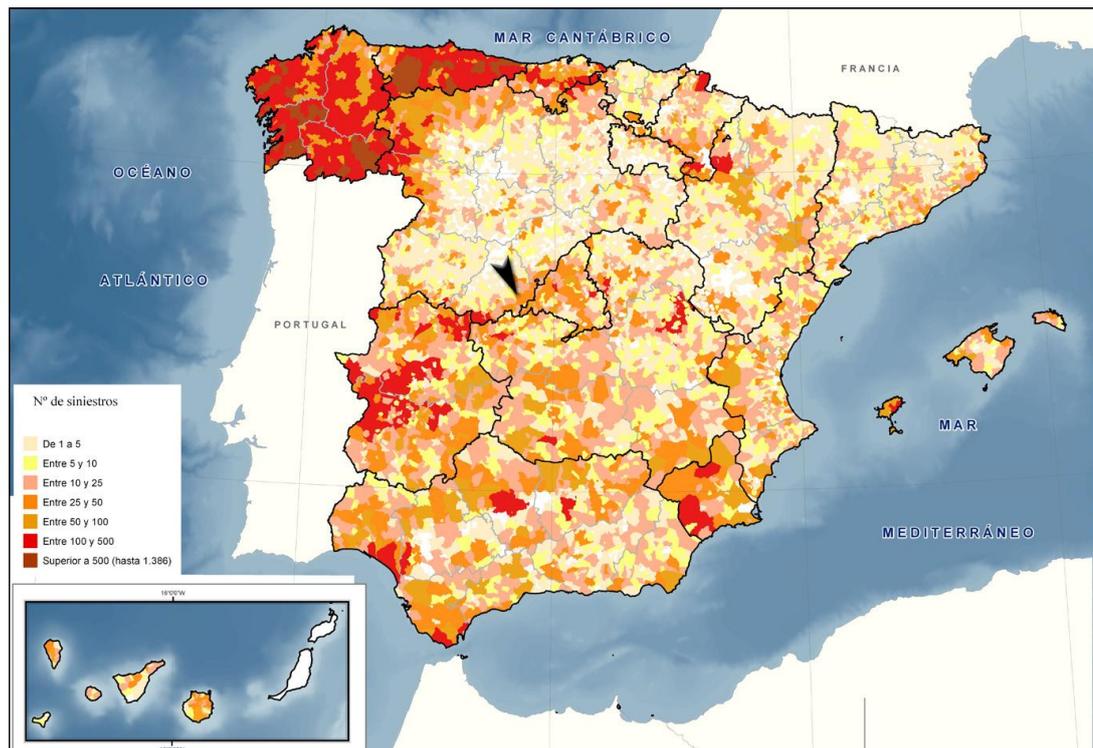


Figura 2. Número de siniestros por término municipal, 2001-2010. Fuente: VV.AA. “Los incendio forestales en España. Decenio 2001-2010”. MAGRAMA. La zona de actuación está señalada con una flecha negra.

- A parte de los incendios, el monte se ve afectado por los problemas existentes sobre la propiedad, ya que no está ni deslindado ni amojonado y presenta numerosos enclavados y usurpaciones de la propiedad, así como los supuestos derechos vecinales de pastos, estando la zona muy castigada por el ganado vacuno y caballar que pasta libremente.
- Actualmente el monte “Dehesa Boyal” pertenece al término municipal de El Herradón con la calificación de propios y está consorciado con la comunidad autónoma de Castilla y León. Comprende una superficie de 5.338 hectáreas siendo 3.232 de utilidad pública. 2.980 hectáreas se clasifican como superficie forestal y 122 de éstas a superficie arbolada de pinar, procedente de las repoblaciones anteriormente citadas. Hay que hacer notar la práctica desaparición de importantes masas de rebollo (*Quercus pyrenaica*) que se incluían en el catálogo en el siglo XIX. Dentro de este monte se incluye nuestra cuenca de actuación que será posteriormente situada con mayor precisión.

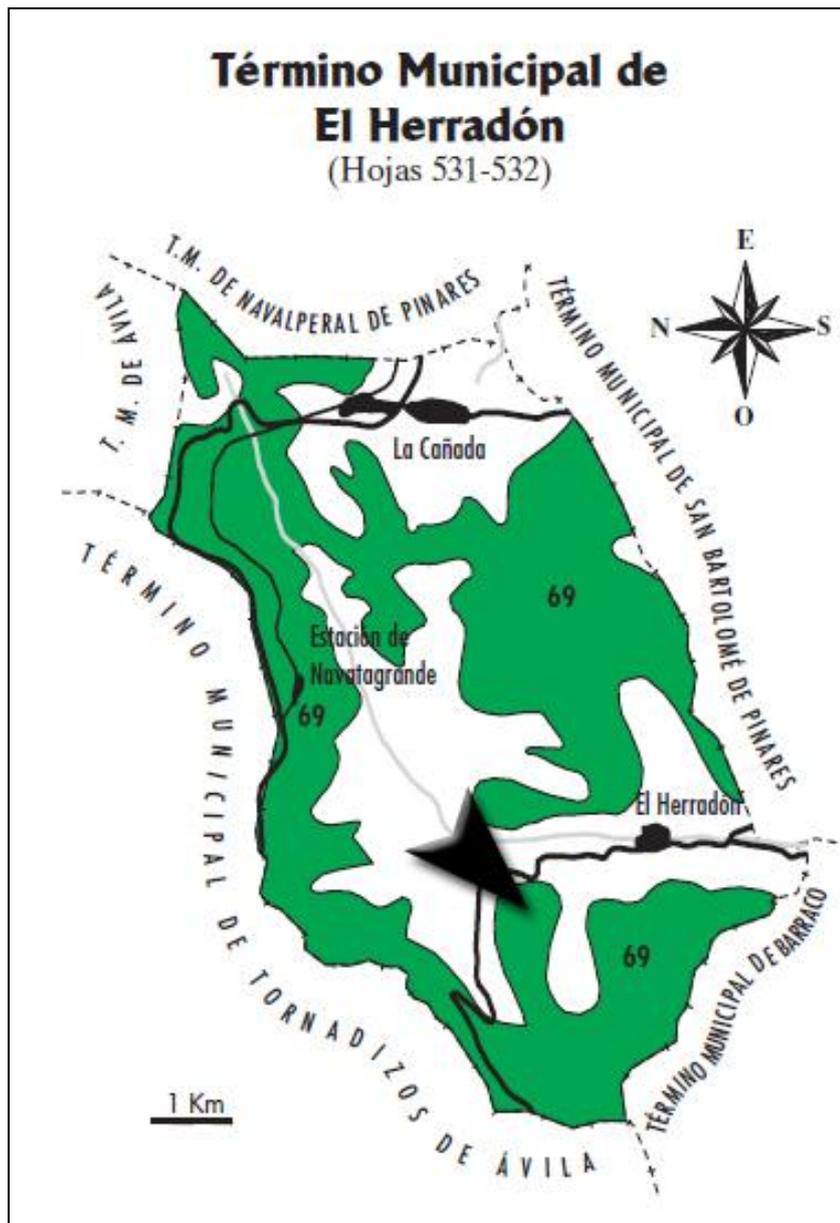


Figura 3. Mapa del monte de utilidad pública "Dehesa Boyal", en el término municipal del Herradón de Pinares. Fuente: Junta de Catilla y León (2001).

Si se tiene en cuenta el historial del monte y se relaciona con datos climatológicos, precipitaciones no muy grandes pero de tipo tormentoso; características del relieve, muy accidentado con laderas de fuertes pendiente; y el estado de la vegetación, muy escasa y en malas condiciones, se puede llegar a entender los fuertes fenómenos de erosión que presenta la cuenca. Un hecho a destacar sería el episodio ocurrido en 1999, en la localidad del Herradón y que a continuación se describe:

1.1. RIADA 1999

Durante la tarde-noche del miércoles 1 de Septiembre de 1999 se produjeron intensas precipitaciones de carácter tormentoso en las estribaciones montañosas del sector de transición entre las sierras de Guadarrama y Gredos que afectaron a diversas poblaciones del sureste de la provincia de Ávila.



A consecuencia de estas precipitaciones, varios arroyos de la zona sufrieron avenidas repentinas que aguas abajo produjeron importantes daños humanos y materiales.

Uno de los peores sucesos se registró en el arroyo de la Gaznata (Cuenca del Tajo), el cual atraviesa la localidad del Herradón. Se produjeron una serie de daños que a continuación se pasa a enumerar:

- 4 personas heridas que tuvieron que ser atendidos por contusiones diversas.
- Desmoronamiento de 200 m. del terraplén del ferrocarril Villalba – Ávila, entre los puntos kilométricos 99 y 100. (arroyo de Majada Honda). Ver figura 4.
- Destrucción, anegamiento y aterramiento por parte del arroyo de la Gaznata de numerosas viviendas (30 aprox.) y fincas rústicas en el casco urbano.
- Desmantelamiento de tres puentes, calles y viales en el núcleo urbano.
- Daños en las redes de abastecimiento, saneamiento, suministro eléctrico y comunicaciones
- Arrastre y destrozos en una veintena de vehículos particulares.
- Destrucción de granjas e instalaciones ganaderas con el arrastre y muerte de más de 300 cabezas de ganado bovino.
- Destrucción del puente de los Tres Ojos, en la carretera local AV-503 sobre el arroyo de la Gaznata (entre PKs 112 y 124)
- Destrucción y aterramiento de pequeñas explotaciones hortícolas (patatas, pimientos, cebollas...) de la margen del arroyo de la Gaznata.
- Destrucción en diversos puntos del firme, cunetas y drenaje transversal del camino agrícola entre La Cañada y El Herradón.
- Colmatación y aterramiento del sector de desembocadura del arroyo de la Gaznata al embalse de El Burguillo como consecuencia del depósito de restos arrastrados: la naturaleza fundamentalmente orgánica de los flotantes conllevó una incipiente eutrofización de las aguas que precisó el rápido dragado de este sector.

1.1.1. CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS DEL EPISODIO.

Para analizar este episodio ocurrido en 1999, nos hemos basado en la memoria presentada para optar al doctorado de Andrés Díez Herrero, "*Geomorfología e hidrología fluvial del río Alberche. Modelos y S.I.G. para la gestión de riberas*" (2001), bajo la dirección de D. Javier de Pedraza Gilsanz (Universidad Complutense de Madrid).

Este episodio afectó de manera seria al municipio de El Herradón, pero el desbordamiento del arroyo de La Gaznata, fue el resultado de numerosos factores que también afectaron al resto de la provincia de Ávila (en concreto los meteorológicos), pero que tuvieron especial incidencia en la cuenca de La Gaznata. Dentro de esta se encuentra la zona de actuación definida posteriormente y por lo tanto imprescindible y relacionada.

Según este estudio, durante la tarde del citado día, un centro de bajas presiones relativas (1008 hPa) se sitúa sobre el Sahara y el Atlas. Otro centro, este de altas presiones (1024 hPa), se sitúa sobre las islas Azores e intercala una cuña anticiclónica que ocupa el golfo de Vizcaya y Centroeuropa.



El centro peninsular estuvo afectado durante buena parte del día 1 de Septiembre por una baja presión desprendida, debida al estrangulamiento de una isobara desde la vaguada de elongación sahariana, dando lugar a un embalsamiento de aire frío en altitud.

La situación acontecida se asemejaría a una típica gota fría pero sin llegar a serlo exactamente.

La situación de baja presión se asocia con inestabilidad atmosférica que se relaciona con el desarrollo de una zona de confluencia de pequeñas masas de aire relativamente cálido y húmedo (procedente de la costa) en el centro-oeste peninsular. Estas condiciones favorecen la formación de movimientos convectivos ascendentes de este aire en el seno de la baja desprendida, con un importante gradiente térmico.

Se generan Sistemas Convectivos a Mesoescala (SCMs) de dimensión decakilométrica a hectakilométrica, ubicados sobre el suroeste de Castilla y León y áreas centro-occidentales de Castilla la Mancha. De todos los formados destacan cuatro y se pasa a desarrollar el causante de las precipitaciones que dieron lugar al suceso de El Herradón. El SCM-A de la Sierra de Ávila-La Moraña, elongado N-S y con una dimensión de unos 70 x 34 km; el máximo de precipitación ($> 16 \text{ l/m}^2$) se ubica sobre el Valle del Corneja.

Este sistema se desplaza hacia el este a lo largo de la tarde, empujado por vientos de altura y se desmiembran en diversas estructuras convectivas decakilométricas.

Este SCM se divide en dos estructuras convectivas, una de ellas se dirige sin solución de continuidad hacia el este pasando sobre la Cuerda de Polvisos y la sierra de Ojos Albos. Es un núcleo asociado a esta estructura, que se estabilizó sobre el sureste de la provincia de Ávila, al que se vinculan las precipitaciones causantes de la inundación que arrasó el municipio de El Herradón. Este núcleo se conoce como el “núcleo de La Cañada”.

Datos relacionados con el núcleo de La Cañada

Este núcleo presenta una tendencia concéntrica en la distribución de las precipitaciones.

- Un anillo exterior con intensidades horarias inferiores a 4 mm/h.
- Un segundo anillo con intensidades entre 4 y 8 mm/h en el cual se incluye el municipio de El Herradón.
- El tercer anillo con intensidades entre 8 y 16 mm/h.
- Finalmente, el núcleo central de apenas 12,5 km² y con intensidades superiores a 16 mm/h, el cual sólo comprende la localidad de La Cañada.

Por tanto, las máximas precipitaciones se dieron en las cabeceras de los arroyos Ciervos, Gaznata y Meadero.

El citado estudio recoge las siguientes conclusiones acerca del episodio que devino en las inundaciones del 1 de Septiembre de 2009 en el Herradón:

2. La intensidad máxima de lluvia, del día mencionado, en Ávila fue de 15,6 mm/h y se registró a las 16:55 h.



3. La escasa precipitación posterior se repartió casi por igual a lo largo de las horas de la siguiente manera: 13-18 h. (3,5 mm) y 18-24h (3,8 mm).
4. Se divide la cuenca de El Gaznata en dos subcuencas: Majada Honda y La Herrén de Gracia.
5. Los caudales punta circulantes por el arroyo de Majada Honda (38 m³/s) y la Herrén de Gracia (60 m³/s) fueron obtenidos a partir de estimaciones midiendo las secciones del cauce y sacando el perímetro mojado, pendiente...hasta sacar el caudal punta.
6. A partir de estos caudales punta, el autor calcula los volúmenes de precipitación necesarios para generarlos, usando el método racional modificado por Témez. La intensidad de la precipitación causante de la avenida arrojó un resultado de 277 mm/h para el arroyo de La Herrén de Gracia (Tc= 0,53 h.) y de 122.52 mm/h para el Majada Honda (Tc= 0,66 h.)
7. La presencia de la carretera CL-505 crea un represamiento improvisado que va a provocar un almacenamiento de la escorrentía generada aguas arriba de la misma (subcuenca de la Gaznata hasta la propia carretera). El volumen que se llega a embalsar hasta la liberación de la misma es de 40.120 m³. Este cálculo se realiza mediante la medida in situ de datos geométricos del represamiento.
8. Utilizando las intensidades y el volumen de agua embalsada (volumen del hidrograma), se calculó: el caudal punta de la avenida, tras la ruptura del embalse generado por el ferrocarril, con el método racional modificado de Témez: Majada Honda (84,64 m³/s) y La Herrén de Gracia (191 m³/s) y el tiempo base del hidrograma generado, repartiendo el volumen embalsado entre estos caudales punta, supuesto un hidrograma triangular simétrico: Majada Honda (15,8 min.) y La Herrén de Gracia (6,99 min.).

Estos datos evidencian la característica instantaneidad de la crecida típica de las inundaciones tipo *flash*. Por lo tanto estamos ante fenómenos extraordinarios con carácter torrencial, en el que el tiempo de reacción es mínimo para la población debido a los estados erosivos de la cuenca y a los que en ocasiones se les suma la acción del hombre con sus diferentes infraestructuras, pudiendo agravar todavía más estos efectos.



Figura 4. Desmoronamiento de 200 m. del terraplén del ferrocarril Villalba – Ávila, entre los puntos kilométricos 99 y 100. (arroyo de Majada Honda). Fuente: Antonio Sánchez.

Anexo II. Parámetros físicos de la cuenca.

Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de los Santos, Herradón (Ávila).

Álvaro Jiménez González



1. PARÁMETROS DE FORMA

1.1. COEFICIENTE DE GRAVELIUS

Este parámetro relaciona la influencia de los escurrimientos de una cuenca y el tiempo de concentración con la forma de dicha cuenca mediante la siguiente expresión:

$$Cg = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{S}}$$

Donde:

- P = Perímetro de la cuenca en km
- S = Superficie de la cuenca en km²
- Cg = Coeficiente de Gravelius. Este es siempre mayor que uno y aumenta con la irregularidad del la cuenca.

Tabla 1. Clasificación de la forma de la cuenca según el coeficiente de Gravelius.

Clase	Cg	FORMA
1	1-1.25	Redonda a ovalo-redondeada
2	1.25-1.50	Ovalo redondeada a ovalo-oblonga
3	1.50-1.75	Ovalo oblonga a rectangular-oblonga

Para la cuenca tenemos que:

- A = 1.61 km²
- P = 6.13 km

$$Cg = 0,28 * \frac{6,13}{\sqrt{1,61}} = 1,35$$

Con lo cual la cuenca se encuentra dentro de la clase 2, tomando la forma de ovalo-redondeada a ovalo-oblonga. Esto significa unas características intermedias respecto a la laminación de aguas en la cuenca.

1.2. COEFICIENTE DE FORMA

Indica la tendencia de la cuenca a soportar grandes crecidas. Su expresión es:

$$Ff = \frac{Ap}{La}$$



Donde:

- L_a = Longitud axial: Distancia de la sección de cierre al punto más alejado de la divisoria hidrográfica (km).
- A_p = Ancho medio de la cuenca (km). Este lo obtenemos de la siguiente manera:

$$A_p = \frac{A}{L_a} = \frac{1,61}{2,438} = 0,66$$

Donde A, es el valor de la superficie de la cuenca (km²)

Finalmente tenemos que para los valores de cuenca:

$$F_f = \frac{0,66}{2,438} = 0,27$$

Este valor por debajo de la unidad para el coeficiente de forma indica que se trata de una cuenca que en comparación a otra con la misma área está menos sujeta a crecidas que otra con un valor superior. Lo que en definitiva supone una menor peligrosidad torrencial de una respecto a otra cuenca. Únicamente nos valdría a la hora de realizar una comparativa entre varias cuencas.

1.3. ÍNDICE DE ALARGAMIENTO

En este caso utilizamos la expresión que relaciona los siguientes parámetros:

- L = Longitud máxima de la cuenca (km).
- I = Ancho máximo de la cuenca (km) tomado perpendicularmente a L .

Mediante la siguiente expresión:

$$I_a = \frac{L}{I} = \frac{2,538}{0,909} = 2,79$$

Con este resultado podemos decir I_a , refleja el marcado alargamiento de la cuenca hidrológica y por consiguiente que el número de afluentes será escaso y de corto recorrido e importancia. También indica un tiempo de concentración bajo dando lugar a la generación de escorrentía de manera rápida y en casos extremos de manera torrencial.

1.4. RECTÁNGULO EQUIVALENTE

El rectángulo equivalente es aquel que como rectángulo que tiene la misma superficie y perímetro que la cuenca de estudio e igual distribución hipsométrica. En consecuencia también poseerá el mismo coeficiente de compacidad.

Mediante las siguientes expresiones obtenemos su lado mayor (L) y su lado menor (I):

$$L = \frac{C_g \sqrt{A}}{1,12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{C_g} \right)^2} \right)$$



$$l = \frac{Cg\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Cg}\right)^2}\right)$$

Para nuestra cuenca de estudio tenemos que esos valores son:

$$L = 1,52 \text{ km}$$

$$l = 0,43 \text{ km}$$

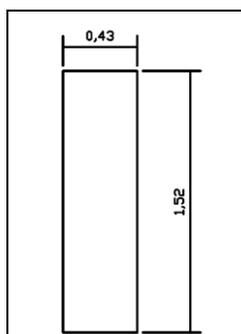


Figura 1. Gráfico representativo del rectángulo equivalente, según los datos de la cuenca. Fuente: Elaboración propia

Este parámetro cobra más significado si es acompañado por la curva hipsométrica respectiva (figura 2)

2. PARÁMETROS DE RELIEVE

2.1. DESNIVELES MÁXIMOS

- Cota máxima: 1.404.8 m
- Cota mínima: 1.021.4 m
- Amplitud del relieve: 383.4 m



2.2. CURVA HIPSOMÉTRICA

Para la determinación de la curva hipsométrica, se ha procedido a separar la superficie de la cuenca definida, en 20 intervalos (21, si consideramos un resguardo para el superior). De estos, se ha tomado una altura promedio, un área entre curvas de nivel obteniéndose así los siguientes resultados:

Tabla 2. Tabla resumen de los datos para el cálculo de la curva hipsométrica a partir de 20 (21) intervalos.

No	Cotas			Área (km ²)			
	Min	Max	Promedio	Área entre curvas	Acumulado	% Acumulado	% Inter
1	1021,4	1040,5	1031,0	0,0182	1,6108	100,00	11,50
2	1040,6	1059,7	1050,2	0,0359	1,5926	98,87	22,71
3	1059,8	1078,9	1069,3	0,0336	1,5567	96,64	21,24
4	1078,9	1098,1	1088,5	0,0355	1,5231	94,55	22,45
5	1098,1	1117,2	1107,7	0,0350	1,4876	92,35	22,12
6	1117,3	1136,4	1126,8	0,0404	1,4526	90,17	25,53
7	1136,5	1155,6	1146,0	0,0467	1,4122	87,67	29,48
8	1155,6	1174,7	1165,2	0,0675	1,3655	84,77	42,64
9	1174,8	1193,9	1184,3	0,0694	1,2980	80,58	43,83
10	1193,9	1213,1	1203,5	0,0695	1,2287	76,28	43,94
11	1213,1	1232,2	1222,7	0,0815	1,1592	71,96	51,52
12	1232,3	1251,4	1241,8	0,0930	1,0776	66,90	58,78
13	1251,4	1270,6	1261,0	0,1037	0,9846	61,13	65,54
14	1270,6	1289,8	1280,2	0,1037	0,8809	54,69	65,52
15	1289,8	1308,9	1299,3	0,1280	0,7773	48,25	80,87
16	1308,9	1328,1	1318,5	0,1464	0,6493	40,31	92,54
17	1328,1	1347,2	1337,7	0,1094	0,5029	31,22	69,16
18	1347,3	1366,4	1356,8	0,1067	0,3935	24,43	67,44
19	1366,4	1385,6	1376,0	0,1285	0,2868	17,80	81,23
20	1385,6	1404,8	1395,2	0,1583	0,1582	9,82	100,02
21	1404,8		1404,8	0,0000	0,0000	0,00	0,00

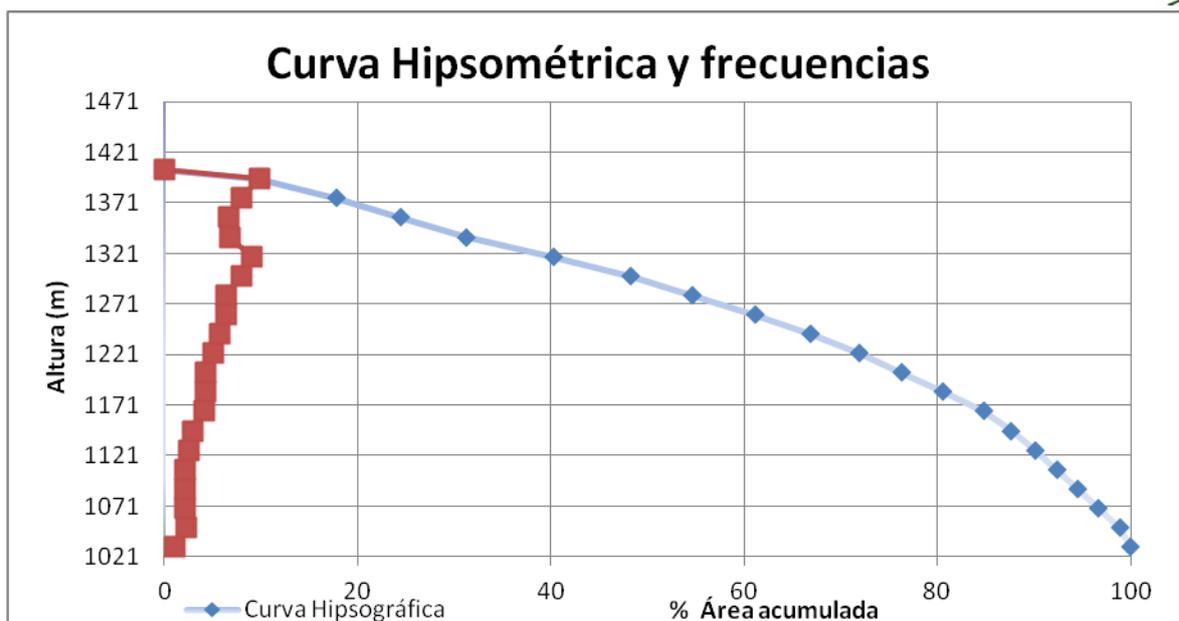


Figura 2. Curva de frecuencias y frecuencias por intervalos para la cuenca definida. Fuente: Elaboración propia

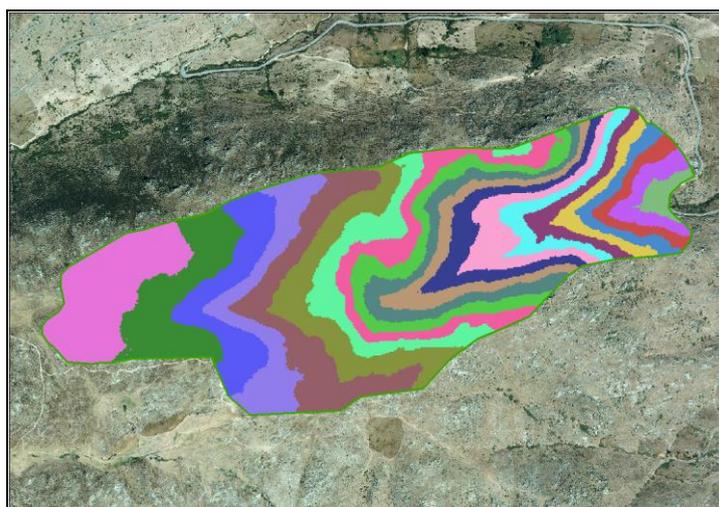


Figura 3. Imagen del resultado obtenido en ArcGis, en el cual se muestran los 20 intervalos definidos para la cuenca y su superficie respectiva. Fuente: Elaboración propia.

Definida la curva hipsométrica podemos decir de antemano una serie puntos:

- Como se ve en el gráfico 6, la curva adopta una forma convexa, lo que considerando los factores $L \cdot S$ de la USLE, se puede decir que es una cuenca propensa a la erosión, en la que los procesos erosivos se puede mostrar de gran intensidad.
- También se puede apreciar tanto en los gráficos 6 y 7, las áreas con mayor superficie entre curvas, y por lo tanto con menor pendiente media, se encuentran en la cabecera de la cuenca, formando una característica paramera, frecuente relieve en la zona. Continuando con la descripción, es en la parte inferior de la cuenca donde encontramos unos intervalos con menor superficie entre curvas y con mayor pendiente media.



2.3. VOLUMEN A EROSIONAR Y EROSIONADO

El volumen a erosionar se deduce de la curva hipsométrica. En nuestro caso hemos ido dividiendo por intervalos de cota, el área bajo la curva, en rectángulos y triángulos. Con el siguiente resultado:

Tabla 3. Volumen a erosionar según los diferentes intervalos (22, considerando los extremos). Para ello se divide el área bajo la curva en rectángulos y triángulos según la amplitud por intervalo.

Volumen a erosionar								
No	Cotas			Equidistancia (m)	Área entre curvas (m2)	Diferencia alt. Sc (m)	Volumen rectángulo (m3)	Volumen triángulo (m3)
	Min	Max	Promedio					
1	1021,4							
2	1021,4	1040,5	1031,0	19,1	18200	19,1400	348348	174174
3	1040,6	1059,7	1050,2	19,2	35925	38,3300	1377005,25	344161,5
4	1059,8	1078,9	1069,3	19,1	33600	57,4800	1931328	321048
5	1078,9	1098,1	1088,5	19,1	35525	76,6600	2723346,5	340151,875
6	1098,1	1117,2	1107,7	19,1	35000	95,8400	3354400	334950
7	1117,3	1136,4	1126,8	19,1	40400	115,0100	4646404	386628
8	1136,5	1155,6	1146,0	19,1	46650	134,1700	6259030,5	445974
9	1155,6	1174,7	1165,2	19,1	67475	153,3400	10346616,5	645735,75
10	1174,8	1193,9	1184,3	19,2	69350	172,5100	11963568,5	664373
11	1193,9	1213,1	1203,5	19,2	69525	191,6800	13326552	666397,125
12	1213,1	1232,2	1222,7	19,2	81525	210,8400	17188731	780601,875
13	1232,3	1251,4	1241,8	19,2	93000	230,0100	21390930	890940
14	1251,4	1270,6	1261,0	19,1	103700	249,1700	25838929	992927,5
15	1270,6	1289,8	1280,2	19,2	103675	268,3500	27821186,25	993724,875
16	1289,8	1308,9	1299,3	19,2	127950	287,5200	36788184	1226400,75
17	1308,9	1328,1	1318,5	19,2	146425	306,6900	44907083,25	1403483,625
18	1328,1	1347,2	1337,7	19,2	109425	325,8400	35655042	1047744,375
19	1347,3	1366,4	1356,8	19,2	106700	345,0200	36813634	1022186
20	1366,4	1385,6	1376,0	19,2	128525	364,1900	46807519,75	1231269,5
21	1385,6	1404,8	1395,2	19,2	158250	383,3600	60666720	1516826,25
22	1404,8							
							Total (m3)	425584256,5

Con lo cual el volumen a erosionar será de 425584256,5 m3.

El volumen total a erosionar se calculará multiplicando la superficie total de la cuenca (St) por la amplitud del relieve (Ar):

$$V_{inicial} = St * Ar = 1600000 * 386,4 = 613440000 \text{ m}^3$$

Con la cual el volumen erosionado será la diferencia entre el volumen inicial y el volumen a erosionar:

$$V_{erosionado} = V_{inicial} - V_{erosionar} \\ = 613440000 - 425584256,5 = 187855743,5 \text{ m}^3$$

Esto supone un 30% del volumen total, con lo cual indica que los procesos erosivos abióticos, todavía tienen una gran importancia y un largo recorrido.



2.4. ALTURA MEDIA DE LA CUENCA

En este caso es importante no confundir dos términos importantes, la altitud media (Hm) y la altura media de la cuenca (Am).

Para la segunda, su cálculo se procede de la siguiente forma, relacionando el volumen a erosionar con la superficie de la cuenca:

$$Am = \frac{V_{erosionar} (m^3)}{St(m^2)} = \frac{425584256,5}{1600000} = 265,99m$$

La altitud media va en función de esta anterior, y no es más que la suma de la Am al punto de mínima altura o de sección:

$$Hm = 265,99 + 1021,4 = 1287,39 \text{ m. s. n. m.}$$

2.5. PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA

Definida por la media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales en las que la línea de máxima pendiente es constante. Su expresión es:

$$J = \frac{N^{\circ} \text{frecuencias intervalo pte} * \text{Valor promedio intervalo pte}}{N^{\circ} \text{de frecuencias totales}} = \%$$

Así se puede ver en la siguiente tabla los intervalos de pendiente definidos de 10 en 10, su promedio y el número de veces que aparecen en la cuenca delimitada, acorde con el modelo digital del terreno (MDT).

Tabla 4. Rangos de pendiente para la cuenca, a intervalos de 10% y posterior cálculo de la pendiente media.

No	Rango pendiente (%)			Numero de ocurrencias [2]	[1]*[2]
	Inferior	Superior	Promedio (%) [1]		
1	0	10	5	20856	104280
2	10	20	15	21204	318060
3	20	30	25	14140	353500
4	30	40	35	6163	215705
5	40	50	45	1515	68175
6	50	60	55	384	21120
7	60	70	65	124	8060
8	70	80	75	36	2700
9	80	90	85	8	680
10	90	100	95	3	285
			Totales	64433	1092565

Aplicando la anterior expresión obtenemos que le **pendiente media de la cuenca (J)** es del **17.0 %**.

2.6. COEFICIENTE DE MASIVIDAD

La pendiente media, no es el único parámetro a tener en cuenta para caracterizar el relieve de la cuenca. Es necesario incluir un coeficiente que refleje la incidencia del relieve en la degradación de la cuenca. El Coeficiente de Masividad (Martonne) se define como:



$$tg \alpha = \frac{Am}{St}$$

Donde:

- $tg \alpha$ = Coeficiente de Martonne
- Am = Altura media de la cuenca (m).
- St = Superficie de la cuenca (km^2)

Para la cuenca el valor del coeficiente es:

$$tg \alpha = \frac{265,99}{1,61} = 165,21 \text{ m}^2/\text{km}^2$$

2.7. COEFICIENTE DE FOURNIER U OROGRÁFICO

$$Cf = \frac{Am^2}{St} = \frac{265,99^2}{1,61} = 43944,52 \text{ m}^2/\text{km}^2$$

Donde:

- Am = Altura media de la cuenca (m).
- St = Superficie de la cuenca (km^2)
- Cf = Coeficiente orográfico.

Como este es mayor de $6 \text{ m}^2/\text{km}^2$, se trata de un relieve pronunciado.

2.8. FACTOR TOPOGRÁFICO DE LA M.U.S.L.E.

Aunque de momento en este punto no se va a evaluar la emisión de sedimentos en la cuenca, un parámetro importante que caracteriza la morfología de la cuenca es el factor topográfico de la ecuación ($L*S$).

Aplicaremos la siguiente expresión:

$$L * S = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^{0.3} * \left(\frac{J(\%)}{9} \right)^{1.3}$$

Donde:

- $L*S$ = Factor topográfico (M.U.S.L.E.)
- λ = Parámetro que relaciona el alejamiento como se ve en el gráfico X.
- $J(\%)$ = Pendiente media de la cuenca.

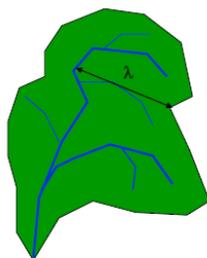


Figura 4. Descripción gráfica del parámetro λ en una cuenca hidrográfica. Fuente: NAVARRO (2013)

Para calcular λ , se aplicará la siguiente expresión dado que la pendiente media de la cuenca es mayor del 9%, ($J = 17\%$).

$$\lambda (m) = 500 * \frac{S(km^2)}{L_{TRIOS}(km)}$$

Donde:

- λ = Parámetro de alejamiento de los cursos (m)
- S = Superficie de la cuenca (km²)
- L_{TRIOS} = Longitud de todos los ríos.
- Así queda lo siguiente:

$$\lambda (m) = 500 * \frac{1,61 km^2}{2,23 km} = 360,99 m$$

Y por último sustituyendo este valor en la expresión primera:

$$L * S = \left(\frac{360,99}{22,13}\right)^{0,3} * \left(\frac{17}{9}\right)^{1,3} = 5,28$$

3. RED HIDROGRÁFICA

3.1. FORMA Y TEXTURA DE LA RED DE DRENAJE

La cuenca está surcada por el arroyo de Los Santos que da nombre al pequeño valle que se abre en la sección de cierre definida.

Además podemos diferenciar dos corrientes no permanentes que sitúan en la parte superior de la cuenca que posteriormente se unen para formar dicho arroyo.

Como podemos ver en el plano de la cuenca (Anexo 7) la textura es más bien gruesa a primera vista.

Se puede decir que es una cuenca dendrítica (arborescente), muy simple, de carácter angulado.

3.2. ORDENACIÓN DE LAS CORRIENTES DE AGUA

Se sigue la ordenación propuesta por Strahler (1964) por la cual una corriente de 1^{er} orden es aquella que no tiene ningún tributario. Cuando dos corrientes de 1^{er} orden se unen, la corriente resultante es de 2^o orden. Así vemos un esquema de las corrientes de agua en la cuenca. Se ha decidido dar los nombres de I1 (Corriente margen izquierdo número 1) y de D1 (Corriente margen derecho número 1) a las



Figura 5. Esquema de los cauces presentes en la cuenca y que conforman el curso principal, el arroyo de Los Santos. Fuente: Elaboración propia

corrientes que posteriormente forman el arroyo de Los Santos, de orden dos, el máximo en esta



pequeña cuenca.

Dado la mayor longitud de I1, se puede decir que este puede tener una mayor importancia a la hora del aporte de caudales al resultante de Los Santos.

3.3. LONGITUDES CAUCES.

Cauce principal:

$L_{CP} = 1,21$ km hasta el punto de unión con las corrientes alimentadoras.

– **Cauce I1:**

$L_{I1} = 0,77$ km

$L_{CP + I1} = 1,98$ km

– **Cauce D1:**

$L_{CP + D1} = 1,45$ km

$L_{D1} = 0,24$ km

3.4. PENDIENTE MEDIA DEL RÍO.

Considerando únicamente hasta la unión de cauces:

$$J_{RÍO} = \frac{Cota\ MAX - Cota\ MIN}{L_{RÍO}} * 100 = \frac{1210 - 1021,4}{1210} * 100 = 15,6\ %$$

Este valor es mayor que 2%, por lo tanto podemos decir que se trata de un río de carácter torrencial.

3.5. FRECUENCIA DE CAUCES (FC)

$$F_c = \frac{N^{\circ}\ Caucos}{S\ (km^2)} = \frac{3}{1,61} = 1,86\ caucos\ /km^2$$



3.6. DENSIDAD DE DRENAJE (Dd), CANAL DE ALIMENTACIÓN (Ca) Y DISTANCIA DE LA ESCORRENTÍA (De).

Densidad de drenaje

$$Dd = \frac{L_{TR}}{S (km^2)} = \frac{2,23 km}{1,61 km^2} = 1,385 km/km^2$$

Lo que indica una densidad de drenaje baja/gruesa (materiales resistentes y/o buena cubierta vegetal). El caso de buena cubierta vegetal se descarta, por lo tanto esta densidad de drenaje se debe a la resistencia de los materiales que conforman la cuenca, con numerosas partes con litosuelos.

Canal de alimentación

$$Ca = \frac{S (km^2)}{L_{TR}} = \frac{1}{Dd} = 0,721 km^2/km$$

Distancia de la escorrentía

$$De = \frac{Ca}{2} = 0,360 km$$

Esto implica que la escorrentía recorre de media 0.360 m en la cuenca para incorporarse a alguno de los cursos definidos anteriormente.

3.7. COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD

Se define como el producto de la densidad de drenaje por el número de afluentes directos sobre el curso principal en relación a la superficie de la cuenca.

$$C_T = \frac{Dd * n_1}{S(km^2)} = \frac{1,385 * 2}{1,61} = 1,72 cauces /km^2$$

Donde:

C_T = Coeficiente de torrencialidad.

Dd = Densidad de drenaje.

S = Superficie de la cuenca (km²).

3.8. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

$$tc = 0,3 * \left(\frac{L_R (km)}{J_R^{0,25} \left(\frac{km}{km} \right)} \right)^{0,76}$$

Donde:

Tc = tiempo de concentración

L_R = Longitud del río

J_R = Pendiente del río

$$tc = 0,3 * \left(\frac{1,21}{0,156^{0,25}} \right)^{0,76} = 0,49 horas$$

Es decir **29,61 min.**

Anexo III.

Descripción climatológica

Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de Los Santos, Herradón (Ávila).

Álvaro Jiménez González



1. CONSIDERACIONES GENERALES Y ELECCIÓN DE ESTACIÓN.

Para el siguiente estudio climático se ha valoraron varias estaciones climáticas en torno al área de estudio.

Inicialmente, basándonos en la cercanía en línea recta a la cuenca de estudio, (punto de referencia, en centro de la misma), se hizo una pequeña preselección. Posteriormente se valoraron parámetros como los años de registro, años completos, similitudes orográficas como la orientación o la altitud...

Así en un radio de 15 km, las estaciones que podemos encontrar son:



Tabla 1. Estaciones meteorológicas en un entorno de 15 km, con sus distancias en km hasta el punto medio de la cuenca, años de registro y coordenadas precisas. Fuente: Aemet.

Cod.	Distancia (km)	Nombre	Latitud	Longitud	Provincia	Fec.Ini	Fec.Fin	Años C.	UTM X	UTM Y
2438E	7	PRESA DE BECERRIL	403430	43842	AVILA	1970	1972	2	360759	4492958
3332	10	SAN BARTOLOME DE PINARES	403305	42557	AVILA	1946	1967	17	378704	4490023
2486U	11	URRACA-MIGUEL (DEHESA DE CIER-VOS)	403925	42937	AVILA	1978	1987	3	373728	4501826
2486	11	BERNUY-SALINERO	404000	43547	AVILA	1965	1989	22	365058	4503058
2440	12	ALDEA DEL REY NIÑO (DEHESA GU-TERREÑO)	403435	44202	AVILA	1935	2014	61	356059	4493201
2487	12	URRACA MIGUEL	404020	43122	AVILA	1965	1993	23	371292	4503565
3337	12	NAVALPERAL DE PINARES	403540	42437	AVILA	1931	1995	48	380662	4494772
3337U	14	CEBREROS	402803	42721	AVILA	2009	2014	4	376580	4480666
2444	14	ÁVILA	403933	44048	AVILA	1983	2014	29	357981	4502280
3329	14	CEBREROS	402715	42752	AVILA	1968	1973	4	375820	4479275
2489	14	MEDIANA DE VOLTOYA	404200	43347	AVILA	1966	1989	15	367942	4506708
2444B	15	AVILA-INSTITUTO-	4039	442	AVILA	1901	1952	26	356264	4501372
2490	15	OJOS ALBOS	404201	43118	AVILA	1932	1939	1	371439	4506678
2444C	15	AVILA-AYUNTAMIENTO-	403924	44201	AVILA	1953	1982	29	356261	4502035
2444A	15	AVILA (AERODROMO)	403910	44217	AVILA	1946	1951	4	355871	4501689
3326	15	PRESA DE BURGUILLO	402535	43157	AVILA	1942	1999	44	369995	4476289
2441	15	ALDEA DEL REY NIÑO	403500	44447	AVILA	1931	2014	71	352195	4494048



Finalmente se decidió tomar una de las estaciones con mayor número de años completos, mejor orientación, con una serie de datos actualizada, cercana y con una latitud muy semejante a la zona de estudio.

Por lo tanto y como se puede ver en la tabla 5, la estación elegida es la de la Aldea del Rey Niño (Dehesa Gu-Terreño) que le corresponde el código 2440 según la agencia estatal de meteorología.

2. DATOS CLIMÁTICOS

Como datos de partida para el estudio climatológico hemos tomado dos series de referencia distintas para temperaturas y precipitaciones. En este caso la serie de precipitaciones dado que tiene que ser necesariamente mayor (mínimo 30 años) que la de temperaturas (mínimo 15 años), esta primera abarca a la segunda.

Así tenemos la serie de datos para las precipitaciones desde 1979-2009. 31 años de los que se ha descartado en año 1980, por falta de datos.

Por otra parte, para la serie de datos para las temperaturas, ha sido desde 1992-2009.

Somos conscientes de que las series no están actualizadas a día de hoy, 2014, pero se justifica por ahorro de tiempo y por ser los únicos datos disponibles inicialmente.

3. RÉGIMEN DE PRECIPITACIONES

Dentro de la provincia de Ávila, la zona de estudio se encuadra, en lo referido a las precipitaciones medias anuales, en una zona comprendida entre los 400-600 mm. Esta es la franja de precipitaciones vemos que es compartida para la estación meteorológica de la Aldea del Rey Niño y la zona de estudio.

Así se refleja en el siguiente gráfico:

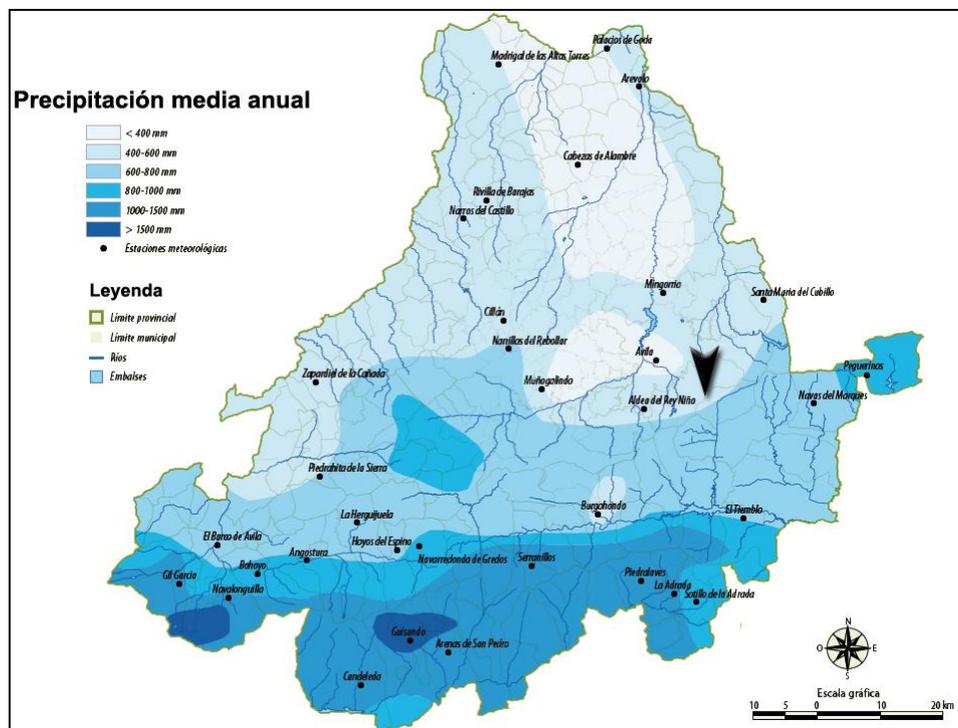


Figura 1. Distribución de las precipitaciones en la provincial de Ávila. La zona de estudio, se encuentra señalada con una flecha negra. Fuente: Diputación de Ávila (2007).



Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de Los Santos (Ávila).



Aún así, este gráfico es insuficiente para caracterizar las precipitaciones. Por lo tanto, tomamos una serie de datos de estación de la Aldea del Rey Niño. Esta serie debe comprender al menos 30 años. Para nuestro estudio se ha tomado la serie 1979-2009. Esta comprende 31 años exactamente, pero por motivos de ausencia de datos en un año se ha decidido ampliar, para coger los 30 años de datos necesarios.

A continuación se puede ver en la siguiente tabla resumen, la precipitación media, mensual y anual, y la distribución de la precipitación en quintiles, además de la mediana de los datos:



[°C]	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
P media_a	50,9	38,1	34,8	51,4	62,8	29,8	15,9	20,4	34,9	69,1	69,4	63,6	541,3
Q₁ (P₂₀)	14,8	14,7	12,6	24,5	29,5	10,8	2,2	4,4	14,1	19,1	23,2	15,3	184,8
Q₂ (P₄₀)	28,3	26,0	19,2	37,4	41,6	18,8	6,3	10,5	25,7	44,6	37,9	31,0	327,0
Q₃ (P₆₀)	40,7	39,2	30,5	60,4	64,4	30,6	16,1	18,5	42,1	79,0	67,1	46,2	534,4
Q₄ (P₈₀)	82,1	54,3	47,6	80,1	93,0	45,5	22,8	36,4	57,5	107,9	108,5	92,3	827,8
P mediana (P₅₀)	34,7	31,3	25,5	43,9	47,9	24,6	13,0	13,6	34,6	53,0	46,2	39,8	407,9

Tabla 2. Tabla resumen de las precipitaciones por meses. Precipitación media, quintiles y valores de la mediana para la serie 1970-2009

A la vista de estos datos podemos analizar también la distribución de la lluvia, tomando en cuenta los quintiles establecidos:

CALIFICACION	QUINTIL	Nº Años	%
MUY SECOS	EL TOTAL DE LLUVIA ES INFERIOR AL PRIMER QUINTIL	0,0	0,0
SECOS	ENTRE EL PRIMERO Y EL SEGUNDO QUINTIL	0,0	0,0
NORMALES	ENTRE EL SEGUNDO Y EL TERCER QUINTIL	19,0	63,3
LLUVIOSOS	ENTRE EL TERCER Y EL CUARTO QUINTIL	9,0	30,0
MUY LLUVIOSOS	SOBREPASAN EL VALOR DEL CUARTO QUINTIL	2,0	6,7

Tabla 3. Tabla de clasificación de los años mediante el método de los quintiles.

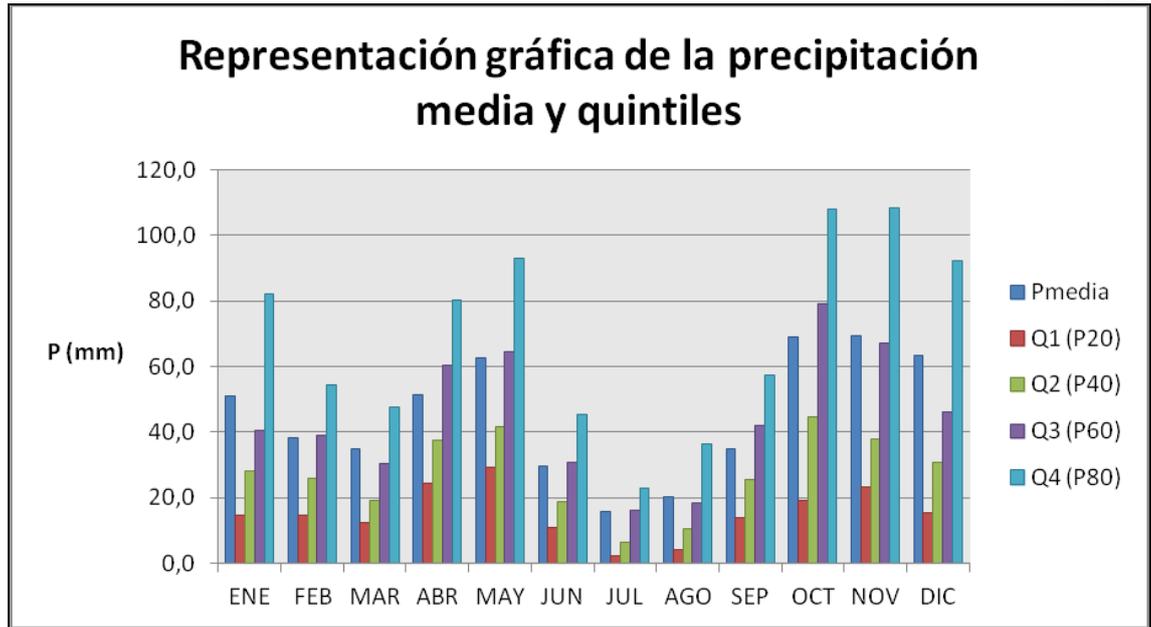


Figura 2. Representación gráfica de la precipitación media mensual y los quintiles para la serie 1979-2009. Fuente: Elaboración propia.

Definitivamente, tenemos las siguientes conclusiones:

- La media de precipitaciones para la zona se sitúa en 541.3 mm/año. Con unos meses de sequía acusada en verano.
- En cuanto a la distribución de las precipitaciones, según la serie, la mayoría se concentran en años normales, entre 327-534 mm/año. En ese rango estarían la mayoría de los años. Por debajo es difícil encontrar alguno, lo que supondría una sequía extrema. Por el contrario, si hay posibilidades de que las precipitaciones excedan más de 534 mm/año, es decir se den casos de años húmedos o muy húmedos. Esta probabilidad es de un 30 % y un 6.7 %, respectivamente.

4. ÍNDICE DE ARIDEZ (UNESCO)

Consideramos los datos de ETP (mm), obtenidos mediante el método Thornthwaite:

Tabla 4. ETP según el método Thornthwaite.

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
ETP (mm)	9	11,5	24,9	38,8	68,1	96,6	124,1	114,2	80,9	46,6	19,8	9,7	644,2

Aplicando la siguiente expresión obtenemos que:

$$I_{AR} = \frac{Pm}{ETP} = \frac{541.3}{644.2} = 0.84$$

Según este índice no estamos en una zona de riesgo de desertificación. Estaríamos en una zona subhúmeda-húmeda.

Pero si particularizamos este índice para los meses de junio, julio y agosto; tenemos que toma unos valores de 0.3 (0.2-0.5: semi-árida), 0.12 (0.03-0.2: árida) y 0.17 (0.03-0.2: árida), respectivamente. Con lo que llegamos a la conclusión de la extrema sequía veraniega, un tiempo de estrés para los vegetales.

5. PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS.

Continuando con la misma serie, ahora nos centramos en las precipitaciones máximas para un tiempo de 24 horas:

Tabla 5. Precipitaciones máximas en 24h registradas por mes para la serie 1979-2009.

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
P _{máx 24h} · max abs [mm]	106,0	78,0	57,2	55,0	50,0	36,2	42,0	50,2	63,7	71,3	97,7	81,3
P _{máx 24h} · med. [mm]	17,1	15,1	13,4	15,9	17,3	13,3	10,5	13,8	16,0	20,9	25,5	22,4

Como se puede ver las precipitaciones más intensas se concentran durante el invierno y parte de otoño, aunque durante el verano y primavera también se pueden dar algunos episodios de alta intensidad, pero en valores absolutos, con menor precipitación.

6. RÉGIMEN DE TEMPERATURAS

Dentro de la provincia de Ávila, la zona de estudio se encuadra, en lo referido a las temperaturas medias anuales, en una zona comprendida entre los 10 y 12 °C. Esta es la franja de temperatura más común de la provincia de Ávila como podemos ver en el gráfico 12:

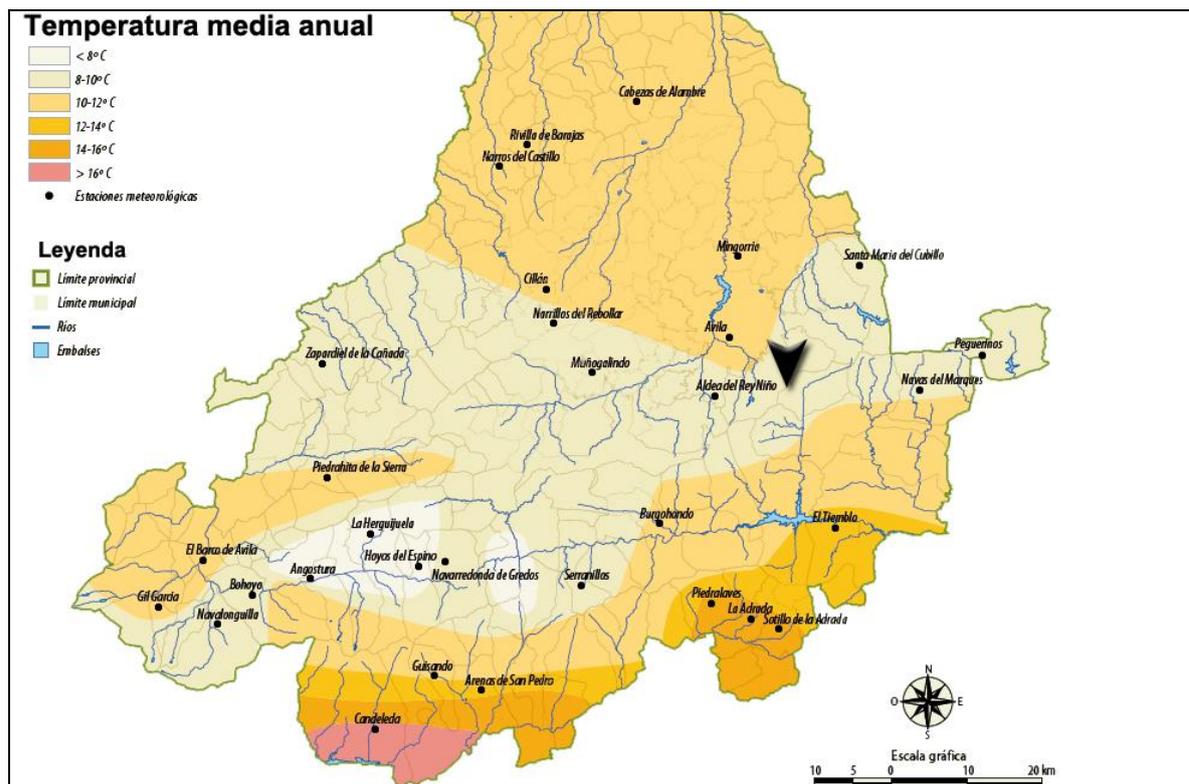


Figura 3. Temperaturas en la provincia de Ávila según las diferentes franjas que se muestran en la leyenda. La zona de estudio está marcada con una flecha en el gráfico. Fuente: Diputación de Ávila (2007).



Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de Los Santos (Ávila).



Aún así es necesario conocer con exactitud el régimen de temperaturas de la zona en concreto.

Como ya se ha visto en el gráfico superior, la zona de estudio, marcada con una flecha negra, y la estación de la Aldea del Rey Niño, comparten una franja de temperatura común. Así se confirma que los datos meteorológicos de la estación son aplicables a la zona de estudio, de momento en cuanto a temperaturas.

Tomando como referencia la serie de 1992-2009, con 15 años completos, se obtienen los siguientes resultados expuestos en este cuadro resumen:



Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de Los Santos (Ávila).



[°C]	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T_a	18,2	19,1	22,1	25	30,3	35,5	38,1	37,3	34,3	28,4	22,4	18,2
T'_a	13,6	15,8	19,1	21,8	26,5	31,4	34,6	34,2	30,1	23,5	18,1	14,8
T	7,4	9,2	12,7	14,4	18,7	24,8	28,9	28,7	23,0	16,7	11,0	8,0
t_m	2,8	3,9	6,7	8,1	12,6	17,6	20,2	19,6	15,1	10,8	6,1	3,6
t	-1,9	-1,4	0,7	1,9	6,5	10,3	11,4	10,4	7,2	5,0	1,2	-0,8
t'_a	-9,0	-8,2	-7,2	-4,9	-0,7	3,4	5,1	3,8	0,5	-2,3	-5,9	-8,3
t_a	-15,4	-12,3	-11,4	-8,5	-3,2	0	0	1	-3,1	-5,1	-10,3	-15

Tabla 6. Resumen de las temperaturas para la serie de datos 1992-2009

[°C]	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual
T_a	25,8	37,0	28,4	18,5	27,4
T'_a	22,4	33,4	23,9	14,7	23,6
T	15,3	27,5	16,9	8,2	17,0
t_m	9,2	19,1	10,7	3,4	10,6
t	3,0	10,7	4,5	-1,4	4,2
t'_a	-4,3	4,1	-2,5	-8,5	-2,8
t_a	-7,7	0,3	-6,2	-14,2	-6,9

Tabla 7. Resumen de las temperaturas para la serie de datos 1992-2009 según estación y anuales

Donde:

T_a	T ^a máxima absoluta
T'_a	Media de las T ^a máximas absolutas
T	T ^a media de las máximas
t_m	T ^a media mensual
t	T ^a media de las mínimas
t'_a	Media de las T ^a mínimas absolutas
t_a	T ^a mínima absoluta



Finalmente, se exponen en el siguiente gráfico los resultados:

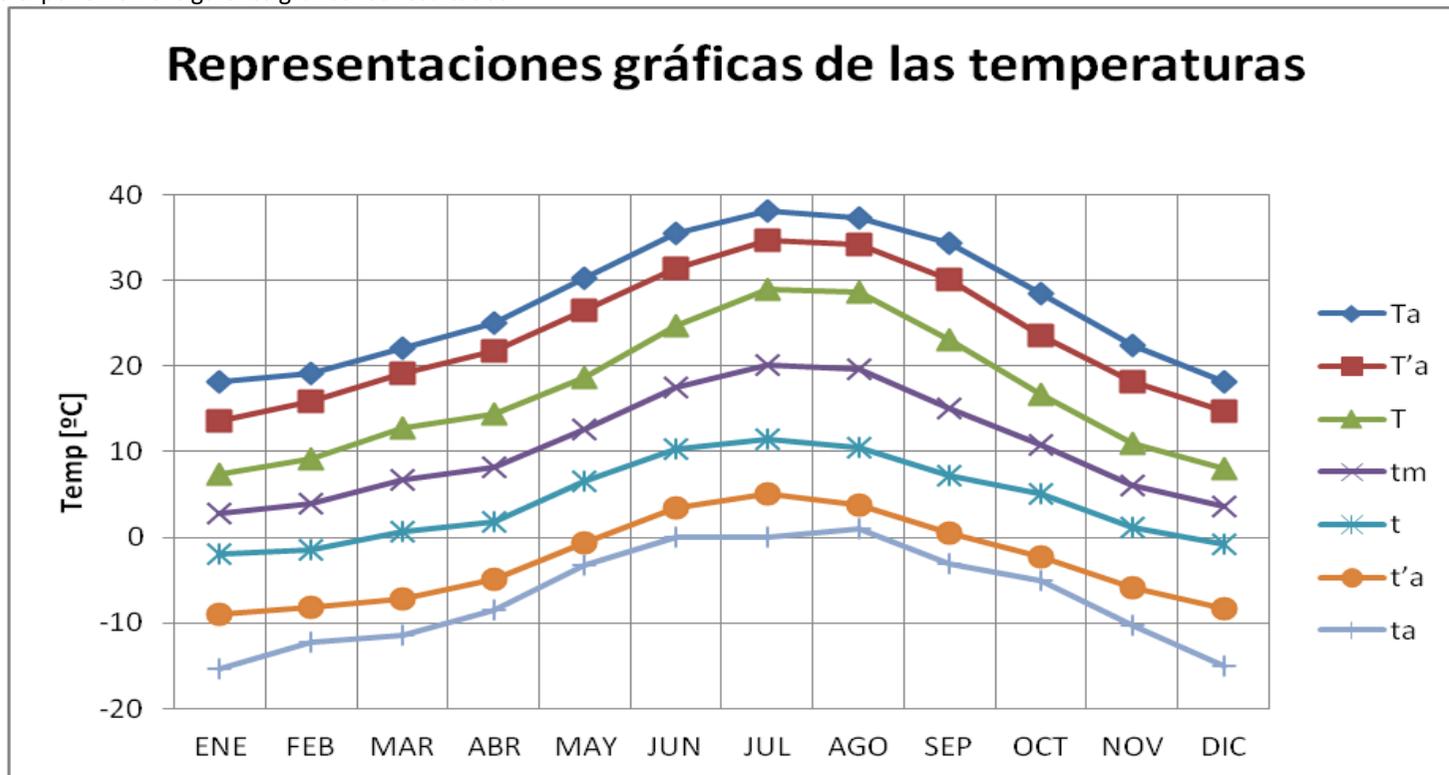


Figura 4. Representación gráfica de las temperaturas por mes. Serie 1992-2009. Fuente: Elaboración propia.

7. RÉGIMEN DE HELADAS

Como estimación indirecta, se establecen dos periodos:

- **Helada segura:** 6 meses, de noviembre a abril.
- **Helada probable:** Mayo, junio, septiembre y octubre.

Es significativo que únicamente queden libres de heladas dos meses, julio y agosto. Esto nos da una idea de la agresividad del clima para la vida vegetal y animal.

8. VIENTOS.

Las direcciones predominantes del viento en la zona son la Suroeste y la Sur por este orden. No suelen ser de gran intensidad y apenas se producen, derribos de árboles a causa del viento.

Es importante considerar que en la zona de estudio existen además un viento encajonado de valle pero de magnitud mínima para que puedan verse grandes daños.

9. TORMENTAS

Es otro factor a tener en cuenta, principalmente por su contenido eléctrico y el riesgo de incendio que ocasiona. Los meses con mayor número de días de tormenta registrados en la zona, son junio, julio y agosto, habiéndose producido algunos años hasta 5 y 6 días de tormenta en un mismo mes, siendo lo normal 1 ó 2 días. También se han constatado tormentas con aparato eléctrico en los meses de abril, mayo y septiembre. Se puede clasificar la zona con un alto índice de días de tormenta en la época estival, la de más riesgo de incendios. Por tanto, será un factor que hay que tener siempre presente.

10. TIPO DE CLIMA

A estas alturas, podemos decir que se trata de un clima MEDITERRÁNEO CONTINENTALIZADO, en el que las precipitaciones se concentran en gran parte en otoño y primavera, existiendo una sequía veraniega que más adelante en las representaciones mixtas se tratará. Además las temperaturas marcan este componente de continentalidad, dado que la media no es muy alta. Con temperaturas frías durante el invierno y con frecuentes heladas. Además otro hecho observable es la diferencia de temperaturas que puede existir entre la mínima y la máxima de un día. Se nota por tanto, la ausencia de masas de agua que pueden amortiguar estos procesos de diferencia térmica.

Comprobaremos a continuación esto mediante la utilización de índices climáticos y representaciones mixtas.

11. ÍNDICES CLIMÁTICOS

1.1. ÍNDICE DE LANG

$$I = P / tm$$

Siendo: P = precipitación anual (mm); tm = temperatura media anual (°C)

En nuestro caso es:

$$I = \frac{P}{tm} = \frac{541.3}{10.6} = 51.06$$



Tabla 8. Rango de valores del Índice de Lang (I) y su clasificación por zonas de influencia climática.

Valores de I	Zonas de influencia climática según LANG
0-20	Desiertos
20-40	Zonas áridas
40-60	Zonas húmedas de estepa o sabana
60-100	Zonas húmedas de bosques claros
100-160	Zonas húmedas de grandes bosques
>160	Zonas Perhúmedas de prados y tundra

Según este índice correspondería con una zona húmeda de estepa o sabana.

1.2. ÍNDICE DE MARTONNE.

$$I = P / (tm + 10)$$

Siendo: P = precipitación anual (mm); tm = temperatura media anual (°C)

En nuestro caso:

$$I = \frac{P}{(tm + 10)} = \frac{541.3}{(10.6 + 10)} = 26.28$$

Tabla 9. Rango de valores para el Índice de Martonne y su clasificación por zonas.

Valores de I	Zonas según MARTONNE
< 5	Desiertos
5 – 10	Semidesierto
10 – 20	Semiárido tipo Mediterráneo
20 – 30	Subhúmeda
30 – 60	Húmeda
> 60	Perhúmeda

Según este índice estamos en una región subhúmeda.

1.3. ÍNDICE EMBERGER

$$Q = K P / (T_{12}^2 - t_1^2)$$

Siendo:

- P = precipitación anual
- t₁ = temperatura media mínima del mes más frío
- T₁₂ = temperatura media máxima del mes más cálido

Si t₁ > 0°C => T₁₂ y t₁ en °C y K = 100 Si t₁ < 0°C => T₁₂ y t₁ en °K y K = 2000



Para nuestros datos tendremos que:

$$Q = \frac{K * P}{(T_{12}^2 - t_1^2)} = \frac{2000 * 541.3}{(302.05^2 - 271.25^2)} = 61.31$$

Con Q y t₁ vamos a la figura 5 y definimos la SUBREGION CLIMATICA o GENERO.

Cada Género se subdivide según TIPO DE INVIERNO

TIPO DE INVIERNO	t ₁ (°C)	HELADAS
Muy frío	< -3°C	Muy frecuentes e intensas
Frío	≥ -3 y < 0 °C	Muy frecuentes
Fresco	≥ 0 y < 3 °C	Frecuentes
Templado	≥ 3 y < 7 °C	Débiles
Cálido	≥ 7 °C	Libre de heladas

La VARIEDAD según la posición en las subregiones climáticas: SUPERIOR-MEDIA-INFERIOR

La FORMA según la estación con el máximo de precipitaciones: OTOÑO-INVIERNO-PRIMAVERA

Según estos resultados, tendremos un clima MEDITERRÁNEO TEMPLADO Variedad INFERIOR con forma de OTOÑO e INVIERNOS FRÍOS.

DETERMINACION DEL GENERO DEL CLIMA MEDITERRANEO.

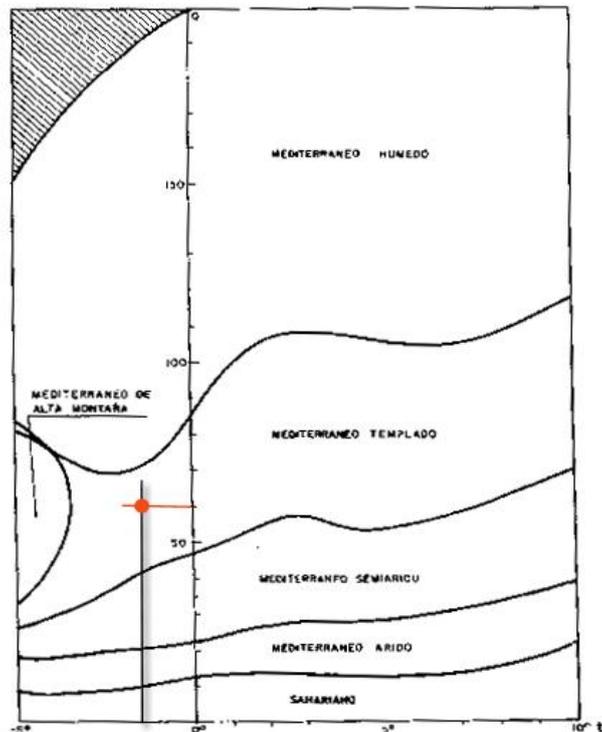


Figura 5. Determinación del género del clima mediterráneo según Q y t₁. Fuente: TURRIÓN (2010).



12. REPRESENTACIONES MIXTAS.

12.1. DIAGRAMA OMBROTÉRMICO DE GAUSSEN.

Se representan los valores correspondientes a las temperaturas (t_m) y las precipitaciones (P) medias mensuales en el eje de ordenadas, ajustándose dichos valores a una misma escala, pero haciendo coincidir P y $2T$; en abscisas colocamos los meses del año. Un mes presenta aridez cuando ($P < 2t_m$), la curva de la precipitación se sitúa por debajo de la temperatura, y aparece un área, tanto más extensa, cuanto mayor sea la aridez del clima representado.

Tabla 10. Tabla resumen de las precipitaciones medias mensuales y las temperaturas medias mensuales.

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
P (mm)	51	38	34,8	51	62,8	30	16	20,4	35	69,1	69,4	64
t_m (°C)	2,8	3,9	6,7	8,1	12,6	17,6	20,2	19,6	15,1	10,8	6,1	3,6

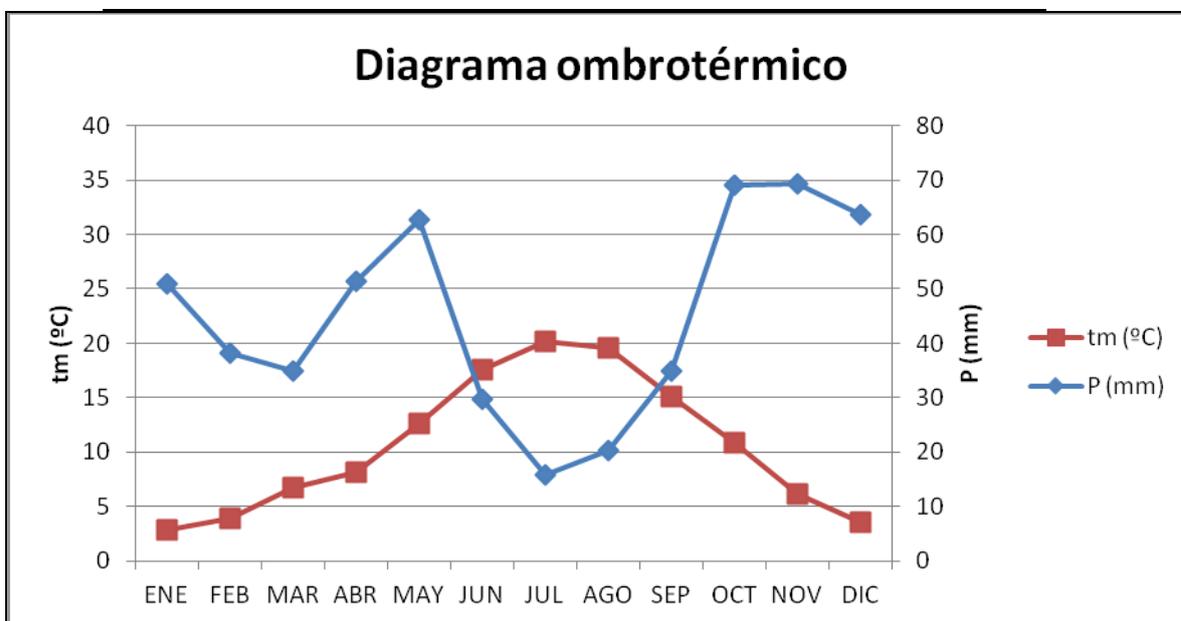


Figura 6. Diagrama ombrotérmico obtenido mediante los datos de la Tabla 10. Fuente: Elaboración propia.

El diagrama ombrotérmico es uno de los que aporta mayor información climática. De él podemos definir una época muy característica tanto para flora como para fauna, la época de sequía. En este caso para nuestra cuenca, la época de mayor estrés hídrico comienza a finales de mayo y va hasta principios de septiembre. Son tres meses en los que las precipitaciones son escasas, y las temperaturas elevadas. Este período es característico del clima mediterráneo.

12.2. CLIMODIAGRAMA DE TERMOHIETAS.

El diagrama de termohietas o climodiagrama toma en abscisas la temperatura media mensual (°C) y en ordenadas la precipitación mensual (mm). Utilizando un sistema de coordenadas cartesianas se obtienen doce puntos al combinar mes a mes el par de valores.

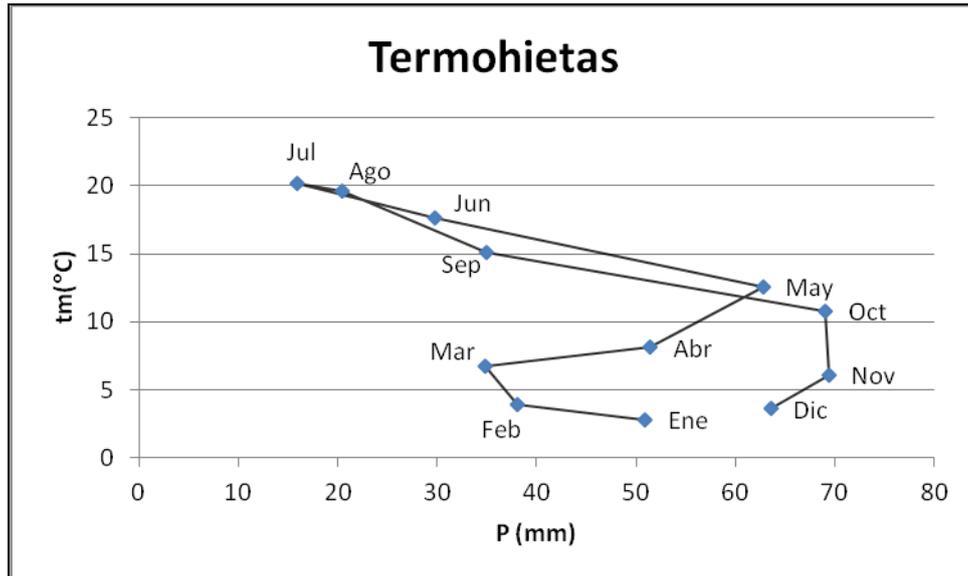


Figura 7. Gráfico de termohietas según la temperatura media mensual (tm) y precipitaciones medias mensuales (P). Fuente: Elaboración propia.

En este gráfico mixto, se puede ver que los meses que acumulan mayores precipitaciones son aquellos con una temperatura aproximadamente menor a 10°C. Con excepción mayo, en el cual tenemos una temperatura mayor y unas precipitaciones media-altas. Con lo cual es durante este mes, en el cual potencialmente las especies vegetales tengan un mayor desarrollo, dada la mayor disponibilidad de recursos.

13. FITOClimatología.

ALLUÉ ANDRADE

De la observación del climodiagrama y basándonos en la clasificación climática de Allué Andrade, se llega a la conclusión de que estamos ante el subtipo fitoclimático VI (IV), correspondiente a un tipo fitoclimático NEMORAL, con asociaciones potenciales de vegetación de Quejigares, Melojares o Rebollares, Encinares alsinares, Robledales pubescentes y pedunculados, Hayedos.

RIVAS MARTÍNEZ

Desde el punto de vista biogeográfico y siguiendo a Rivas Martínez (1987) puede decirse que la cuenca delimitada, se encuadra de la siguiente manera:

Región:

- MEDITERRÁNEA-(SUPRAMEDITERRÁNEA)

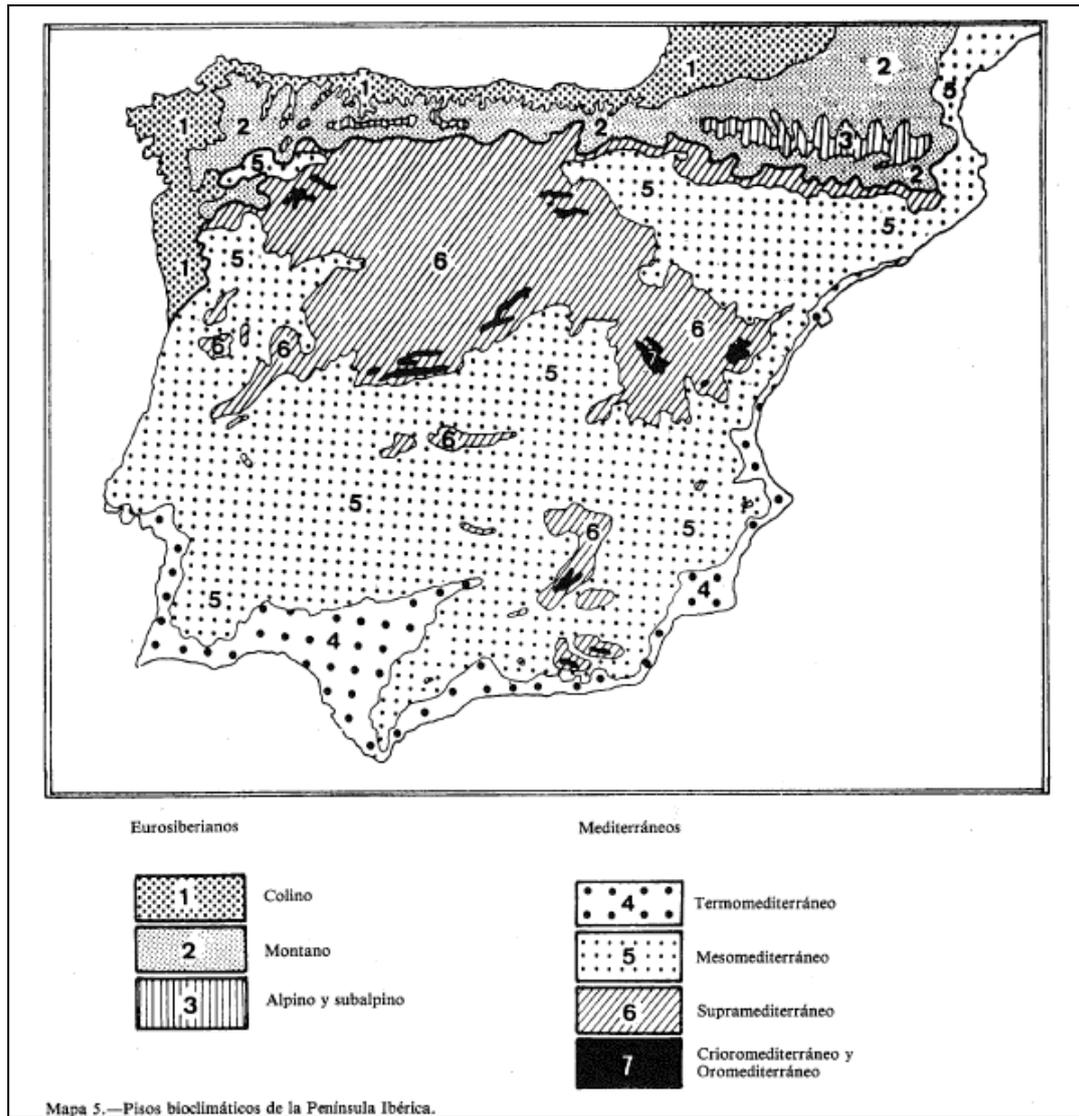


Figura 8. Mapa de las diferentes regiones en la Península Ibérica. Fuente: RIVAS (1987).

Series de vegetación:

La cuenca se sitúa dentro de la serie 24a. Guadarrámico-Ibérica (supra-meso) silicícola de la encina. El árbol dominante es *Quercus rotundifolia* y la clase fitosociológica es *Junipero oxycedri-Querceto rotundifolia sigmentum*.

Como se puede ver en el siguiente gráfico, las especies dominantes por las diferentes formaciones vegetales en la zona son:



- Bosque: *Quercus rotundifolia*, *Juniperus oxycedrus*, *Lonicera etrusca*, *Paeonia broteroi*.
- Matorral denso: *Cytisus scoparius*, *Retama sphaerocarpa*, *Genista cinerascens*, *Adenocarpus aureus*.
- Matorral degradado: *Cistus ladanifer*, *Lavandula pedunculata*, *Rosmarinus officinalis*, *Helichrysum serotinum*.
- Pastizales: *Stipa gigantea*, *Agrostis castellana*, *Poa bulbosa*.

Nombre de la serie	24a. Guadarrámico-Ibérica (supra-meso) silicícola de la encina
Arbol dominante	<i>Quercus rotundifolia</i>
Nombre fitosociológica	<i>Junipero oxycedri-Querceto rotundifoliae sigmetum</i>
I. Bosque	<i>Quercus rotundifolia</i> <i>Juniperus oxycedrus</i> <i>Lonicera etrusca</i> <i>Paeonia broteroi</i>
II. Matorral denso	<i>Cytisus scoparius</i> <i>Retama sphaerocarpa</i> <i>Genista cinerascens</i> <i>Adenocarpus aureus</i>
III. Matorral degradado	<i>Cistus ladanifer</i> <i>Lavandula pedunculata</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Helichrysum serotinum</i>
IV. Pastizales	<i>Stipa gigantea</i> <i>Agrostis castellana</i> <i>Poa bulbosa</i>

Figura 9. Serie de vegetación 24a según aparece en el "Atlas fitoclimático de España". Rivas Martínez, S. (1987). ICONA.

Anexo IV. Descripción geológica y edafológica.

Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de los Santos, Herradón (Ávila).

Álvaro Jiménez González



1. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La provincia de Ávila está constituida por un sector montañoso, con litologías resistentes metamórficas y plutónicas, que forman parte del Sistema Central, y otro llano, de sedimentación arcillosa y arenosa, con escasa resistencia, de edad terciaria y cuaternaria que constituye la Depresión del Duero.

El primero es un territorio donde la compartimentación morfoestructural es enormemente compleja y variada, pues la mayor parte de las unidades de relieve tienen su origen en los movimientos de bloques de un zócalo rígido, arrasado previamente por la erosión.

El segundo tiene gran extensión superficial (se prolonga ampliamente por las provincias de Salamanca, Valladolid y Segovia), pero la diferenciación morfoestructural apenas existe, al menos en la provincia de Ávila, dados los caracteres litológicos y la ausencia de movimientos tectónicos importantes posteriores a la sedimentación.

Es un espacio cuya subdivisión ha de basarse en elementos naturales, entre los que se encuentran los morfológicos, relacionados con la disección o acumulación fluvial y la acción eólica.

El Sistema Central es una unidad montañosa que ocupa algo más del 65% de la superficie provincial y cuya disposición del relieve está en función de las grandes líneas de fractura que han dado lugar a las sierras y a las fosas, estas últimas aprovechadas por la red fluvial.

De sur a norte, este sistema se articula en una serie de alineaciones claramente individualizadas, cuya altitud disminuye de sur a norte, con diferente evolución morfológica, según sea su pendiente, altitud y orientación.

Dentro del Sistema Central podemos ver, cuatro cadenas montañosas que cruzan la provincia de este a oeste: Sierra de Gredos, Sierras Centrales, Sierra de Ávila y Sierra de Ojos Albos. El Herradón de Pinares se encuentra enclavado dentro de las Sierras Centrales, las cuales se sitúan inicialmente sobre el límite entre las provincias de Ávila y las de Segovia y Madrid, en las estribaciones de la Sierra de Guadarrama (Cueva Valiente, 1.902 m). A través de la Sierra de Malagón y Cuerda de los Polvisos se prolonga hasta la Sierra de la Paramera (Pico Zapatero, 2.146 m) y continúa por la Sierra de los Baldíos hasta la Serrota (Cerro del Santo, 2.294 m), para terminar en las Sierras de Villafranca y Piedrahita. La Sierra de Malagón, al norte, es ancha y de escasas desigualdades; sus cerros se elevan poco sobre los collados contiguos. Los principales son: el alto de Cepeda, el de Descargadero y el cerro de Valdihuelo. La falda norte de desigualdad pendiente, se pierde pronto en la altiplanicie de Campo Azálvaro, elevándose sobre ésta solamente 200 m. Por el sur, lanza esta sierra varios contrafuertes de gran extensión y que terminan todos ellos en la margen izquierda del Alberche, por estos contrafuertes corren en diversas direcciones numerosos arroyos, dando a esta sierra su aspecto intrincado y movido. Su falda sigue en descenso por los términos de San Bartolomé de Pinares, Hoyo de Pinares y Cebreros hasta las mismas márgenes del Alberche.

Acorde con el Mapa Litológico de la provincia de Ávila, nos encontramos en una zona de granitoides biotíticos.

En concreto la cuenca del río Gaznata, se encuentra situada en el afloramiento metamórfico de Ojos Albos-La Cañada-Cebreros. Seguidamente se describirá la zona en general, en un encuadre geológico, y posteriormente se hará para la zona de estudio en concreto.

Los materiales aflorantes en esta zona pertenecen según el Mapa Geológico Nacional (hoja nº 532 a escala 1:50.000) al conjunto ígneo metamórfico del Macizo Hercínico, y tiene edades precámbricas-preordovícicas. Los materiales metasedimentarios y ortoneisicos constituyen el afloramiento de Ojos Albos-La Cañada-Cebreros, encuadrado dentro de un conjunto de granitoides tardíos y postcinemáticos con respecto a las fases tectónicas principales.

En este afloramiento la mayor parte de los materiales metamórficos son de grado medio-alto, no apareciendo de grado medio-bajo nada más que la zona meridional de dicho afloramiento, fuera ya de



nuestra zona. En éste se encuentran grandes masas de ortoneises glandulares en la zona septentrional y además está constituido fundamentalmente por un conjunto monótono de metasedimentos esquistosos con intercalaciones metasamíticas subordinadas observándose una notable disminución del grado metamórfico de estos materiales hacia el sur. Los materiales que rodean al anterior afloramiento son granitoides hercínicos tardi y postcinemáticos que influyen sobre los ortoneises y los metasedimentos produciendo sobre ellos un metaforfismo de contacto cuya evidencia a escala de campo es poco apreciable en la mayoría de los casos debido al grado de metamorfismo de estos materiales.

Las estructuras fundamentales de los afloramientos metamórficos corresponden a la tectónica hercínica que determina una superposición de estas. Las primeras fases son de carácter dúctil y originan pliegues vergentes y cabalgamientos, asociándose a ellas la generación de esquistosidades. La última etapa principal también afecta parcialmente a alguna de las unidades plutónicas de la zona, como en el Macizo de Hoyos de Pinares.

Las últimas etapas hercínicas tienen carácter frágil y determinan la fracturación del conjunto ígneo y metamórfico, aunque parte de la fracturación está relacionada con los movimientos alpinos que a su vez han reactivado alguna de las fracturas hercínicas.

A continuación se pasa a describir el tipo de rocas que aparecen en la cuenca de estudio.

De manera más específica podemos diferenciar varias zonas en ella.

1. Adamellitas de grano-medio grueso biotíticas.

Situadas en la parte superior de la cuenca. Desde el paraje conocido como el Reventón hasta más de la mitad de la longitud de la cuenca.

2. Adamellitas de grano medio-grueso biotíticas, facies porfídicas.

Desde más de la mitad de la cuenca en sección longitudinal hasta la sección de cierre. Es decir el resto.

3. Diques de tendencia lamprofídica.

Aparece de manera puntual, cruzando la cuenca en dirección N-S, aproximadamente cercana a la sección de cierre. De poca extensión.

2. GEOMORFOLIGÍA

El relieve de esta zona se ajusta a la fisonomía peculiar de todo el Sistema Central como conjunto de planicies escalonadas. Ello es consecuencia de las sucesivas etapas de arrastramiento-elevación tectónica habidas en el macizo y que son interpretadas de diferentes formas. Se dará una idea general del proceso que originó este relieve sin profundizar en las diferentes teorías que, si bien difieren en los momentos y condiciones en que se fue produciendo, parecen coincidir en lo fundamental. Aparecen una serie de cerros y hombreras formando alineaciones entre superficies de paramera y piedemontes. El origen de la configuración actual está en una superficie tipo penillanura que ha quedado colgada y que hoy forma las Cumbres y Parameras. A partir de ella se desarrolla una etapa de sedimentación. Primero en condiciones de sabana dando lugar a una superficie tipo "Etchplain", con presencia de "Inselbergs" y formando sucesiones de sedimentos correlativos. Esta superficie sería desnivelada nuevamente por la tectónica lo que originaría un nuevo proceso de sedimentación. A este nuevo proceso le corresponderían los depósitos de Rañas, similares y asociados. La tónica general en todo el Sistema Central es el predominio de las acciones degradantes frente a las agradantes. Esto se traduce en este caso en el escaso desarrollo de coberturas incluso edáficas en los bordes y laderas de las depresiones. El modelado reciente corresponde en su gran mayoría a formas de incisión fluvial. A continuación una breve descripción de los elementos que encontramos en el mapa geomorfológico de la cuenca.



A) Superficie tipo penillanura en Parameras

Son “casi planicies”, de vertientes suaves, alomadas, con algunos relieves destacados formando residuos y depresiones someras. Presenta una red calificable como evolucionada y que en los bordes de la planicie, hacia las laderas ha quedado encajonada en fuertes gargantas. Corresponderían al primer estadio del proceso mencionado arriba (superficie “Etchplain”). La parte de cabecera de la cuenca se encontraría dentro de este tipo.

B) Escarpes de articulación formando laderas

Actúan como enlace entre diversas formas, ya sean rellanos, cerros, crestas, etc. y sus bases, o bien, alineaciones, superficies, encajamientos, y sus piedemonte o fondos de valle. En general, se trata de pendientes escarpadas, rectilíneas en conjunto, aunque en detalle pueden presentar algunas inflexiones debidas a la incisión fluvial.

C) Fondos de depresiones interiores y corredores

Depresiones tectónicas con un fondo de tendencia plan limitado por laderas escarpadas de origen estructural. El fondo de la depresión tiene morfología convergente. La marcada forma de valle estrecho, dota a la cuenca de estudio de un fondo de valle estrecho también y de mínima superficie.

D) Aluvial-Coluvial

Zonas resultado de la acción de los elementos fluviales y sus elementos asociados. Son zonas de sumidero, en las que se produce una mezcla de material de arrastre fluvial y de ladera. Aunque no son predominantes en la zona si se pueden observar algunas zonas de acumulación de materiales fluviales, pero de manera puntual.

F) Crestones

Relieves alargados que suelen asociarse a una capa o filón, dique, etc. Son relieves claramente de resistencia. En nuestra cuenca son los puntos que mayor pendiente tienen, dado que son escarpes totalmente verticales. Desde la sección de cierre, la carretera AV-503, se pueden observar en la parte derecha estos escarpes o crestones.



3. ESTUDIO EDAFOLÓGICO

Dada la uniformidad existente en la constitución del sustrato rocoso, aparece con igual homogeneidad la naturaleza del suelo, que procede en todo el monte de la descomposición del granito. Resulta así un suelo típicamente silíceo formado por fragmentos de roca granítica que, según su consistencia dan lugar a tierra fina, gravilla fina y rara vez a productos de alteración: limo o arcilla. Aún así hay que señalar que podemos apreciar algunos enclaves con distinta morfología edáfica. Estos son puntuales pero de gran valor ecológico. Hablamos de zonas de nacederos de los cursos que discurren en la cuenca. En ellos la sequía estival no es tan pronunciada como en los derivados de la descomposición del granito únicamente. Además se les añade una importancia pascícola y ganadera, dado que eran y son los aprovechados por el ganado en las épocas de escasez, cuando este no ha iniciado la trashumancia, actividad histórica en la zona.

La roca madre de esta zona experimenta fácilmente la fragmentación mecánica, como resultado de los cambios de temperatura, heladas, etc. Esto se observa claramente en los riscos y zonas rocosas de las penillanuras con la roca quebrada por el efecto de la cuña del hielo dando lugar a formas prismáticas. El roquedo de granito acelera su disgregación por el ensanche de las diaclasas y da lugar a escarpes muy verticales. En este caso además, por ser el granito rico en cuarzo, las diaclasas se cortan formando ángulos más agudos y aristas más incisivas. Sin embargo, las arenas resultantes de tal fragmentación son sumamente resistentes a la alteración química como consecuencia de su composición y del clima. El cuarzo y los silíceos son difícilmente alterables y más aún bajo clima mediterráneo, en el que la humedad y las altas temperaturas no coinciden en el tiempo.

Todo esto tiene como consecuencia que apenas existen productos de alteración: limo y arcilla, capaces por su finura de garantizar en el campo la retención del agua y de las sustancias nutritivas. Son tierras por tanto excesivamente permeables y pobres para garantizar cualquier uso agrícola, si bien son típicas para un buen rendimiento del pino negral (*Pinus pinaster*). En las zonas de praderas, donde del material que da origen al suelo tiene naturaleza coluvial-aluvial las facultades retentivas son mayores y la permeabilidad algo menor.

Como referencias a la hora de aportar datos y resultados de análisis se toman los estudios realizados en los montes de "Las Navas del Marqués" por el departamento de Silvopascicultura y en concreto de la Unidad de Edafología y Ecología, de la Escuela Superior de Ing. De Montes, perteneciente a la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). También los realizados en las proximidades de la localidad de La Cañada, dentro de la localidad del Herradón, que nos servirán mejor dada la cercanía pero que carecen de algunos aspectos como la descripción de los horizontes. Por la proximidad entre ambos predios y la situación similar en cuanto a clima y vegetación se aceptan los resultados obtenidos de las calicatas realizadas (Las Navas y La Cañada) como válidas para la cuenca del Gaznata. Además se tiene en cuenta que cualquier dato concreto para la cuenca será tomado con mayor veracidad y por lo tanto aplicable a los suelos de la cuenca. Es el caso de las estimaciones de la textura en campo. Se realizó la apertura de una serie de calicatas por unidad de suelo clasificada en el apartado de Hidrología forestal, suelos de la cuenca, que posteriormente se describe.

A la hora de hablar del tipo de suelo que se tiene hay que referirse a la forma del relieve. En toda la superficie, la roca madre, ya sea granito o gneis, va a determinar de igual manera el suelo. La alteración de las rocas silíceas es complicada y muy lenta, es decir, la aparición de elementos finos, y sobre todo de coloides, será muy escasa. Por otro lado, la ausencia total de carbonatos también es general para todo el monte. En consecuencia, será el relieve el que provocará diferentes tipos de suelo.

A lo largo de las laderas se originan una serie de situaciones que determinan el grado de evolución del suelo. En este caso, dan lugar a tres tipos diferentes de suelo, que son, en realidad, tres estados de una evolución que se ve más o menos frenada por la pendiente. Además hemos añadido un cuarto que describe esas zonas de nacimiento de los cursos de agua. Para clasificar estos suelos se ha seguido la "Clasificación Básica de los Suelos Españoles" de J.M. Gandullo (1984).



Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de Los Santos (Ávila).



Dentro de esta clasificación lo primero es encuadrar el territorio dentro de una serie de clases en función del clima. En este caso se está dentro de la CLASE III: suelos de comarcas de clima templado-frío y humedad suficiente para, en condiciones normales de evolución edáfica, permitir la existencia de un bosque claro de espesura más o menos incompleta.

Para ello se toma como referencia la descripción que se realiza de una de las calicatas en la zona de “Las Navas del Marqués”, similar a los suelos que nos encontramos en la cuenca.

Diferencia tres horizontes:

1º) Horizonte humífero “A”. De 0 a 30 cm. Color pardo algo apagado, estructura migajosa y reacción ácida.

2º) Horizonte de acumulación “B”. De 30 a 100 cm. Color amarillento-rojizo, consistencia viscosa y tendencia a la fragmentación prismática o terronulosa con máximos acentuados de alúmina y sílice.

3º) Horizonte geológico “C”. A continuación del anterior, estructura arenosa, con gravas y cantos y tendencia a formar agregados terrenos, descansando sobre la roca madre.

Esta descripción correspondería a un suelo evolucionado, escaso en nuestra zona de trabajo y únicamente presente en zonas donde la pendiente es muy ligera y no hay gran concentración de rocas o afloramientos. La profundidad de suelo puede llegar a los dos metros. A la vista de los horizontes se procederá a su identificación:

- **“SUELO PARDO OLIGOTÓFICO”.** Clase III. Horizontes A-B-C sobre roca rica en cuarzo. En algunos puntos se puede considerar el subgrupo erosionado y hay zonas en las que casi llega a ser lítico, ya que el porcentaje de tierra fina tan solo supera en unos puntos el 50%. Este tipo de suelo es el equivalente en la clasificación USDA al USTOCHREPTS-XEROCHREPTS y según la F.A.O. al CAMBISOL EÚTRICO.

Pero en otras zonas la pendiente impide llegar a este grado de evolución. Desde las cumbres hasta el pie las laderas tendremos los siguientes dos tipos de suelo poco evolucionados:



Penillanuras:

- **LITOSUELO.** Perfil “A/C”. Roca madre dura. Son suelos azonales, inmaduros, formados por rocas apenas colonizadas por la vegetación.

Según la clasificación U.S.D.A. Se estaría ante un ORTHENTS y según la F.A.O. ante un LITOSOL. Pertenecen por tanto a la cabecera superior de la cuenca y los numerosos afloramientos de la zona.

Laderas:

- **RANKER DE PENDIENTE.** Zonas de mucha pendiente: Perfil “A/C”. Pendientes silíceas. También inmaduros, zonales. Depósitos de hace relativamente poco tiempo, donde las fuertes pendientes originan procesos erosivos o migraciones oblicuas fuertes que impiden una mayor evolución. Según la clasificación U.S.D.A. sería un LITFUC - LUMBREPTS.- DYSTRIC XERORTHENTS, y un *RANKER*.- CAMBIOSOL HÚMICO para la F.A.O.

Nacimientos de los cursos fluviales.

En este caso se ha optado a seguir la clasificación U.S.D.A. dado el mejor ajuste a estos suelos puntuales.

- **DYSTRIC HAPLUSTEPTS.** Edafología aparentemente ústica. Están dentro de la clasificación de inceptisoles, literalmente, suelos que comienzan su formación.

A continuación se adjunta en la figura 1 la calicata que se toma como referencia a la hora de la determinación de texturas que se procederá más adelante, en el apartado de Hidrología forestal, donde además se procederá a hacer una reclasificación y descripción más precisa de los suelos de la cuenca.



Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de Los Santos (Ávila).



*U.D. Edafología y Ecología
Dpto. Silvopascicultura
E.T.S.I. Montes (U.P.M.)*

*Banco de Datos de Suelos Forestales
FOREDAF*

<i>Provincia</i>	AVILA	<i>Término</i>	EL HERRADON	<i>Finca</i>	LA CAÑADA
<i>X 30 UTM</i>	373867	<i>Altitud (m)</i>	1395	<i>Vegetación Arborea</i>	PINUS SYLVESTRIS
<i>Y 30 UTM</i>	4495442	<i>Pendiente (%)</i>	15	<i>Vegetación Arbustiva</i>	RETAMA SPHAEROCARPA
<i>Latitud</i>	40°35'58"	<i>Orientación</i>	E	<i>Vegetación Herbacea</i>	
<i>Longitud</i>	4°29'35"W			<i>Litofacies</i>	GRANITO-GNEIS

<i>Horizonte</i>	<i>Profund.</i>	<i>%</i>					<i>pH</i>		<i>% Carbonatos</i>		<i>p.p.m.</i>						<i>% Oxidos Fe</i>	<i>T</i>	<i>Conductiv.</i>
		<i>Tierra F.</i>	<i>Arena</i>	<i>Limo</i>	<i>Arcilla</i>	<i>Mat. Org.</i>	<i>Agua</i>	<i>K Cl</i>	<i>Inactivos</i>	<i>Activos</i>	<i>Nitrogeno</i>	<i>Fosforo</i>	<i>Potasio</i>	<i>Calcio</i>	<i>Magnesio</i>	<i>Sodio</i>			
A1e	10	11,14	49,5	37,5	13	8,05	5,8	4,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,17
A2	32	17,01	63,5	26	10,5	3,14	6	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 1. Datos edafológicos facilitados por la Unidad de Edafología y Ecología de la E.T.S.I. Montes (U.P.M.). Fuente: Unidad de Edafología y Ecología de la E.T.S.I.A. Montes (U.P.M.)

Anexo V. Vegetación.

Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de los Santos, Herradón (Ávila).

Álvaro Jiménez González



1. SERIES DE VEGETACIÓN POTENCIAL

La masa prácticamente monoespecífica de *Pinus pinaster* que compone la comarca ha sido clasificada por Rivas Martínez (1987), como perteneciente a la serie 24a. La definición de esta serie de vegetación ya se ha comentado en fitoclimatología y se detalla en el Anexo III.

2. ETAPAS DE LA EVOLUCIÓN REGRESIVA DEL BOSQUE, SEGÚN CEBALLOS.

Considera Ceballos que la evolución natural de la vegetación consiste en una sucesión de formas, con tendencias cada vez más umbrógenas e higrófilas, cuya etapa final (estado de equilibrio con el medio) ha de corresponder a la asociación de la especie o especies que en cada localidad representa el máximo de aquellas propiedades. Además, como inherente al concepto de “permanente” que caracteriza esa etapa final (vegetación definitiva), deberá contarse con la existencia de un ambiente lo más propicio y favorable para que las especies propias de dicha etapa se reproduzcan y perpetúen.

Tabla 1. Series de regresión según Ceballos, para la serie 24a. Fuente: CEBALLOS (1938)

I	
Óptimo Bosque denso	ENCINA <i>(Quercus ilex)</i>
II	
Bosque aclarado con abundante Intervención de arbustos. Sotobosque con numerosas Plantas leguminosas	<i>Fraxinus angustifolia</i> <i>Arbustus unedo</i> <i>Juniperus oxicedurs</i> <i>Ruscus auculeatus</i> <i>Lonciera etrusca</i> <i>Dphne gnidium</i> <i>Rosasemprevivens</i> <i>Genista florida</i>



(Continuación Tabla 14). Series de regresión según Ceballos, para la serie 24a. Fuente: CEBALLOS (1938)

III	
Invasión de matorral heliófilo.	RETAMARES <i>(Retama sphaerocarpa)</i>
Etapa de los pinares.	<i>Pinus pinea</i> <i>Pinus pinaster</i>
Invasión de matorral colonizador a Base de Ericáceas o Cistáceas.	JARALES <i>Cistus ladanifer</i> <i>Cistus laurifolius</i>
IV	
Matorral en estado avanzado de degradación. Frecuencia de plantas espinosas. Predominio de labiadas.	<i>Artemisia glutinosa</i> <i>Helichysum stoechas</i> <i>Santolina rosmarinifolia</i> <i>Lavandula pedunculata</i> <i>Thymus zigis</i>
V	
Asociaciones herbáceas del último estado de regresión. Pseudo-estepas de gramíneas.	<i>Filago Andryala Eringium</i> Stipa-Coryneph. Bromus
VI	
Desierto	



3. VEGETACIÓN ACTUAL.

En cuanto a la clasificación de Ceballos, podemos decir que la mayoría de la cuenca se encuentra en una clase IV, es decir de matorral en estado avanzado de degradación con frecuencia de plantas espinosas y predominio de labiadas.

Es una clase que se encuentra más cercana al desierto que al estado óptimo de la zona que sería un bosque denso dominado por masas de *Quercus ilex*. De hecho hay pequeñas áreas en la zona de la cuenca de La Gaznata, en concreto la más cercana, por debajo de la estación de Navalgrande, donde esta masa de encina es densa, mixta con *Juniperus oxycedrus* (al menos el 10% de los pies).

Si se plantease una situación objetivo, para por ejemplo una repoblación forestal, esta sería la idónea por características similares de la zona.

Aún así, han sido frecuentes las repoblaciones con *Pinus sylvestris* en la zona. De hecho existe una superficie de unas aproximadas, 150 ha, provenientes de una repoblación de hace unos 30 años.

4. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA VEGETACIÓN

Diferenciamos en la zona tres estratos, con distinta proporción cada uno de ellos:

- Estrato arbóreo:

Las especies arbóreas principales y características para la cuenca son *Juniperus oxycedrus* y *Quercus ilex*, siendo la presencia relativa de la primera mucho mayor. Además en la zona es importante considerar las masas de *Pinus pinaste* y *Pinus pinea*, que dan ese nombre característico de tierra de pinares.

También se puede observar algún pie de *Quercus pyrenaica*, pero únicamente de manera aislada y como reducto en zonas más húmedas.

Porcentaje de extensión 10 %

- Estrato arbustivo:

En el estrato arbustivo la mayor importancia corresponde a *Cytisus*, *Cytisus scoparius*, *Retama sphaerocarpa*, *Genista cinerascens*, *Adenocarpus aureus*, *Quercus ilex* y *Juniperus oxycedrus*, apareciendo también *Quercus pyrenaica*, *Crataegus monogyna*, *Salix sp.*, *Phyllirea angustifolia*.

El estrato subarbustivo está compuesto por *Thymus sp.*, pies menores de algunas de la mencionadas y también con una amplia representación *Lavandula stoechas pendunculata*, *Helichrysum stoechas*.

Porcentaje de extensión 35 %

- Estrato herbáceo.

Finalmente hay que hacer una reseña a la vegetación de carácter herbáceo, que en zonas, como la cabecera, puede llegar a alcanzar una importancia alta. Esto además se une a que estos prados de montaña son aprovechados por el ganado a diente (bovino, caballa y ovino, en menor medida). Los géneros más representativos son: *Dactylis*, *Trifolium*, *Poa*, *Festuca*, *Briza*, *Psoralea*, *Avena*, *Aegilops*, *Sanguisorba* y *Bromus*.

Porcentaje de extensión 55 %

Anexo VI. Características socioeconómicas.

Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de los Santos, Herradón (Ávila).

Álvaro Jiménez González

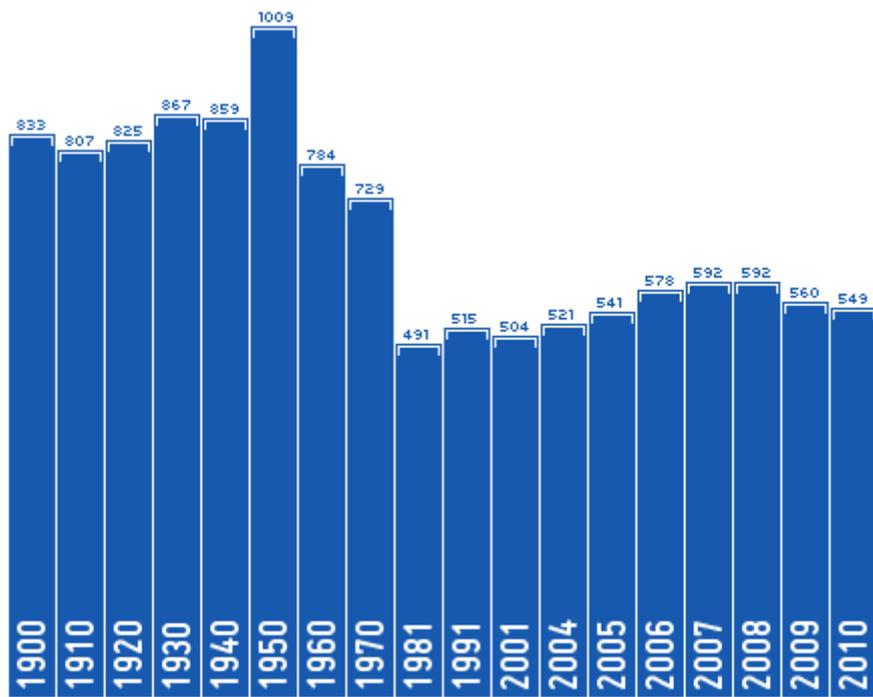


1. DINÁMICA DEMOGRÁFICA DE LA POBLACIÓN.

La población actual es resultado de varios procesos que han acontecido en los últimos años. El principal de ellos ha sido el notable descenso poblacional que se produjo en el siglo XX. Este éxodo rural fue motivado, en gran medida a la industrialización de la ciudad, y a la inmigración de población activa a núcleos poblacionales mayores como Ávila o Madrid, en los que existen mayores oportunidades laborales y de mayor rango que respecto a las que existían actualmente y existen en El Herradón.

Como se puede ver en la figura 1, el cambio fue notable en el cambio de década de los 70 a los 80 del siglo XX.

Como anécdota, la población máxima que se estableció en el municipio fue de 1009 personas en 1950.



gráfica de población desde 1900 hasta 2010
[HABITANTES x AÑO] Fuente: INE 2010

Figura 1. Gráfica de población desde 1900 hasta 2010. Habitantes por año. Fuente: INE 2010.

Desde el 2001, ha habido un ligero repunte poblacional, motivado en gran parte por el desarrollo del núcleo de La Cañada, cercano a las vías del tren y con estación propia. El desarrollo de urbanizaciones y viviendas unifamiliares, hizo que no se perdiese tampoco población en exceso.

Aún así se aprecia de nuevo una ligera tendencia descendente desde 2008.

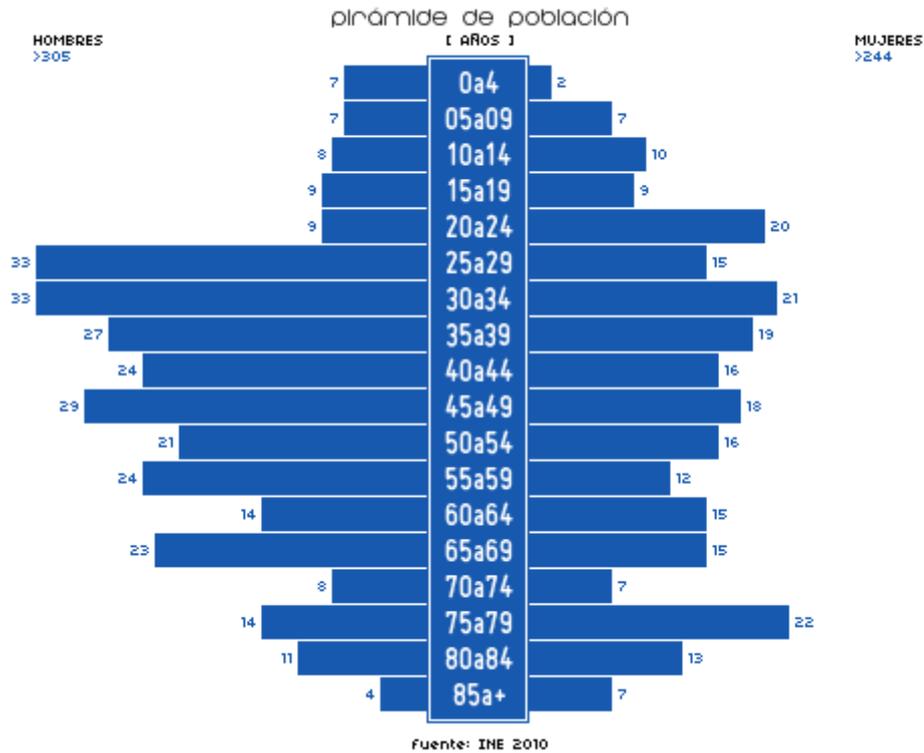


Figura 2. Pirámide de población por rangos de edad. Fuente: INE 2010.

La población según el censo de 2010, se encuentra distribuida de la manera que se aprecia en la pirámide poblacional, con un núcleo importante de 25-55, por lo tanto en edad laboral, pero en su base, la población juvenil es escasa.

Según últimos datos de 2013, la población para el Herradón es de 498 personas, con lo cual supone un descenso significativo de casi 50 personas en tres años.

2. LA ACTIVIDAD DE LA POBLACIÓN.

Según los últimos datos de I.N.E. en 2005, la tasa de actividad corresponde a un 37,47%, que dividido por sectores económicos son: 18,5% para la agricultura; 20,7% de industria; 21,3% para la construcción y al sector servicios le corresponde un 19,7%.

Claramente estos datos se ven afectados por la actual situación económica, pero no se han podido conocer los actuales por municipios.

A destacar por importancia, está el sector agrícola y ganadero, que además están estrechamente ligados al entorno a tratar en este proyecto.

A datos de 2009:

- El número de explotaciones agrarias es de 29
- La superficie agrícola es de 3.687,26 ha.
- Las cabezas ganaderas son 2.329,1 animales.

Anexo VII. Catálogo de fauna de la zona.

Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de Los Santos, Herradón (Ávila).

Álvaro Jiménez González



CATÁLOGO DE FAUNA DE LA ZONA

Se enumeran a continuación las diferentes especies que bien de una manera permanente o bien de manera ocasional tienen todo o parte de su hábitat en las inmediaciones del río Gaznata y por lo tanto que pueden aparecer en la zona:

1. AVES

- F. ARDEIDAE
 - Garza real (*Ardea cinerea*)
- F. CICONIIDAE
 - Cigüeña negra (*Ciconia nigra*)
 - Cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*)
- F. ANATIDAE
 - Ánade real (*Anas platyrhynchos*)
 - Cerceta común (*Anas crecca*)
- F. RALLIDAE
 - Focha común (*Fulica atra*)
- F. SCOLOPACIDAE
 - Agachadiza común (*Gallinago gallinago*)
 - Agachadiza chica (*Lymnocyptes minima*)
- F. PHASIANIDAE
 - Faisán (*Phasianus colchicus*)
- F. ACCIPITRIDAE
 - Águila imperial (*Aquila adalberti*)
 - Águila culebrera (*Circaetus gallicus*)
 - Águila calzada (*Hieratus pennatus*)
 - Águila real (*Aquila chrysaetos*)
 - Azor (*Accipiter gentilis*)
 - Milano negro (*Milvus milvus*)
 - Milano real (*Milvus milvus*)
 - Gavilán (*Accipiter nisus*)
 - Ratonero (*Buteo buteo*)
 - Buitre leonado (*Gyps fulvus*)
 - Buitre negro (*Aegypinus monachus*)
- F. FALCONIDAE
 - Cernícalo vulgar (*Falco trinnunculus*)
 - Halcón peregrino (*Falco peregrinus*)
- F. TYTONIDAE
 - Lechuza común (*Tyto alba*)
- F. STRIGIDAE
 - Búho real (*Buho buho*)
 - Mochuelo común (*Athene noctua*)
 - Cárabo (*Strix aluco*)
 - Autillo (*Otus scops*)
- F. PHASIANIDAE
 - Codorniz común (*Coturnix coturnix*)
 - Perdiz roja (*Alectoris rufa*)
- F. COLUMBIDAE
 - Tórtola (*Streptopelia turtur*)
 - Paloma torcaz (*Columba palumbus*)
 - Paloma zurita (*Columba oenas*)
 - Paloma bravía (*Columba livia*)



- F. SCOLOPACIDAE
Chocha perdiz (*Scolopax rusticola*)
- F. CHARADRIIDAE
Avefría (*Vanellus vanellus*)
- F. CUCULIDAE
Cuco (*Cuculus canorus*)
- F. CAPRIMULGIDAE
Chotacabras gris (*Caprimulgus europaeus*)
- F. MEROPIDAE
Abejarruco (*Merps apiaster*)
- F. UPUPIIDAE
Abubilla (*Upupa epops*)
- F. PICIDAE
Pito real (*Picus viridis*)
Pico picapinos (*Dendrocopus major*)
- F. ALAUDIDAE
Alondra común (*Alauda arvensis*)
- F. HIRUNDINIDAE
Golondrina común (*Hirundo rustica*)
- F. MONTACILLIDAE
Montacilla alba
- F. TURDIDAE
Petirrojo (*Erithacus rubecula*)
Zorzal charlo (*Turdus viscivorus*)
Zorzal común (*Turdus philomelos*)
Zorzal alirrojo (*Turdus iliacus*)
Mirlo común (*Turdus merula*)
- F. SYLVIIDAE
Mosquitero común (*Phylloscopus collybita*)
- F. PARIDAE
Herrerillo capuchino (*Parus cristatus*)
Carbonero garrapinos (*Parus ater*)
Herrerillo común (*Parus caeruleus*)
Carbonero común (*Parus major*)
- F. CERTHIIDAE
Agateador común (*Certhia brachydactyla*)
- F. ORIOLIDAE
Oropéndula (*Oriolus oriolus*)
- F. LANIIDAE
Alcaudón real (*Lanius excubitor*)
Alcaudón común (*Lanius senator*)
- F. CORVIDAE
Arrendajo (*Garrulus glandarius*)
Rabilargo (*Cyanopica cyana*)
Urraca (*Pica pica*)
Grajilla (*Corvus monedula*)
Cuervo (*Corvus corax*)
- F. STURNIDAE
Estornino negro (*Sturnus unicolor*)
Estornino pinto (*Sturnus vulgaris*)
- F. PASSERIDAE
Gorrión doméstico (*Passer domesticus*)



- Gorrión molinero (*Passer montanus*)
- F. FRINGILLIDAE
 - Verdecillo (*Serinus serinus*)
 - Verderón común (*Carduelis chloris*)
 - Jilguero (*Carduelis carduelis*)
 - Lúgano (*Carduelis spinus*)
 - Pardillo común (*Carduelis cannabina*)
- F. EMBERZIDAE
 - Escribano montesino (*Emberiza cia*)
 - Triguero (*Miliaria calandra*)

2. MAMÍFEROS

- F. ERINACEIDAE
 - Erizo común (*Erinaceus europaeus*)
- F. SORICIDAE
 - Musaraña común (*Crocidura rusula*)
- F. TALPIDAE
 - Topo común (*Talpa occidentalis*)
- F. VESPERTILIONIDAE
 - Murciélago común (*Pipistrelus pipistrelus*)
- F. LEPORIDAE
 - Liebre (*Lepus capensis*)
 - Conejo de monte (*Oryctolagus cuniculus*)
- F. SCIURIDAE
 - Ardilla común (*Sciurus vulgaris*)
- F. ARVICOLIDAE
 - Rata de agua (*Arvicola sapidus*)
- F. MURIDAE
 - Ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*)
 - Rata común (*Rattus norvegicus*)
 - Ratón casero (*Mus musculus*)
- F. CANIDAE
 - Zorro (*Vulpes vulpes*)
 - Lobo (*Canis lupus signatus*)
- F. MUSTELIDAE
 - Visón americano (*Mustela vison*)
 - Turón (*Mustela putorius*)
 - Garduña (*Martes foina*)
 - Comadreja (*Mustela nivalis*)
 - Tejón (*Meles meles*)
- F. VIVERRIDAE
 - Gineta (*Genetta genetta*)
- F. FELIDAE
 - Gato montés (*Felix silvestris*)
- F. SUIDAE
 - Jabalí (*Sus scrofa*)
- F. CERVIDAE
 - Ciervo común (*Cervus elaphus*)
 - Corzo (*Capreolus capreolus*)



3. REPTILES

- F. COLUBRIDAE
 - Culebra bastarda (*Malpolon monspessulanus*)
 - Culebra de collar (*Natrix natrix*)
 - Culebra de cogulla (*Macroprotodon cucullatus*)
 - Culebra de escalera (*Elaphe scalaris*)
 - Culebra de herradura (*Coluber hippocrepis*)
 - Culebra viperina (*Natrix maura*)
- F. VIPERIDAE
 - Víbora hocicuda (*Vipera latastei*)
- F. LACERTIDAE
 - Lagartija ibérica (*Podarcis hispanica*)
 - Lagarto verdinegro (*Lacerta schreiberi*)
 - Lagarto ocelado (*Lacerta lepida*)

4. ANFIBIOS

- F. RANIDAE
 - Rana patilarga (*Rana iberica*)
 - Rana común (*Rana perezi*)
- F. SALAMANDRIDAE
 - Salamandra común (*Salamandra salamandra*)
- F. DISCOGLOSSIDAE
 - Sapo partero común (*Alytes obstetricans*)
 - Sapo partero ibérico (*Alytes cisternasii*)
 - Sapillo pintojo (*Discoglossus galganoi*)
- F. BUFONIDAE
 - Sapo común (*Bufo bufo*)

5. PECES

- F. CYPRINIDAE
 - Barbo ibérico (*Barbus bocagei*)
 - Carpín oriental (*Carassius amatus*)
 - Carpín europeo (*Carassius carassius*)
 - Carpa común (*Cyprinus carpio*)
 - Boga de río (*Chondrostoma polylepis*)
 - Boga madrilla (*Chondostrema toxostoma*)
 - Gobio (*Gobio gobio*)
 - Cacho (*Leucistus cephalus*)
- F. CENTRACHIDAE
 - Black-bass o perca americana (*Micropterus salmoides*)

Anexo VIII. Hidrología forestal

Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de Los Santos, Herradón (Ávila).

Álvaro Jiménez González



1. DESCRIPCIÓN HIDROLÓGICA

Caracterizada de forma general la cuenca en el apartado 5 de la memoria, se procede en este anexo a profundizar en los aspectos hidrológicos más relevantes.

En primer lugar se caracterizará el suelo en unidades edáficas, basándonos en la primera aproximación expuesta en el estudio edafológico. Posteriormente se realizará una clasificación hidrológica a partir de características que rigen el proceso de transformación de lluvia en escorrentía.

Una vez clasificados los suelos y agrupados en unidades de superficie, se procede a evaluar por estas unidades, el comportamiento hidrológico, de manera puntual para un aguacero posteriormente calculado y de manera general para un año hidrológico medio. Esto todo sin perder de vista el nivel cuenca como referencia de trabajo.

Por último para entender el funcionamiento hidrológico de la cuenca, se obtendrán los caudales punta a sección de cierre y se evaluará la cuenca mediante una sencilla evaluación con el programa HEC-HMS.

2. LOS SUELOS DE LA CUENCA VERTIENTE

Ya en el apartado de estudio edafológico, se hizo una primera división de zonas de suelos: laderas, nacimientos de cursos fluviales, penillanuras y zonas más desarrolladas (correspondiente con suelos pardo húmedos). De cada una de estas zonas se dijo el tipo de suelo más común según clasificaciones de la U.S.D.A. Siguiendo con esta clasificación, se ha querido agrupar los suelos en varias unidades de características hidrológicas semejantes y de características topográficas iguales. Además se ha incluido categorías que están marcadas por su uso, como es el caso de las carreteras.

Para cada unidad de suelo, está estimada la distribución de fracciones para su cálculo de texturas, la curva granulométrica acumulada y el triángulo de conductividad hidráulica a saturación. Así pues tenemos las siguientes unidades en la cuenca:

Litosuelos:

Corresponden a zonas de penillanura, de grandes pendientes y con vegetación muy escasa o nula. Se trata de la roca madre, el granito en mayor parte.

No tiene sentido dar una distribución de texturas en una zona en la que el suelo es escaso y únicamente está formado por la roca madre. Por lo tanto se omite este punto.

Nacimientos de cursos fluviales:

Se han clasificado siguiendo la U.S.D.A. como *Dystric Haplustepts*. Se ha querido separar en una unidad propia debido a su importancia como concentración de flujo superficial, su hidrología subterránea característica, su importancia como prados húmedos para el ganado y su mayor profundidad respecto a suelos de penillanura. Además se asientan en sectores de pendiente suave.

Sus características se representan mediante los resultados del análisis de suelo de una calicata abierta en una zona de nacimientos cercana además al curso fluvial, por lo entre la zona de penillanura y de fondo de valle. Se trata de una zona con los suelos más profundos y desarrollados de la cuenca. La profundidad de la calicata fue de unos 130 cm, aunque no alcanzó la roca madre (que se estima se localiza a 2 m de profundidad aproximadamente).

Los tres horizontes diferenciados son:

- **Horizonte A:** El superior de tono pardo oscuro. Con una profundidad de 40 cm. Con afloramientos rocosos escasos. No se aprecia un horizonte húmico superior. Granulometría fina.

En cuanto a la textura, se realiza una descripción por clases texturales en campo y obtenemos la siguiente distribución:

- Arcilla: 12 %
- Arena: 54 %
- Limo: 34%

Así utilizando el triángulo de clasificación estructural:

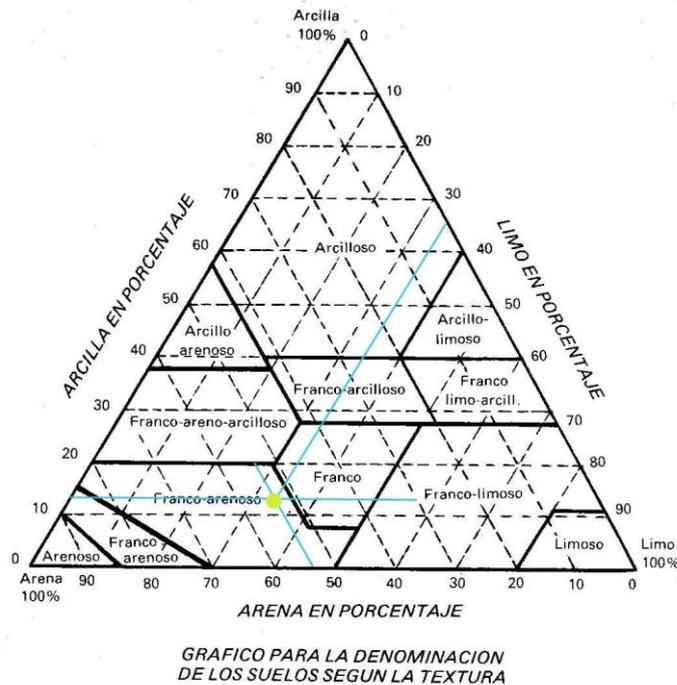


Figura 1. Triángulo de clasificación estructural según la clasificación de la U.S.D.A para los suelos de nacimientos de cursos fluviales. Fuente: NAVARRO (2013)

Se trata por tanto, de un suelo Franco-Arenoso.

Así tenemos un % de arena muy fina de 9 % aproximadamente.

- **Horizonte de transición AB:** De unos 20 cm. El tono pardo oscuro, se va aclarando y mezclando con tonos grises que veremos en el siguiente horizonte. La granulometría va aumentando en tamaño. No se ha realizado una clasificación por textura dado que presenta características similares al horizonte superior.
- **Horizonte B:** De una profundidad de unos 70 cm aproximadamente, aunque no se llega a alcanzar la roca madre. Aparecen bastantes partes grisáceas, indicativo de la hidromorfía de este suelo. Este exceso de agua contrasta con otros suelos de la cuenca en los que el agua retenida es escasa. Es por tanto un horizonte sometido a procesos anaerobios. La granulometría es media, mayor que la del horizonte A, aún así nos encontramos en la misma clase textural: Franco-Arenosa.



Figura 4. A) Vista de la calicata en la zona de nacimientos B) Vista del primer horizonte superficial A.
Fuente: Propia.



Figura 5. C) Zona inferior del horizonte A, con una pequeña zona de transición. D) Vista desde el margen inferior de A hasta el final aproximado del horizonte B. Fuente: Propia.



Ranker con vegetación:

Se trata de suelos de ladera que han sido colonizados por la vegetación existente en la zona, pero sin llegar a espesuras importantes. Además están caracterizados por el gran número de afloramientos rocosos que limitan en parte esta colonización de la vegetación. La vegetación en este caso se puede ver favorecida, dado que se encuentra en su mayoría en una zona de umbría.

En cuanto a los suelos, son muy parecidos a la zona de penillanura, de hecho la diferencia entre una y otra unidad radica en la existencia de vegetación o la ausencia y en la presencia de más o menos rocas.

Penillanura:

Sin duda, el suelo más extendido de todos, no únicamente en la cuenca definida, sino que también en el entorno cercano. De marcada influencia silícica, con afloramientos rocosos puntuales y en ocasiones abundantes, pero no tanto como para llegar a constituir un litosuelo. En gran parte, dominado en abundancia relativa por arenas silíceas, originarias de la roca madre granítica. La pendiente en estas zonas va de suave a moderada. La vegetación en esta unidad, es más bien rala, con algunos pies arbóreos aislados y con zonas con abundancia de sobretodo, el piorno serrano (*Cytisus purgans*).

Para su análisis se ha procedido a la apertura de una calicata en una zona de pendiente media, en la que la presencia de rocas era escasa. Su profundidad es de 57 cm, lo que denota un suelo poco evolucionado y susceptible a la erosión. Se aprecian tres horizontes:

- **Horizonte A:** El superior con un color pardo, un poco más oscuro que el siguiente. No se aprecia ningún horizonte de acumulación de materia orgánica. Se puede tratar del suelo descrito en el apartado de estudio edafológico como suelo "Pardo Oligotrófico", siguiendo la clasificación propuesta por J.M. Gandullo. Además casa perfectamente con el suelo descrito en el Proyecto de Ordenación de "El Alijar" en "Las Navas del Marqués". La profundidad de este horizonte es de 24 cm, con una parte inferior en la que va perdiendo este color pardo oscuro, aclarándose a uno más claro.
- **Horizonte AB:** De transición entre el horizonte superior A y el B. Es esa zona que tiene una graduación de color entre el pardo oscuro del horizonte A y el más amarillento y claro del horizonte B. Tiene una profundidad de 10 cm. Su granulometría corresponde a un tamaño medio de gravas y con numerosos terrones.
- **Horizonte B:** De profundidad unos 23 cm. Con un color mucho más claro que el horizonte A. Con numerosas gravas de gran tamaño y rocas en el margen inferior que indican la presencia de la roca madre. La granulometría es de tamaño grava.

En total el perfil tiene una profundidad de unos 57 cm aproximadamente.

Dado que este suelo es el más extendido en la cuenca, es el que más importa conocer su textura y su conductividad hidráulica. Como apoyo se ha tomado como referencia para complementar la descripción textural en campo, una calicata realizada en una zona cercana por la UPM, en la que los porcentajes de texturas, han sido calculados en laboratorio. Así tenemos que:

- **Horizonte A:**
 - Arcilla: 13 %
 - Limo: 37,5 %
 - Arena: 49.5 %

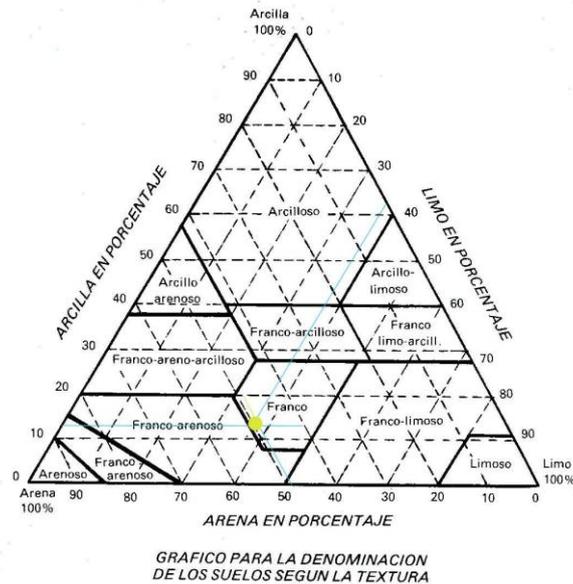


Figura 6. Triangulo de clasificación estructural según la clasificación de la U.S.D.A para los suelos de penillanura, horizonte A. Fuente: NAVARRO (2013)

Como se puede ver, se trata de un suelo Franco, pero en su límite con el Franco-Arenoso que era por ejemplo los suelos de nacimiento de cursos fluviales.

Ahora su conductividad hidráulica será la siguiente:

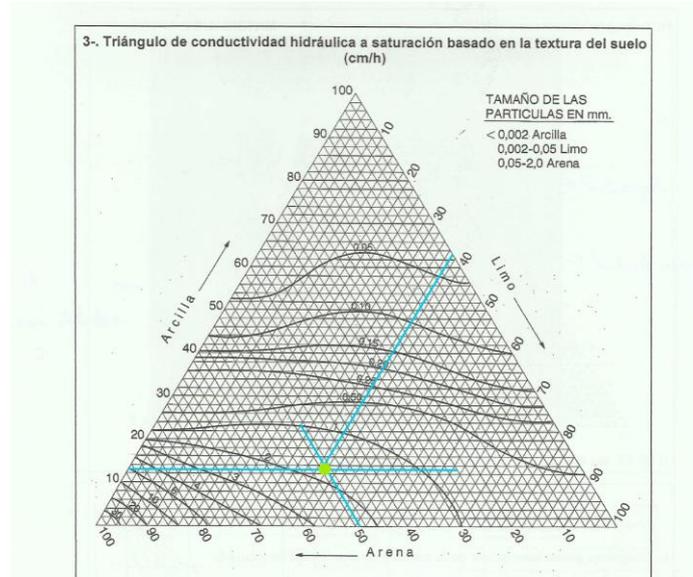


Figura 7. Triángulo de conductividad hidráulica a saturación basado en la textura del suelo según clasificación de la U.S.D.A para suelos de penillanura, horizonte A. Fuente: NAVARRO (2013)

Estaría cercana a los 2 cm/h con suelo saturado.

Su curva granulométrica es la siguiente:

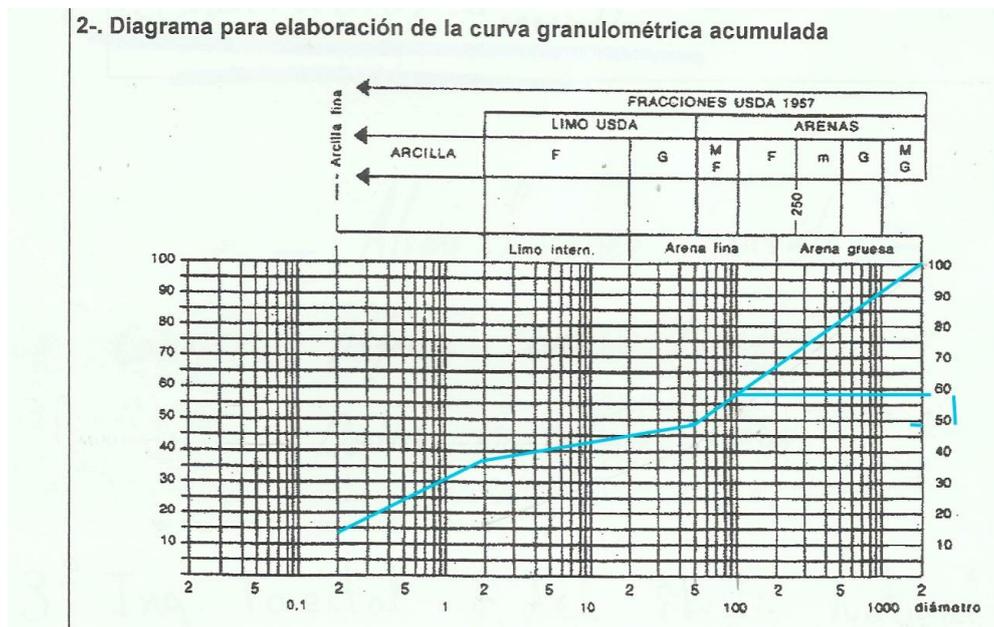


Figura 8. Diagrama para la elaboración de la curva granulométrica acumulada según fracciones de la USDA. Fuente: NAVARRO (2013)

De la diferencia obtenemos el % de arena muy fina:

$$\% \text{ arena muy fina} = 59,5 - 49,5 = 10 \%$$

Además tenemos como referencia la calicata realizada por la UPM en la que el % de arena muy fina es de 11.14 %, realizado en laboratorio.

- **Horizonte AB:** No tomamos en este horizonte las clases texturales, dado que es un horizonte de transición y por lo tanto no es del todo homogéneo. Aún así nos moveríamos en una zona de textura Franca a Franca-Arenosa.
- **Horizonte B:** Con las siguientes proporciones:
 - Arcilla: 10,5 %
 - Limo: 26 %
 - Arena: 63,5 %

Con estas vamos al triángulo de texturas.

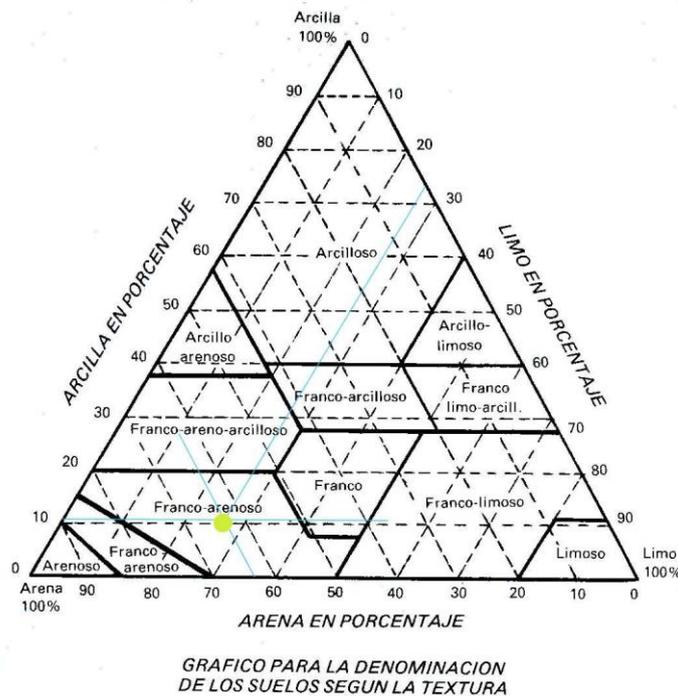


Figura 9. Triángulo de clasificación estructural según la clasificación de la U.S.D.A para los suelos de penillanura, horizonte B. Fuente: NAVARRO (2013).

En este horizonte B, vemos claramente su textura Franco-Arenosa, que en definitiva es la más extendida por todos los suelos de la cuenca y mayoritaria en la comarca e incluso en la provincia de Ávila.

En cuanto a la conductividad hidráulica, los resultados serán parecidos al horizonte A:



Figura 12. A) Vista general de la calicata del suelo de penillanura. B) Detalle de la parte superior del horizonte A. Fuente: Propia.



Figura 13. A) Horizonte A B) Horizonte de transición AB C) Horizonte inferior B. Fuente: Propia.

Fondo de valle:

Como bien indica su nombre se encuentran en las depresiones de la cuenca por donde discurre el curso principal. En su entorno se pueden dar los suelos más profundos como el descrito en la unidad de nacimientos de cursos fluviales. Caracterizados por el arrastre de materiales de otras partes de la cuenca. Estos materiales, son sedimentados en zonas cercanas al curso. Son suelos frescos, colonizados por la vegetación que encuentra en esta zona un refugio del estrés hídrico acusado de la zona. Además en ocasiones el fondo de valle por donde discurre el curso principal está marcado por afloramientos rocosos que hacen que el escarpe por medio de la corriente sea limitado. Por la complejidad de los suelos no se ha podido realizar ninguna calicata o descripción edafológica, ya que es una unidad variante. Aún así es importante tener en cuenta que ocupa una superficie muy pequeña en la cuenca.



Figura 14. Algunos puntos singulares del arroyo de los Santos. Fuente: Propia.

Carreteras:

Aunque ocupan una parte mínima en la cuenca, es importante considerarlas, dado que son lugares con una impermeabilización total y con lo cual toda precipitación producida, se transforma en escorrentía directa.

No tienen ningún sentido analizar el suelo en este caso.

2.1. DIVISIÓN DE LOS SUELOS Y SUPERFICIES.

La división de los suelos de la cuenca en las unidades antes descritas se ve de manera más gráfica en el plano 4 "Suelos de la cuenca".

A continuación se exponen las superficies por unidad de suelo de la cuenca:

Tabla 1. Suelos de la cuenca y su superficie por unidad.

Suelos de la cuenca		
	Sup (ha)	%
Ranker con vegetación	21,12	13,12
Fondo de valle	1,55	0,96
Litosuelos	50,65	31,46
Nacimientos	12,63	7,84
Penillanura	73,99	45,96
Carreteras	0,09	0,06
Total	161	

Como se ha comentado antes, los suelos con mayor extensión son los clasificados como Penillanura (45,96 %) y Litosuelos (31,46 %).



2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS POR SU CONDICIÓN HIDROLÓGICA:

Según el U.S.D.A., se clasifican los suelos en cuatro grupos:

- **Grupo A:** Suelos profundos y de texturas gruesas (arenosos o areno-limosos). En ellos el agua se infiltra rápidamente aún cuando estén muy húmedos. Su potencial de escurrimiento es mínimo por su gran permeabilidad. Elevada capacidad de infiltración.
- **Grupo B:** Suelos francos y profundos, suelos franco-arenosos de mediana profundidad, y suelos arenosos de escaso espesor. Presentan una moderada permeabilidad cuando están saturados.
- **Grupo C:** Suelos franco-arcillosos con escasa capacidad de infiltración una vez saturados; también se incluyen aquí suelos que presenten horizontes someros bastante impermeables. Los suelos de este grupo poseen un bajo contenido de materia orgánica.
- **Grupo D:** Suelos muy arcillosos y profundos con alto grado de tumefacción; también se incluyen aquí los terrenos que presentan una capa de arcilla somera y muy impermeable, ciertos suelos salinos y suelos con nivel freático alto.

Así para los suelos de la cuenca tendremos lo siguiente:

Tabla 2. Suelos de la cuenca y su clasificación por grupos hidrológicos

Suelos de la cuenca	
	Grupo
Ranker con vegetación	C
Fondo de valle	C
Litosuelos	D
Nacimientos	B-C
Penillanura	C
Carreteras	D

Aunque muchos de los suelos de la cuenca como los clasificados en C, pueden por textura encontrarse en la categoría B, los numerosos afloramientos rocosos presentes en la zona condicionan la infiltración favoreciendo la escorrentía. Por ejemplo los litosuelos en los que predominan las rocas favorecen la escorrentía directa y por tanto se encuadran en una categoría D. Los nacimientos de cursos fluviales, son lugares que normalmente no tienen gran número de rocas y por tanto se hallan más cercanos por textura y profundidad a la categoría B que a la C, pero se ha querido dejarlos en esa zona de transición dado que es raro encontrar suelos de tipología B en el marco peninsular.

2.3. SUSCEPTIBILIDAD DEL SUELO A LA EROSIÓN

2.3.1. ÍNDICE DE BOUYOCOS.

Este índice establece la erosionabilidad del suelo según su tipo de textura. La expresión es la siguiente:

$$IB = \frac{\% arena + \% limo}{\% arcilla}$$

Aplicándolo para los suelos de la Cuenca queda lo siguiente:

Tabla 3. Clases estructurales según la USDA por unidad de suelos y su Índice de Bouyoucos.

Suelos de la cuenca				
	Arena	Limo	Arcilla	IB
Ranker con vegetación*	56,5	31,75	11,75	7,51
Fondo de valle	-	-	-	-
Litosuelos	-	-	-	-
Nacimientos	54	34	12	7,33
Penillanura**	56,5	31,75	11,75	7,51
Carreteras	-	-	-	-

*Se ha considerado que el suelo es el mismo que el de penillanura.

**Dado que hay varios horizontes con distintas texturas, se ha hecho una media proporcional de la textura del suelo en conjunto, tomando la profundidad de cada horizonte. Como su profundidad es más o menos parecida entre el horizonte A y el B, y su influencia en el horizonte de transición AB, semejante, se toma la misma proporción. Lo cual supone una simplificación realizando una media aritmética entre las proporciones de textura.

Como se puede ver en la tabla 3, el Índice de Bouyoucos es superior a 2, lo cual indica que son suelos erosionables. De hecho los más erosionables son los de Ranker con vegetación y Penillanura que además se acentuará dado las pendientes del suelo.

2.3.2. S.E.I. (SOIL EROSION INDEX)

La expresión es la siguiente:

$$S.E.I. = \text{Textura} * \text{Profundidad (m)} * \text{Pedregosidad (\%)}$$

Tabla 4. S.E.I. para cada una de las unidades de suelos, según se pedregosidad, textura, y profundidad.

Suelos de la cuenca	Textura	Profundidad	Pedregosidad	S.E.I.
Ranker con vegetación*	Franco-Arenosa (Franco) =3	0,2-0,57 (2)	18%(1)	6
Fondo de valle	-	-	-	-
Litosuelos	-	-	-	-
Nacimientos	Franco-Arenosa =3	0,7-1,30 (1)	5%(2)	6
Penillanura**	Franco-Arenosa (Franco) =3	0,57 (2)	10%(2*)	6-12*
Carreteras	-	-	-	-

*Se ha considerado que el suelo es el mismo que el de penillanura.

**Dado que hay varios horizontes con distintas texturas, se ha hecho una media proporcional de la textura del suelo en conjunto, tomando la profundidad de cada horizonte. Como su profundidad es más o menos parecida entre el horizonte A y el B, y su influencia en el horizonte de transición AB, semejante, se toma la misma proporción. Lo cual supone una simplificación realizando una media aritmética entre las proporciones de textura.



Tabla 5. Valores para el cálculo de SEI según la textura, profundidad y pedregosidad. Fuente: NAVARRO (2013)

grado textura	clasificación	grupos texturales (USDA)
1	ligeramente erosionable	arcillosa; arcillo-arenosa; arcillo-limosa
2	moderadamente erosionable	Franco arcillo-arenosa; franco arcillosa; franco arcillo-limosa; arenosa franca
3	altamente erosionable	Franco arenosa; franca; franco limosa; limosa

grado profundidad	clasificación	profundidad edáfica
1	ligeramente erosionable	> 75 cm
2	moderadamente erosionable	25 - 75 cm
3	altamente erosionable	< 25 cm

grado pedregosidad	clasificación	% pedregosidad
1	completamente protegido	> 10 %
2	no protegido	< 10 %

Tabla 6. Clasificación de los suelos mediante el SEI y su interpretación. Fuente: NAVARRO (2013)

grado del SEI	clasificación	intervalo
1	BAJO	0 - 3
2	MEDIO	3 - 6
3	ALTO	> 6

De los resultados podemos ver que los suelos de Ranker con vegetación y Nacimientos de curso fluviales, presentan un índice de erosión Media-Alta, mientras la zona de Penillanura, la más extensa y aplicable a la cuenca, presentan un índice de erosión Alto.

5.1.1.1. FACTOR K (U.S.L.E.)

Un breve apunte inicial para el cálculo de este factor. Para el cálculo del parámetro K, los valores de textura, M.O., y estructura se refieren a los 15-20 cm superiores del suelo mientras que los de permeabilidad se refieren a todo el perfil.

Siguiendo con las mismas unidades de suelos:

Penillanura:

Aplicamos la fórmula del factor K de la U.S.L.E.:

$$K = 10^{-6} * 2,71 * M^{1,14} * (12 - a) + 4,20 * 10^{-2} * (b - 2) + 3,23 * 10^{-2}(c - 3)$$

Donde

- K = Factor adimensional de la U.S.L.E.
- M = (% limo * % arena muy fina) * (100 - % arcilla)
- a = % de materia orgánica



- b = estructura.
- c = permeabilidad.

Para el % de arena muy fina tomaremos el dato proporcionado por el análisis edáfico realizado por el departamento de edafología de la UPM, dado que se ha realizado en laboratorio mediante tamices y es más fiable que el que se pueda extraer de la curva granulométrica. Este valor es de 11.14 %. Tampoco hay una diferencia significativa respecto al obtenido por la interpretación de la curva, un 10 %.

Otro aspecto a tener en cuenta es la materia orgánica del suelo, siguiendo el proyecto con título "Proyecto básico de ubicación, diseño y construcción de infraestructuras para laminación de avenidas en la cabecera del río Gaznata. Restauración Hidrológico-Forestal de la cuenca. Término municipal de El Herradón de Pinares. Ávila." de Jaime Antón Pacheco Taracena. En este se toma un % de MO de 1.4 para un suelo de similares características, por lo tanto será el aplicable dado que además la mayoría de los suelos dominantes en la zona no exceden el 2 % de MO. Por tanto el parámetro "a" valdrá 1.4 %.

Así de momento podemos calcular ese parámetro M:

$$M = (\% \text{ limo} + \% \text{ arena muy fina}) * (100 - \% \text{ arcilla}) = 4231.68$$

En cuanto a la estructura seguimos la siguiente figura 15 para dar un valor al parámetro b:

VALORES DEL PARAMETRO ESTRUCTURA "b"	
Granular muy fina (< 1mm)	1
Granular fina (1 - 2 mm)	2
Granular media a gruesa (2 - 10 mm)	3
Laminar, maciza y cúbica	4

Figura 15. Valores del parámetro estructura "b". Fuente: NAVARRO (2013)

En este caso se trata de una estructura media a gruesa, con valor 3.

Además debemos considerar la permeabilidad, el parámetro c, que tomará valores según lo establecido en la siguiente figura:

VALORES DEL PARAMETRO DE PERMEABILIDAD "c"		
Rápida a muy rápida	125 - 250 mm/h	1
Moderadamente rápida	62 - 125 mm/h	2
Moderada	20 - 62 mm/h	3
Moderadamente lenta	5 - 20 mm/h	4
Lenta	1,2 - 5 mm/h	5
Muy lenta	< 1,2 mm/h	6

Figura 16. Valores del parámetro de permeabilidad "c". Fuente: NAVARRO (2013)

Del triángulo de conductividad hidráulica tenemos unos valores de 20-25 mm/h, por tanto se toma el límite inferior de moderado. Valor de c = 3.

Finalmente aplicando la fórmula del factor K:

$$K = 0,335$$

Pero para obtener su valor real, debemos complementar con pedregosidad del suelo, en este caso un 10% para la zona de la calicata, aunque hay numerosos bolos y rocas que pueden llegar a ocupar un 25% de la superficie. Así tendremos un rango de valores:

$$K_{10\%} = 0,335 * (1-0,1) = 0,30$$



$$K_{25\%} = 0,335 * (1-0,25) = 0,25$$

Tomaremos el valor más desfavorable de $K = 0,30$

Ranker con vegetación

A grandes rasgos podemos aplicar el mismo valor de K para este suelo, dado que comparten muchas características similares.

$$K = 0,335$$

En cambio en cuanto a la pedregosidad, que es mayor que en el suelo anterior, 18%, el valor de K real no será el mismo:

$$K_{18\%} = 0,335 * (1-0,8) = 0,275$$

También hay zonas con mayor pedregosidad, llegando a un cuarto de la superficie, 25%, y tomando pues, el mismo valor que antes $K = 0,25$. Aún así se decide elegir como valor definitivo $K_{18\%} = 0,275$.

Nacimientos de cursos fluviales.

Aplicamos la fórmula del factor K de la U.S.L.E.:

$$K = 10^{-6} * 2,71 * M^{1-14} * (12 - a) + 4,20 * 10^{-2} * (b - 2) + 3,23 * 10^{-2} * (c - 3)$$

Donde

- K = Factor adimensional de la U.S.L.E.
- $M = (\% \text{ limo} * \% \text{ arena muy fina}) * (100 - \% \text{ arcilla})$
- $a = \% \text{ de materia orgánica}$
- $b = \text{estructura.}$
- $c = \text{permeabilidad}$

Para este suelo tenemos un % de arena muy fina de 6.5%, una fracción de limo del 34% y de arcilla del 12 %.

Con lo cual $M = 3564$

Tenemos además un 2,5 % de materia orgánica.

Una estructura media a gruesa; $b = 3$.

Y una permeabilidad obtenida en el triángulo de conductividad hidráulica de 20 mm/h por tanto, entre $c = 3-4$, tomando finalmente el valor de 4, dado que en la estructura estaba en los límites de una estructura media, más que gruesa.

Al final tenemos un valor de K :

$$K = 0,28$$

Claramente menor que para el suelo anterior, coincidiendo con los índices anteriores.



Pero debemos complementarlo con el valor de la pedregosidad, en este caso un 5%:

$$K_{5\%} = 0,28 * (1 - 0,05) = 0,267$$

Fondos de valle.

Como ya se ha comentado es una zona bastante compleja con interacción de varios suelos y por tanto inclasificable y evaluable con exactitud.

Se ha decidido como valor aproximado, un valor de K medio entre los suelos de nacimientos y los suelos de penillanura:

$$K = 0,305$$

Sumando una pedregosidad aproximada en la zona de un 15%, el valor K quedaría de la siguiente forma:

$$K_{15\%} = 0,305 * (1 - 0,15) = 0,285$$

Litosuelos.

Imposible de evaluar en un lugar que apenas hay suelo formado y domina el estrato rocoso. La pedregosidad está en torno al 80-90% y el poco suelo formado es muy similar al de penillanura, por lo que se decide tomar ese valor de K y complementarlo con la pedregosidad real:

$$K_{80-90\%} = 0,3357 * (1 - 0,85) = 0,05.$$

Carreteras

También se descarta de la introducción de este parámetro dado que lógicamente no hay suelo que evaluar. No habría emisión de sedimentos.

3. NÚMEROS DE CURVA DE LA CUENCA VERTIENTE.

El método del número de curva es una aproximación sencilla para el cálculo de la escorrentía e infiltración de una determinada zona con un suelo y vegetación definidos. Aquellas zonas en las que no se produce infiltración y toda la precipitación se transforma en escorrentía serán las que tomen el número máximo de curva de 100. Por el contrario una zona en la que se infiltre toda la precipitación y no haya escorrentía tomará un valor de NC (número de curva) de 0. Esto último es lo que persigue la hidrología de conservación, que la vegetación tenga en el suelo el máximo disponible para la zona, de agua en el suelo y por tanto para su utilización por los vegetales.

Para el cálculo de la cuenca vertiente, se seguirá utilizando las unidades antes clasificadas en los apartados anteriores. Posteriormente y de manera ponderada, se utilizará una media ponderada para dar un número de curva definitivo. Con ese número de curva será con el que trabajemos para el cálculo del umbral de escorrentía.

Además para el cálculo del número de curva para cada unidad, nos hemos apoyado en el software NumCur, en el cual están las integradas las tablas normales dependiendo del tipo de suelo (A, B, C, D) y la vegetación o uso del suelo.

Así tenemos que:

Penillanura:

Introduciendo nuestros datos: suelo C, vegetación de pastos y una condición hidrológica pobre, condicionada sobretudo por la rocosidad de la zona podemos ver lo siguiente en la figura 17.

Determinación del número de curva

Vegetación:

Vegetación general
 Vegetación de zonas áridas y semiáridas

Tipo de vegetación:
Pastizales o pastos naturales

Laboreo del terreno:

Desnudo C
 CR C + CR
 R C + T
 R + CR C + T + CR

Condición hidrológica:

Pobre
 Media
 Buena

Tipo de suelo:
Grupo: C

Nº de curva: 86

Figura 17. Determinación del número de curva mediante el programa NumCurv para suelos de penillanura. Fuente: Propia.

Un número de curva de 86, que resulta bastante alto en esta escala.

Ranker con vegetación

El número de curva será muy parecido al de la unidad anterior, pero hay que sumar un factor importantísimo, la vegetación. La vegetación siempre es una mejora en términos de la hidrología de conservación de aguas (HICONA). Disminuirá la escorrentía y por tanto su NC.

Elegimos una vegetación de matorral-herbazal, dado que la cobertura no es completa del matorral. Además seguimos en un suelo tipo C:

Determinación del número de curva

Vegetación:

Vegetación general
 Vegetación de zonas áridas y semiáridas

Tipo de vegetación:
Matorral-herbazal, siendo el matorral preponderante

Laboreo del terreno:

Desnudo C
 CR C + CR
 R C + T
 R + CR C + T + CR

Condición hidrológica:

Pobre
 Media
 Buena

Tipo de suelo:
Grupo: C

Nº de curva: 77

Figura 18. Determinación del número de curva mediante el programa NumCurv para suelos de ranker con vegetación. Fuente: Propia.

Obtenemos un número de curva de 77, nueve puntos inferior que la zona de penillanura.

Nacimientos de cursos fluviales.

En este caso lo que más se ajustaría como vegetación sería una zona de prados permanentes que no tiene una sequía tan acusada como el resto de las zonas. Además podemos considerar que tiene una mejor condición hidrológica, media que favorece la infiltración. En cambio seguimos en un suelo C:

Figura 19. Determinación del número de curva mediante el programa NumCurv para suelos de nacimientos de cursos fluviales. Fuente: Propia.

Así tenemos un NC de 71.

Fondos de valle.

Es un poco complicado siguiendo tanto tablas como el software dar un número exacto para esta zona de interacción del resto de unidades, aún así haremos una aproximación considerando que tiene el mismo número de curva que la unidad anterior, 71.

Litosuelos.

En esta unidad es importantísimo considerar el alto grado de impermeabilidad debido a los numerosos afloramientos rocosos que tiene la zona. Así por tanto inicialmente estamos ante un NC alto. Lo más cercano que podemos estar según el tipo de suelo, para las tablas son caminos con firme. Así tenemos un NC aproximado de 90:

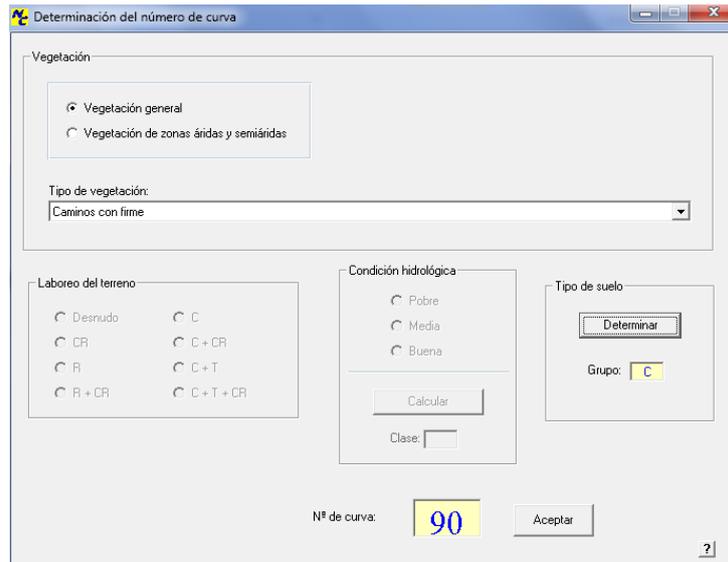


Figura 20. Determinación del número de curva mediante el programa NumCurv para litosuelos. Fuente: Propia.

Carreteras

Otra unidad que a priori tendrá un número de curva alto. Considerando que puede haber una parte pequeña que se infiltre, daremos un NC de 95 aproximadamente.

Todos estos valores se han tomado para unas condiciones medias, es decir ni un suelo saturado ni un suelo seco durante un periodo bastante prolongado.



Una vez evaluada cada unidad, pasamos a nivel cuenca, dando una media ponderada por superficie.

Tabla 7. Suelos de la cuenca y su número de curva asociado.

Suelos de la cuenca			
	NC	Sup (ha)	%
Ranker con vegetación	77	21,12	13,12
Fondo de valle	71	1,55	0,96
Litosuelos	90	50,65	31,46
Nacimientos	71	12,63	7,84
Penillanura	86	73,99	45,96
Carreteras	95	0,09	0,06
Total		161	

$$N_{II} = \frac{\sum(N_{IIi} * S_i)}{S_T} = 84,24$$

Donde:

- N_{II} = Número de curva medio para la cuenca en condiciones de saturación medias.
- S_i = Superficie de cada unidad.
- N_{IIi} = Número curva de cada unidad.
- S_T = Superficie total de la cuenca.

Con estos datos además podemos calcular el umbral de escorrentía del suelo, es decir a partir de que precipitación, el suelo de la cuenca se satura y comienza la escorrentía. Para ello aplicamos la siguiente expresión:

$$P_0 = 0,2 * S$$

Donde:

- P_0 = Umbral de escorrentía en mm.

$$S = \frac{25400}{N_{II}} - 254$$

Tomando el valor anterior del número de curva medio de la cuenca para condiciones medias ($N_{II} = 84.24$).

Tenemos finalmente que:

$$P_0 = 9,50 \text{ mm.}$$

Lo que se traduce en que cualquier precipitación mayor de 9,50 mm, producirá escorrentía en la cuenca.



4. ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS DE SUELO EN UN TERRENO POR EROSIÓN LAMINAR Y EN REGUEROS (U.S.L.E.).

Ante la imposibilidad de calcular para algunas unidades de suelos, la emisión de sedimentos, se procede a valorar la cuenca como unidad de cálculo. De hecho sería lo más correcto dado que queremos calcular directamente los sedimentos que se producen en la cuenca para un año. Aún así el apartado relativo a la vegetación, C, se procederá a diferenciar siguiendo estas unidades establecidas.

Se obtienen las pérdidas que se producen en una parcela sometida a un:

- Factor de clima, índice de erosionabilidad pluvial “R”.
- Factor de suelo, índice de erosionabilidad del suelo “K”.
- Factor longitud de ladera “L”.
- Factor pendiente “S”.
- Factor cubierta vegetal “C”.
- Factor de prácticas de conservación de suelo “P”.

Todos ellos definen “A” que es la pérdida de suelo por unidad de superficie, que se obtiene por el producto del resto de los factores. Por tanto:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Dimensionalmente:

- A = t/ha
- R = J/m² x cm/hora
- K = (t x m² x hora) / (ha x J x cm)
- L = adimensional
- S = adimensional
- C = adimensional
- P = adimensional

La ecuación permite averiguar órdenes de magnitud y poder comparar situaciones; la pérdida del suelo depende de la profundidad y regeneración del mismo, se establecen como admisibles entre 2-6 t/ha/año; en España se siguen empleando las tablas tabuladas del extinto I.C.O.N.A. En la que se aceptan pérdidas comprendidas entre 10-12 t/ha/año.

Factor de clima, índice de erosionabilidad pluvial “R”.

El factor R de la U.S.L.E. se define para la región (región I, véase figura 21) con la siguiente expresión:

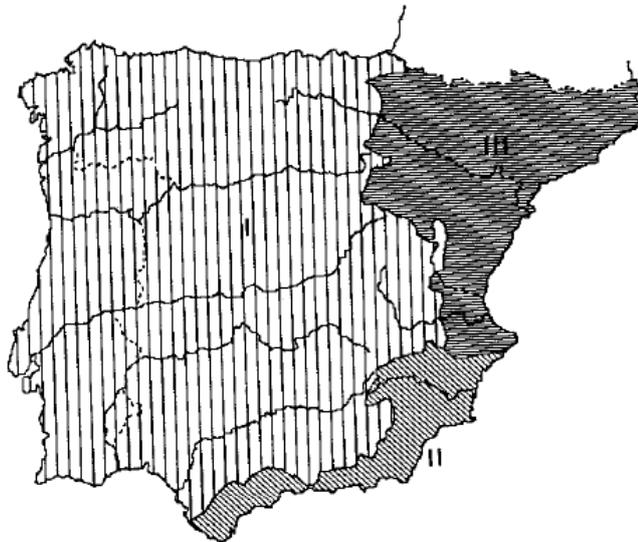
$$R = e^{-0,0924} * (PMEX)^{1,314} * (MR)^{-0,388} * (F_{24})^{0,563}$$

Donde:

- PMEX = Precipitación media meses más lluviosos. (En el caso de cada año, el mes más lluvioso de ese año)
- MR = Media de las precipitaciones Oct-May (Para el caso de cada año, la suma de esas precipitaciones)
- F_{24} = Factor de Fournier modificado a llluvias diarias, medio.

Para un año i:

$$F_{24i} = \frac{(P_i \text{ max diaria})^2}{\sum_{j=1}^{12} P_i \text{ max diarias } j}$$



I: $R = e^{-0,834} (PMEX)^{1,314} (MR)^{-0,388} (F24)^{0,563}$
 II: $R = e^{-1,235} (PMEX)^{1,297} (MR)^{-0,511} (MV)^{0,366} (F24)^{0,414}$
 III: $R = e^{0,734} (T2)^{1,031} (T10)^{-0,828} (E)^{-0,482} (PMEX)^{1,628} (MR)^{-1,22} (MV)^{0,536} (F24)^{0,800} e^{(2,740,211)} e^{(2,9X-0,157)}$

Figura 21. Regiones de la Península Ibérica para el factor R de la USLE. Fuente: NAVARRO (2013).

Tomamos para su cálculo una serie de 10 años en la que no hay ningún dato ausente. La serie elegida es la comprendida entre 1992-2001. Se continúa trabajando con la misma estación meteorológica, la de Aldea del Rey Niño.



Tabla 8. Tabla para el cálculo del factor R de la ecuación de la USLE.

FACTOR R					
Año/Mes	PMEX	MV	MR	F24	R
1992	93,6	147,1	280,2	3,19	36,3
octubre					
1993	190,7	89,7	497,6	7,25	117,4
septiembre					
1994	91,6	65,2	308,3	4,15	39,4
mayo					
1995	91,6	76,7	284,9	11,64	72,6
diciembre					
1996	348,4	65,9	823,7	39,84	556,1
enero					
1997	224	192,1	536,5	27,93	301,0
noviembre					
1998	134,9	86,7	379,8	12,00	109,9
mayo					
1999	91,3	80,5	338,6	2,95	31,2
octubre					
2000	202,5	89,4	581,3	17,58	197,0
diciembre					
2001	106,9	116,5	381,6	5,33	51,2
octubre					
PARA TODA SERIE					
	157.55	100.98	441.25	13.19	134.1

Vemos además del resultado de R global, que hay una serie de años en concreto el 1996 y 1997 en los cuales el valor de R toma unos valores muy altos un indicativo perfecto de la influencia de las precipitaciones en los estados erosivos de la zona.

Finalmente tomamos ese valor de $R = 134,1(J \times m^2 \times cm) / hora$ que es superior de 100 $(J \times m^2 \times cm) / hora$ que se establece para determinar la gran erosionabilidad del clima.

Este resultado está dentro del rango de valores que toma R en España, de 40-300, en concreto en la mitad de este intervalo.



Factor de suelo, índice de erosionabilidad del suelo “K”.

Como ya se ha calculado anteriormente, se exponen los valores de K para cada suelo en la siguiente tabla:

Tabla 9. Resultados para el parámetro K de la USLE por unidad de suelos.

Suelos de la cuenca	
	K
Ranker con vegetación	0,275
Fondo de valle	0,285
Litosuelos	0,05
Nacimientos	0,267
Penillanura	0,3
Carreteras	-

Factor topográfico, LS.

Este parámetro ya ha sido calculado en la parte de Parámetros de relieve de la cuenca y su valor es el siguiente:

$$L*S = 5,28$$

Factor cubierta vegetal “C”.

Este factor ha sido uno de los motivadores para diferenciar las diferentes clases de suelos en la cuenca, dado que hay grandes diferencias entre unos y otros.

En general consideramos que en la cuenca no hay ninguna formación suficientemente densa para considerarse bosque, sino que pies aislados como estrato arbóreo. Así pues utilizamos la siguiente tabla:

Valores de $C \cdot 10^3$ para pastizales, matorrales y arbustos

Cubierta vegetal		Cubierta en contacto con el suelo						
Tipo y altura de la cubierta	% de Recubrimiento	Tipo	Porcentajes de cobertura del suelo					
			0	20	40	60	80	95-100
Columna n.º 1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cubierta inapreciable		G	450	200	100	042	013	003
		W	450	240	150	090	043	011
Plantas herbáceas y matorrales ($\leq 0'5$ m)	25	G	360	170	090	038	012	003
		W	360	200	130	082	041	011
	50	G	260	130	070	035	012	003
		W	260	160	110	075	039	011
75	G	170	100	060	031	011	003	
	W	170	120	090	067	038	011	
Matorral (≤ 2 m)	25	G	400	130	090	040	013	003
		W	400	220	140	085	042	011
	50	G	340	160	085	038	012	003
		W	340	190	130	081	041	011
75	G	280	140	080	036	012	003	
	W	280	170	120	077	040	011	
Arbolado joven sin matorral apreciable (≤ 4 m)	25	G	420	190	100	041	013	003
		W	420	230	140	087	042	011
	50	G	390	180	090	040	013	003
		W	390	210	140	083	042	011
75	G	360	170	090	039	012	003	
	W	360	200	130	083	041	011	

G = cubierta en contacto con el suelo formada por pastizal con al menos 5 cm. de humus.

W = idem por plantas herbáceas con restos vegetales sin descomponer.

Figura 22. Valores del parámetro C para la ecuación de la USLE. Fuente: NAVARRO (2013).

Tomando los valores para cada unidad de suelos, tenemos los siguientes resultados:

Tabla 10. Valores del parámetro C por unidad de suelos.

Suelos de la cuenca	
	C
Ranker con vegetación	0,14
Fondo de valle	0,085
Litosuelos	0,45
Nacimientos	0,011
Penillanura	0,36
Carreteras	-

Factor de prácticas de conservación de suelo "P".

Como no hay ninguna práctica de conservación de suelos en la cuenca, este valor es $P = 1$, para todas las unidades de suelos en la zona.

FACTOR P DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN				
Pendiente %	Cultivo a nivel	Cultivo en fajas	Cultivo en terrazas (1)	
			a	b
1-2	0,60	0,30	0,12	0,05
3-8	0,50	0,25	0,10	0,05
9-12	0,60	0,30	0,12	0,05
13-16	0,70	0,35	0,14	0,05
17-20	0,80	0,40	0,16	0,06
21-25	0,90	0,45	0,18	0,06

(1) a = terrazas de desagüe encespedadas; b = terrazas de infiltración con contrapendiente.

**VALORES DE FACTOR DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS P,
EN TERRENOS FORESTALES**

Prácticas de conservación de suelos	Factor P
En curvas de nivel (1-16 % pendiente)	0,60
En curvas de nivel (15-25 % pendiente)	0,85
Terrazas (desagües encespedados)	0,14
Terrazas (desagües subterráneos)	0,05
Hoyos de nivel	0,13
Sin prácticas de conservación	1,00

Figura 23. Tablas para la determinación del factor P de la USLE. Fuente: NAVARRO (2013)

Resultados por unidad:

Tabla 11. Resultados por unidad y totales para la tasa de emisión de sedimentos anual y los valores totales de emisión de sedimentos para la cuenca según la aplicación de la ecuación de la USLE.

Suelos de la cuenca								
	K	R	L*S	C	P	A (t/ha año)	Sup (ha)	A (t/año)
Ranker con vegetación	0,275	134,1	5,28	0,14	1	27,26	21,12	575,73
Fondo de valle	0,285	134,1	5,28	0,085	1	17,15	1,55	26,59
Litosuelos	0,05	134,1	5,28	0,45	1	15,93	50,65	806,91
Nacimientos	0,267	134,1	5,28	0,011	1	2,08	12,63	26,26
Penillanura	0,3	134,1	5,28	0,36	1	76,47	73,99	5657,95
Carreteras	-	-	-	-	-	-	0,09	-
TOTALES							161	7093,44

Como vemos en la tabla 11, los suelos con mayor emisión de sedimentos en toneladas por año y hectárea son los situados en zona de penillanura, dado que presentan mayor desnudez y exposición a los procesos erosivos. Como además estos suelos son abundantes en la comarca y entorno de la cuenca de estudio, ha motivado que se encuentre dentro de una de las zonas con alto riesgo de desertificación, según el Programa de Acción Nacional contra la Desertificación. Como vemos en el termómetro del problema erosivo, Navarro, J. 2002, este valor de 76,47 t/ha año se encuentra en parte superior, dentro de las actividades de terrenos desnudos. También se encuentran en esa zona, las zonas de ranker con vegetación, los fondos de valle y los litosuelos, pero con valores muy inferiores a la región más extendida, la penillanura.

En cambio los suelos de nacimientos que también se pueden denominar pastos frescos de montaña, se encuentran dentro del rango de 0,5-5 t/ha año que se asocian a praderas y pastos (cualquier pendiente bajo una cubierta > 80%).

Un punto que quizá falte en la evaluación de la emisión de sedimentos puede ser la no evaluación de la zona denominada carreteras. En el gráfico inferior, vemos que pueden emitir grandes tasas de sedimentos al año. Pero en nuestro caso, la superficie es tan poco extensa que no merece su evaluación que sería compleja.

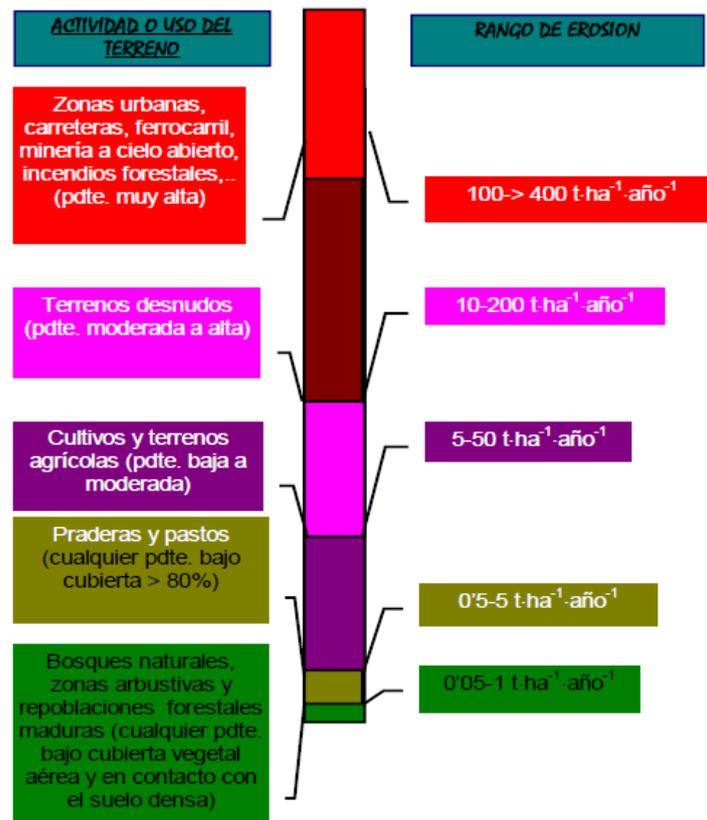


Figura 24. Termómetro del problema erosivo (NAVARRO, 2002).

5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS AGUACEROS.

Previamente al análisis estadístico de los datos, en concreto de la P_{max}, d, se va a realizar una exploración estadística, realizando una serie de comprobaciones que se muestran a continuación:

5.1. EXPLORACIÓN ESTADÍSTICA DE LA SERIE: HOMOGENEIDAD, CONSISTENCIA Y CALIDAD.

Para la serie de datos para la P_{max}, d que comprende de 1979 a 2009, en total 30 años. En total se van a seleccionar todos los valores mensuales máximos registrados para cada año de la serie y se irá analizando su distribución.

Distribución normal de la serie.

Estadísticas descriptivas:

Tabla 12. Resumen estadístico de la serie o estadísticas descriptivas.

Estadística	Pmax, d
No. de observaciones	360
Mínimo	0,000
Máximo	106,000
Mediana	12,550
Media	16,579
Varianza (n-1)	230,734
Desviación típica (n-1)	15,190

Gráfico de bigotes

Como vemos en la figura 25, la media, representada por una cruz, no se encuentra muy alejada de la mediana (recta), por tanto esa amplitud es más o menos corta. Sin embargo encontramos datos en el extremo superior que superan los 100 mm/24 h.

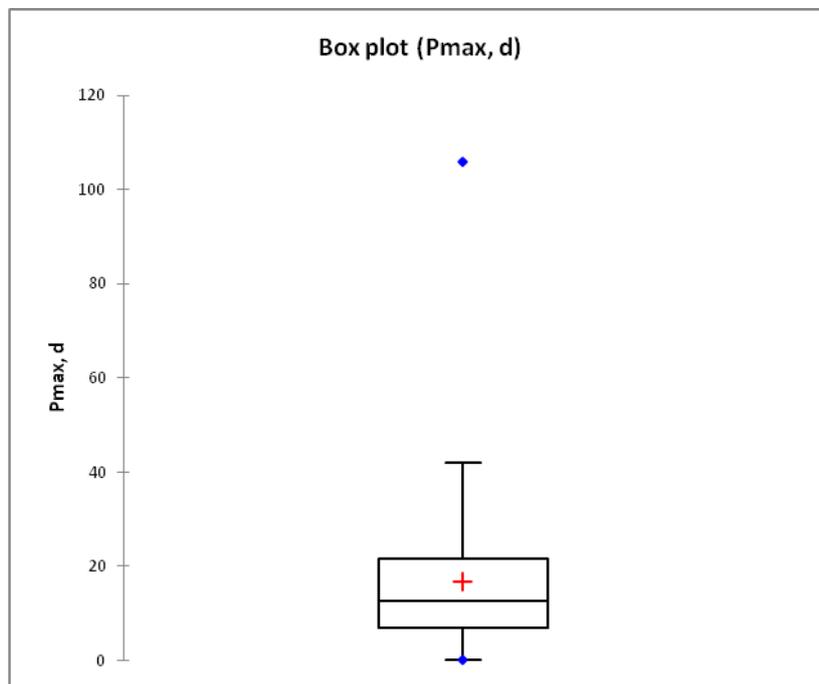


Figura 25. Gráfico de bigotes o "Box plot". Fuente: Propia.

Scattergram: Se refleja la dispersión de los valores, independiendo del mes que ocurrieron o año. Al incluir los meses de verano, es lógico que tengan un gran peso en la muestra y que supongan valores de Pmax, d bajos, dado la marcada sequía estival. La mayoría de los datos se sitúan hasta un máximo de 40 mm/h.

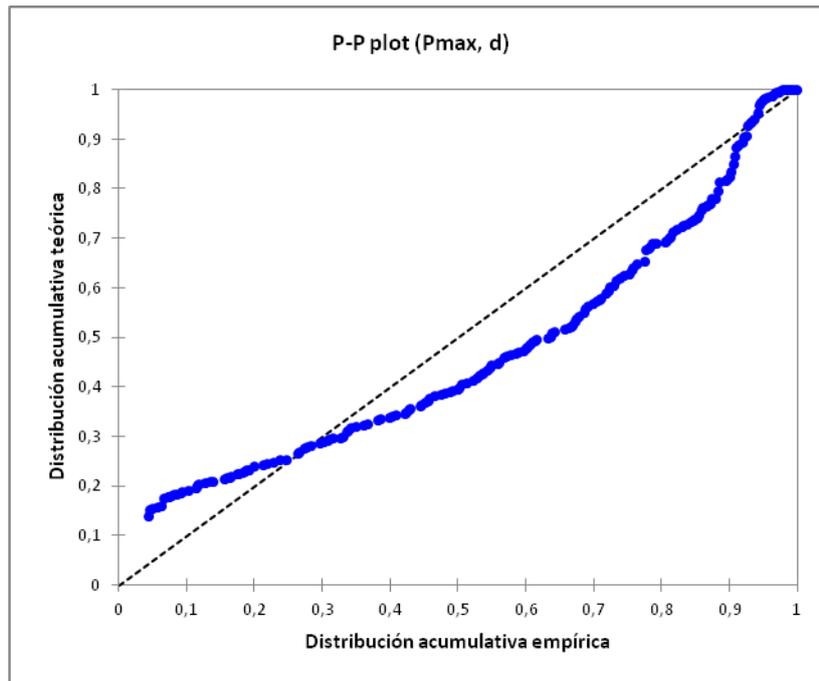


Figura 28. Gráfico "P-P plot". Fuente: Propia.

Gráfico "Q-Q plot" :

Compara en este caso los cuantiles observados (línea azul) con los teóricos de una distribución Normal de igual media y varianza (recta negra). Como en el caso anterior, estos resultados revelan una ausencia de normalidad muy probable, motivado en parte por valores en el extremo superior de la serie.

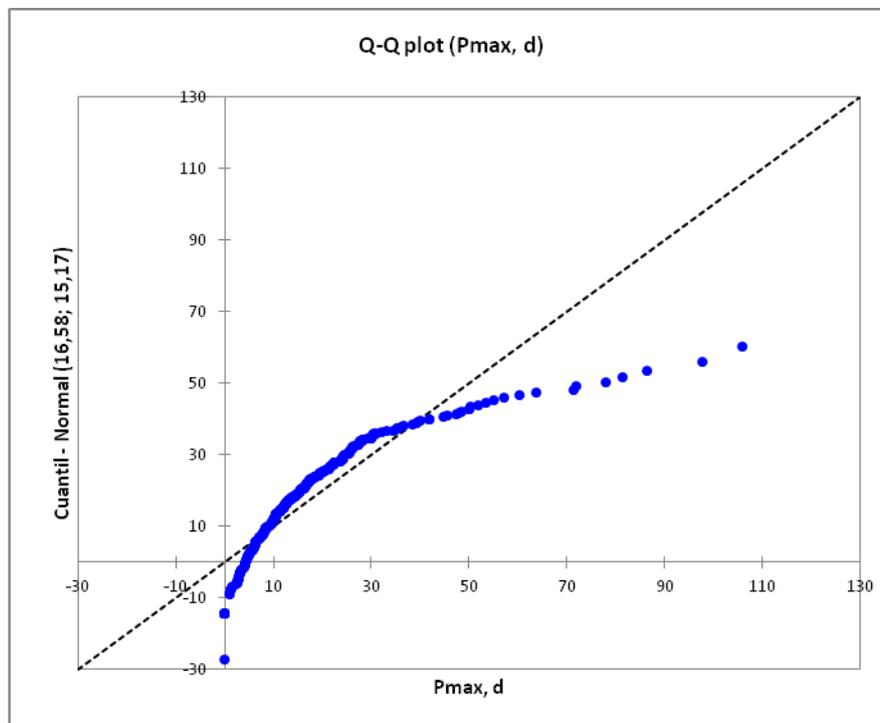


Figura 29. Gráfico "Q-Q plot". Fuente: Propia.



A modo de análisis confirmatorio de la positiva/negativa normalidad de la serie, se aplica una batería de tests como son los siguientes:

Tabla 13. Test de normalidad para la serie de la Pmax, d

Variable\Prueba	Shapiro-Wilk	Anderson-Darling	Lilliefors	Jarque-Bera
(Pmax, d)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Dado que en todos ellos, el p-valor computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 (de distribución normal), y aceptar la hipótesis alternativa H_a (No distribución normal).

Tendencia en la serie.

Existen diversas causas naturales y humanas que pueden provocar la presencia de períodos no homogéneos en la serie. Esta circunstancia se caracteriza por un cambio en la media y/o en la varianza entre dos subgrupos de la serie.

Tabla 14. Prueba de Mann-Kendall.

Prueba de Mann-Kendall / Prueba bilateral (Pmax, d):	
Tau de Kendall	0,074
S	4799,000
Var(S)	5204590,333
p-valor (bilateral)	0,035
alfa	0,05

Como el p-valor computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 (no hay tendencia en la serie), y aceptar la hipótesis alternativa H_a (hay tendencia en la serie). A juzgar por el valor de la pendiente de Sen (0.011), la tendencia es positiva (>0) y pequeña. Así pues y observando la figura 30, podemos decir que hay una ligera tendencia a la aparición de picos periódicos, en los que la precipitación máxima diaria toma valores relevantes. Esto indica de nuevo, la torrencialidad de la lluvia en la zona, con aguaceros intensos que sobresalen por encima de la media.

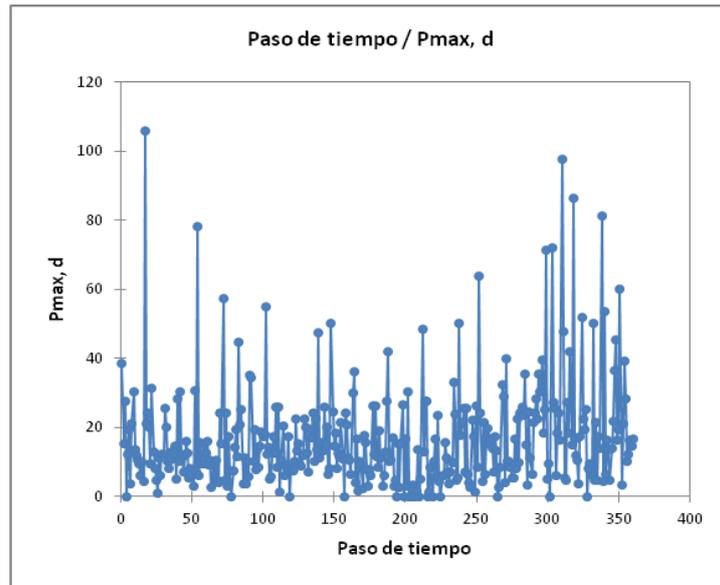


Figura 30. Gráfico de la prueba de Mann-Kendall, según el paso del tiempo. Fuente: Propia.

Homogeneidad de la serie.

Diversas circunstancias pueden provocar cambios combinados en las propiedades estadísticas de la serie (media, varianza). Estas causas pueden ser causas naturales y/o humanas (uso del suelo, reubicación medidores, derivaciones, etc). El paquete XLSTAT aplica una batería de cuatro pruebas: Pettitt (no paramétrica), Buishand, Von Neumann, y SNTH.

Tabla 15. Pruebas de homogeneidad de la serie (Pettit, SNHT, von Neumann, Buishand).

Prueba de Pettitt (Pmax, d):		Prueba de homogeneidad normal estándar (SNHT) (Pmax, d):		Prueba de von Neumann (Pmax, d):		Prueba de Buishand (Pmax, d):	
K	7058,000	T0	23,576	N	1,950	Q	38,039
t	278	t	289	p-valor (bilateral)	0,298	t	280
p-valor (bilateral)	0,004	p-valor (bilateral)	0,018	alfa	0,05	p-valor (bilateral)	0,000
alfa	0,05	alfa	0,05			alfa	0,05

Para todas ellas, Pettitt, Buishand, von Neumann, se certifica que los datos no son homogéneos, sino aleatorios.

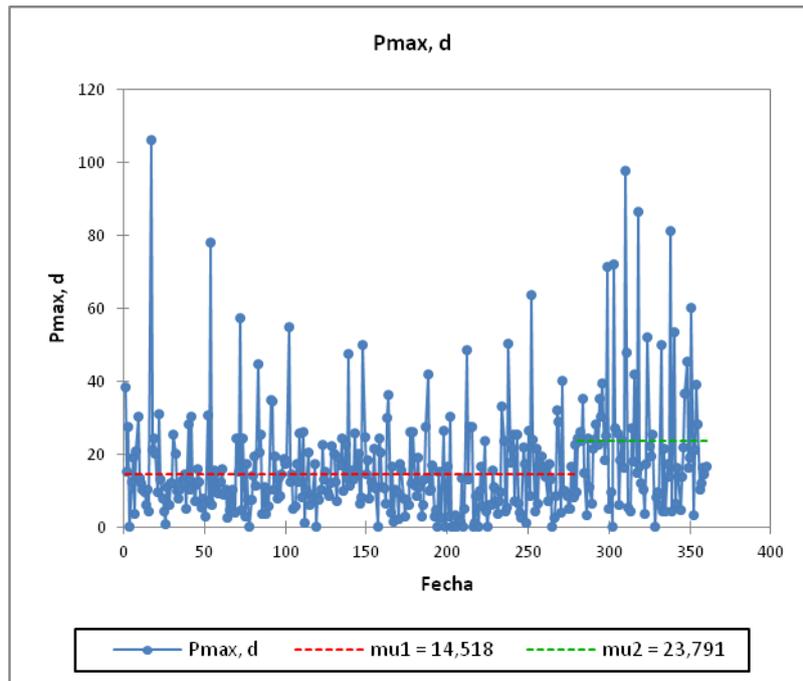


Figura 31. Gráfico con la nube de puntos de la serie de la Pmax, distribuidos a lo largo del tiempo (registros de 1-360). Fuente: Propia.

Así como vemos de nuevo en la figura 31, vemos una serie de puntos concentrados por debajo de los 40 mm/h de Pmax, d, y algunos episodios correspondientes aguaceros torrenciales, marcando una serie de picos. Son estos picos los que condicionarán el caudal de diseño de la obra, dado que son los que originan avenidas con alto riesgo para las vidas humanas y/o bienes.

Puntos anómalos o (outliers)

Tanto como en el diagrama de bigotes, figura 25, como la figura última (figura 31), se aprecian algunos puntos sobresalientes, fuera de los bigotes, por encima y para el último caso, como puntos bien destacados.

Comprobado que no hay ninguna anomalía en la serie, que son registros aleatorios, sin seguir una distribución concreta, se procede al cálculo de la Pmax, d para diferentes periodos de retorno.

6. CÁLCULO DEL AGUACERO MÁXIMO DIARIO DE CÁLCULO (P_{MAX,D}).

Para una mejor elección a diferentes periodos de retorno de la Pmax, d se utilizan los métodos más utilizados como son: Gumbel, Dirección General de Carreteras (DGC), LogPearson III y SQRT-ETmax. Para ello dos procedimientos, el más manual y largo, utilizando Gumbel y el de la DGC; y otro rápido apoyándonos en el software Retorno 2.0 desarrollado por el grupo Flumen de la Universidad Politécnica de Cataluña. Así pues comenzamos con el primer procedimiento:

6.1. MÉTODO GUMBEL (TEÓRICO)

Para el ajuste de valores extremos tales como caudales máximos o precipitaciones máximas la ley de distribución más aplicada en hidrología es la distribución de Gumbel.

$$F(x) = P(x_i \leq x) = e^{-e^{-\alpha(x-\mu)}}$$



Todas las leyes tienen uno o más parámetros que hay que estimar a partir de la muestra. En nuestro caso, seguimos considerando como muestra la misma serie que se tomó para la descripción de las precipitaciones, es decir 1979-2009. Esto es una serie mayor de 30 años, 31, aunque dentro de esta se descarta un año por estar incompleto, quedando al final en 30 años.

Se aconseja que para series mayores de 30 muestras, (años en este caso), se trabaje con la desviación típica S_n .

Por tanto estos parámetros en la función de Gumbel quedan de la siguiente manera:

$$- S_n = \sqrt{\frac{\sum P_i^2}{N} - \bar{P}^2} \quad \text{Para } N > 30.$$

$$- \mu = \bar{P} - 0.450047 * S_n$$

$$- \alpha = 1.25255 * \frac{1}{S_n}$$

Tomaremos la $P_{max,d}$ y la ordenamos en la siguiente tabla:

Tabla 16. Valores máximos de lluvia ordenados por año y referenciados para cada mes de ocurrencia.

Año	Pmax	Mes	Año	Pmax	Mes	Año	Pmax	Mes
1979	40	Oct	1990	47,8	Nov	2000	60,2	Dic
1981	50	Dic	1991	63,7	Sep	2001	31,2	Ene
1982	72	Nov	1992	30	Jun	2002	44,8	Mar
1983	27,7	Ago	1993	36,2	Jun	2003	78	Feb
1984	27,6	Ago	1994	24,3	May	2004	30,3	Oct
1985	19,2	Ene	1995	42	Nov	2005	39,5	Oct
1986	27,5	Jul	1996	106	Ene	2006	26,2	Jun
1987	81,3	Dic	1997	86,5	Nov	2007	50,2	Ago
1988	30,2	Ene	1998	47,5	May	2008	71,3	Oct
1989	97,7	Nov	1999	21,4	Oct	2009	21,5	Ago

Posteriormente obtenida esta muestra, ésta se ordena en sentido creciente asignando a cada valor una probabilidad. De esta manera se pueden obtener histogramas de frecuencias (relativas o acumuladas) que se corresponden con sus respectivas funciones de probabilidad (de densidad y de distribución).

Las dos fórmulas más empleadas para obtener la probabilidad observada acumulada en la muestra son:

$$- F_{Ri} = \frac{2n - 1}{2N}$$

$$- F_{Ri} = \frac{n}{N + 1}$$

Donde:

- n = es el nº de orden (de la serie de valores muestrales ordenados de menor a mayor)
- N = es el nº total de elementos de la muestra (tamaño de la muestra); N = 30.

Así procedemos utilizando ambas fórmulas:

Tabla 17. Serie de datos ordenada para el cálculo del parámetro F_{Ri} según dos métodos dependientes del número de datos (n).

n	Pmax ordenada	$F_{Ri} = \frac{2n - 1}{2N}$	$F_{Ri} = \frac{n}{N + 1}$
1	19,2		
2	21,4	0,06	0,050
3	21,5	0,10	0,083
4	24,3	0,13	0,117
5	26,2	0,16	0,150
6	27,5	0,19	0,183
7	27,6	0,23	0,217
8	27,7	0,26	0,250
9	30	0,29	0,283
10	30,2	0,32	0,317
11	30,3	0,35	0,350
12	31,2	0,39	0,383
13	36,2	0,42	0,417
14	39,5	0,45	0,450
15	40	0,48	0,483
16	42	0,52	0,517
17	44,8	0,55	0,550
18	47,5	0,58	0,583
19	47,8	0,61	0,617
20	50	0,65	0,650
21	50,2	0,68	0,683
22	60,2	0,71	0,717
23	63,7	0,74	0,750
24	71,3	0,77	0,783
25	72	0,81	0,817
26	78	0,84	0,850
27	81,3	0,87	0,883
28	86,5	0,90	0,917
29	97,7	0,94	0,950
30	106	0,97	0,983

Una vez hecho esto, seguimos con la función de distribución Gumbel, calculando sus parámetros como S_n , α y μ .

En nuestro caso además tenemos que:

$$\bar{P} = \frac{\sum_1^N P_i}{N} = 47,73 \text{ mm}$$

Así luego:

- $S_n = 23,75 \text{ mm}$
- $\mu = 37,04 \text{ mm}$



– $\alpha = 0,0527 \text{ mm}$

Con lo cual la ley de distribución quedará:

$$F(x) = e^{-e^{-0.0527(x-37.04)}}$$

Siendo:

- x = la precipitación máxima diaria
- F (x) = la probabilidad de que la precipitación máxima diaria anual sea menor o igual a x.

Pasaremos a calcular la probabilidad teórica para cada Pmax,

Tabla 18. Cálculo de la probabilidad teórica para cada Pmax

Pmax ordena	F(x)	Pmax ordena	F(x)	Pmax ordena	F(x)
19,2	0,07541	30,3	0,2401	50,2	0,6066
21,4	0,1022	31,2	0,2565	60,2	0,7444
21,5	0,1035	36,2	0,3516	63,7	0,7824
24,3	0,1412	39,5	0,4154	71,3	0,8484
26,2	0,1702	40	0,425	72	0,8534
27,5	0,1914	42	0,463	78	0,8909
27,6	0,193	44,8	0,5146	81,3	0,9075
27,7	0,1947	47,5	0,562	86,5	0,9288
30	0,2347	47,8	0,5671	97,7	0,9599
30,2	0,2383	50	0,6034	106	0,9739

Una vez esto pasamos a realizar un test de bondad para saber si el método es válido. Aplicaremos el test de Kolmogorov-Smirnov. Antes de eso hallaremos el valor absoluto de la diferencia entre la probabilidad observada y la teórica:

$$\Delta i = |F_{Ri} - F(x_i)|$$

Tabla 19. Tabla resumen con la probabilidad teórica para cada Pmax, d.

n	Pmax ordena	$F_{Ri} = \frac{n}{N+1}$ (f. observada)	F(x) Gumbel (f. calculada)	Δi
1	19,2	0,0167	0,0754	0,059
2	21,4	0,0500	0,1022	0,052
3	21,5	0,0833	0,1035	0,020
4	24,3	0,1167	0,1412	0,025
5	26,2	0,1500	0,1702	0,020
6	27,5	0,1833	0,1914	0,008
7	27,6	0,2167	0,1930	0,024
8	27,7	0,2500	0,1947	0,055
9	30	0,2833	0,2347	0,049
10	30,2	0,3167	0,2383	0,078
11	30,3	0,3500	0,2401	0,110
12	31,2	0,3833	0,2565	0,127
13	36,2	0,4167	0,3516	0,065
14	39,5	0,4500	0,4154	0,035
15	40	0,4833	0,4250	0,058
16	42	0,5167	0,4630	0,054
17	44,8	0,5500	0,5146	0,035
18	47,5	0,5833	0,5620	0,021
19	47,8	0,6167	0,5671	0,050
20	50	0,6500	0,6034	0,047
21	50,2	0,6833	0,6066	0,077
22	60,2	0,7167	0,7444	0,028
23	63,7	0,7500	0,7824	0,032
24	71,3	0,7833	0,8484	0,065
25	72	0,8167	0,8534	0,037
26	78	0,8500	0,8909	0,041
27	81,3	0,8833	0,9075	0,024
28	86,5	0,9167	0,9288	0,012
29	97,7	0,9500	0,9599	0,010
30	106	0,9833	0,9739	0,009

Vemos que la mayor diferencia es de 0.127 ($\Delta_{max} = 0,127$). Así vamos a la tabla 20, para un nivel de significación de 0.2 ($\alpha = 0,2$), siendo válido para el resto de niveles dado que es el más restrictivo y para $N = 30$:

$$\Delta i(0.2; 10) = 0,19$$

Como $\Delta_{max} = 0,127 < \Delta i(0.2; 10) = 0,19$; podemos decir que el método es completamente válido.

Tabla 20. Test de Kolmogorov-Smirnov según los diferentes niveles de significación. Fuente: NAVARRO (2013).

n	Test de Kolmogorov-Smirnov sobre Bondad de Ajuste							
	Nivel de significación α							
	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
1	0.90000	0.95000	0.97500	0.99000	0.99500	0.99750	0.99900	0.99950
2	0.68337	0.77639	0.84189	0.90000	0.92929	0.95000	0.96838	0.97764
3	0.56481	0.63604	0.70760	0.78456	0.82900	0.86428	0.90000	0.92065
4	0.49265	0.56522	0.62394	0.68887	0.73424	0.77639	0.82217	0.85047
5	0.44698	0.50945	0.56328	0.62718	0.66853	0.70543	0.75000	0.78137
6	0.41037	0.46799	0.51926	0.57741	0.61661	0.65287	0.69571	0.72479
7	0.38148	0.43607	0.48342	0.53844	0.57581	0.60975	0.65071	0.67930
8	0.35831	0.40962	0.45427	0.50654	0.54179	0.57429	0.61368	0.64098
9	0.33910	0.38746	0.43001	0.47960	0.51332	0.54443	0.58210	0.60846
10	0.32260	0.36866	0.40925	0.45562	0.48893	0.51872	0.55500	0.58042
11	0.30829	0.35242	0.39122	0.43670	0.46770	0.49539	0.53135	0.55588
12	0.29577	0.33815	0.37543	0.41918	0.44905	0.47672	0.51047	0.53422
13	0.28470	0.32549	0.36143	0.40362	0.43247	0.45921	0.49189	0.51490
14	0.27481	0.31417	0.34890	0.38970	0.41762	0.44352	0.47520	0.49753
15	0.26589	0.30397	0.33750	0.37713	0.40420	0.42934	0.45611	0.48182
16	0.25778	0.29472	0.32733	0.36571	0.39201	0.41644	0.44637	0.46750
17	0.25039	0.28627	0.31796	0.35528	0.38086	0.40464	0.43380	0.45540
18	0.24360	0.27851	0.30936	0.34569	0.37062	0.39380	0.42224	0.44234
19	0.23735	0.27136	0.30143	0.33685	0.36117	0.38379	0.41156	0.43119
20	0.23156	0.26473	0.29408	0.32866	0.35241	0.37451	0.40165	0.42085
21	0.22517	0.25858	0.28724	0.32104	0.34426	0.36588	0.39243	0.41122
22	0.22115	0.25283	0.28087	0.31394	0.33666	0.35782	0.38382	0.40223
23	0.21646	0.24746	0.27491	0.30728	0.32954	0.35027	0.37575	0.39380
24	0.21205	0.24242	0.26931	0.30104	0.32286	0.34318	0.36787	0.38588
25	0.20790	0.23768	0.26404	0.29518	0.31657	0.33651	0.36104	0.37743
26	0.20399	0.23320	0.25908	0.28962	0.30963	0.33022	0.35431	0.37139
27	0.20030	0.22898	0.25438	0.28438	0.30502	0.32425	0.34794	0.36473
28	0.19680	0.22497	0.24993	0.27942	0.29971	0.31862	0.34190	0.35842
29	0.19348	0.22117	0.24571	0.27471	0.29466	0.31327	0.33617	0.35242
30	0.19032	0.21756	0.24170	0.27023	0.28986	0.30818	0.33072	0.34672
31	0.18732	0.21412	0.23788	0.26596	0.28529	0.30333	0.32553	0.34129
32	0.18445	0.21085	0.23424	0.26189	0.28094	0.29870	0.32058	0.33611
33	0.18171	0.20771	0.23076	0.25801	0.27577	0.29428	0.31584	0.33115
34	0.17909	0.21472	0.22743	0.25429	0.27271	0.29005	0.31131	0.32641
35	0.17659	0.20185	0.22425	0.25073	0.26897	0.28600	0.30597	0.32187
36	0.17418	0.19910	0.22119	0.24732	0.26532	0.28211	0.30281	0.31751
37	0.17188	0.19646	0.21826	0.24404	0.26180	0.27838	0.29882	0.31333
38	0.16966	0.19392	0.21544	0.24089	0.25843	0.27483	0.29498	0.30931
39	0.16753	0.19148	0.21273	0.23785	0.25518	0.27135	0.29125	0.30544

Seguidamente procederemos a calcular $P_{\max, d}$ para los periodos de retorno de 50 y 100 años.

Si T = 50 años.

Existe una relación entre la función de distribución $F(x)$ y el periodo de retorno que viene dada por:

$$T(x) = \frac{1}{1 - F(x)}$$

$$T(x) = 50 \text{ años}; 50 * (1 - F(x)) = 1$$

$$F(x) = \frac{50 - 1}{50} = 0,98$$

Para la función tendremos que:



$$F(x) = e^{-e^{-0.0527(x-37.04)}} = 0.98$$

$$-e^{-0.0527 \cdot (x-37.04)} = \ln 0.98$$

$$0.0202 = -e^{-0.0527 \cdot (x-37.04)}$$

$$\ln(0.0202) = -0.0527 \cdot (x - 37.04)$$

$$-3.901 = -0.0527 \cdot (x - 37.04)$$

$$x = \frac{(37.04 \cdot 0.0527) + 3.901}{0.0527} = 111,06 \text{ mm}$$

$$P_{max, d_{T=50}} = 111,06 \text{ mm}$$

Si T=100 años

$$T(x) = \frac{1}{1 - F(x)}$$

$$T(x) = 100 \text{ años}; 100 \cdot (1 - F(x)) = 1$$

$$F(x) = \frac{100 - 1}{100} = 0.99$$

Para la función tendremos que:

$$F(x) = e^{-e^{-0.0527(x-37.04)}} = 0.99$$

$$-e^{-0.0527 \cdot (x-37.04)} = \ln 0.99$$

$$-0.01 = -e^{-0.0527 \cdot (x-37.04)}$$

$$\ln(0.01) = -0.0527 \cdot (x - 37.04)$$

$$-4.6051 = -0.0527 \cdot (x - 37.04)$$

$$x = \frac{(37.04 \cdot 0.0527) + 4.6051}{0.0527} = 124,42 \text{ mm}$$

$$P_{max, d_{T=50}} = 124,42 \text{ mm}$$

6.2. MÉTODO DE LA DGC (DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS)

Con este método de 1999, podemos calcular la $P_{max, d}$, para un determinado tiempo de retorno empleando la siguiente fórmula:

$$P_{max, d} = \bar{P}_{max, d} \cdot K(T; Cv)$$

Tabla 21. Factor k según C_v y T . Fuente: DGC (1997).

C_v	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

Así obteniendo esta información de “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular” (DGC, 1999), llegamos a los siguientes valores de los parámetros para los distintos periodos de retorno:

Si $T = 50$

$C_v = 0.35$

$K = 1.961$

$\bar{P}_{max,d} = 55$

$$P_{max,d} = \bar{P}_{max,d} * K(T; C_v) = 55 * 1,961 = 107,855 \text{ mm}$$

Si $T = 100$

$C_v = 0.35$

$K = 2.220$

$\bar{P}_{max,d} = 55$

$$P_{max,d} = \bar{P}_{max,d} * K(T; Cv) = 55 * 2,220 = 122,1 \text{ mm}$$

Finalmente tenemos los siguientes resultados para los diferentes periodos de retorno y los respectivos métodos:

Tabla 22. Resultados de los métodos Gumbel y de la DGC.

	$P_{max,d,T=50}$	$P_{max,d,T=100}$
Gumbel	111,06 mm	124,42 mm
DGC	107,855 mm	122,1 mm

Ahora apoyándonos en el mencionado programa Retorno 2.0, evaluamos la serie complementándola con dos métodos más como se ve en la figura 22:

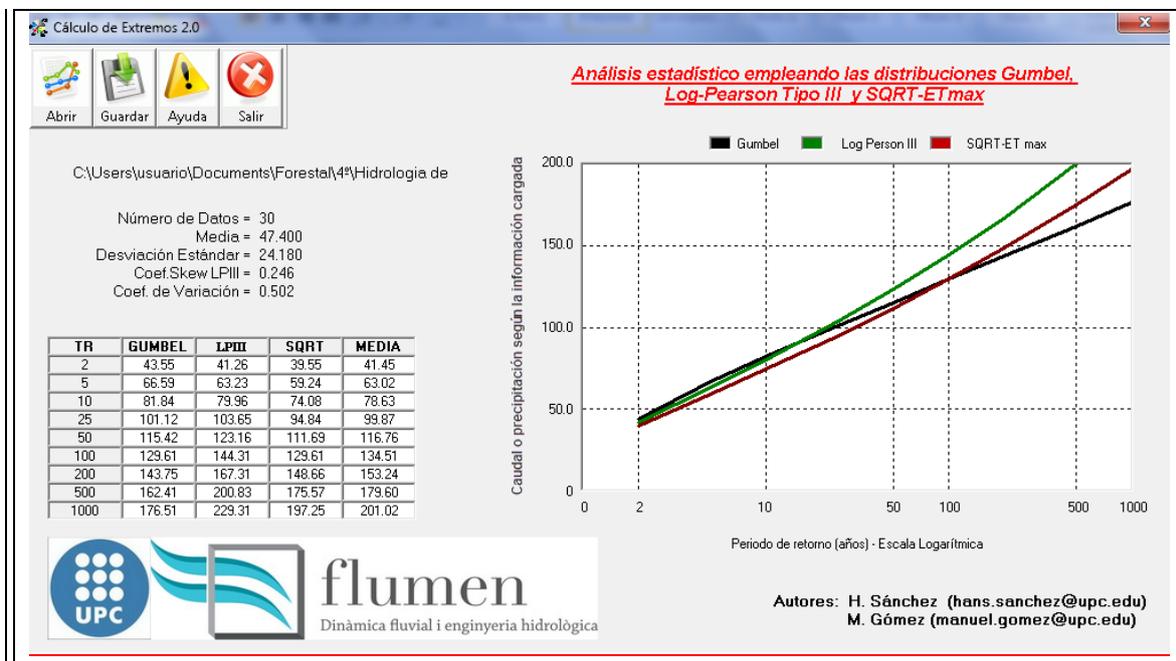


Figura 33. Captura de pantalla del programa Retorno 2.0 desarrollado por Flumen. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente en la tabla 23 se exponen los resultados finales:



Tabla 23. Resultados finales para $P_{max,d}$ según diferentes métodos y periodos de retorno.

	$P_{max,d,T=50}$	$P_{max,d,T=100}$
Gumbel (Teórica)	111,06	124,42
Gumbel (Retorno 2.0)	115,42	129,61
DGC	107,855	122,1
LogPearson III	123,16	144,31
SQRT-ETmax	111,69	129,61
Media	113,837	130,01

Finalmente, se decide tomar un periodo de retorno de 100 años. Para este periodo, las diferencias entre métodos no son de gran importancia y excepto LogPearson III, se encuentran en un intervalo muy pequeño (122,1-129,61). Esto motiva que la elección del método sea Gumbel (Teórica) sin que suponga un sobredimensionamiento de la obra o lo contrario. Además si comparamos con la media solo está a menos de 6 puntos de ella, de modo que se acepta perfectamente esta elección.

6.3. GARANTÍA Y RIESGO DE LA OBRA.

Dependiendo de periodo de vida útil que estimemos la garantía y el riesgo tomarán los siguientes valores:

Para una vida útil de 50 años, $T=50$:

$$P_{max,d,T=50} = 111.06 \text{ mm}$$

$$P[P_{max,d,T=50} > 111.06] = \frac{1}{T} = \frac{1}{50} = 0.02; 2\%$$

La probabilidad de se supere ese aguacero máximo de cálculo en un año cualquiera.

La garantía sería:

$$G_{50} = \left[1 - \frac{1}{T}\right]^{50} = 0.3641; 36.41\% \text{ de que en ese periodo no ocurra un aguacero mayor del más desfavorable.}$$

El riesgo asociado sería:

$$R_{50} = 1 - G = 63.59\% \text{ de que ocurra el aguacero más desfavorable.}$$

Para una vida útil de 100 años, $T=100$:

$$P_{max,d,T=100} = 124.42 \text{ mm}$$

$$P[P_{max,d,T=100} > 124.42] = \frac{1}{T} = \frac{1}{100} = 0.01; 1\%$$

La probabilidad de se supere ese aguacero máximo de cálculo en un año cualquiera.

La garantía sería:



$G_{50} = \left[1 - \frac{1}{T}\right]^{100} = 0.3660$; 36.60% de que en ese periodo no ocurra un aguacero mayor del más desfavorable.

El riesgo asociado sería:

$R_{50} = 1 - G = 63.40\%$ de que ocurra el aguacero más desfavorable.

7. ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA, CAUDAL MÁXIMO Y SEDIMENTOS GENERADOS POR EL AGUACERO DE CÁLCULO.

7.1. AGUACERO DE DISEÑO.

Los anteriores valores estaban expresados para un duración de 24 horas, algo que no se corresponde con el caudal que se generará y que tendrá que pasar por la obra mientras se produce el aguacero. Este caudal estará definido por la intensidad de lluvia y el tiempo de concentración de la cuenca. Por ello es necesario particularizar siguiendo con estos datos:

- $t_c = 0,493$ horas

Dependiendo del periodo de retorno tendremos:

- $P_{max,d,T=50} = 111,06$ mm
- $P_{max,d,T=100} = 124,42$ mm

Así tenemos que:

$$\frac{I_{tc}}{I_d} = K \frac{28^{0.1-t_c^{0.1}}}{28^{0.1}-1}$$

De donde

$$I_d = \frac{P_{max,d}}{24 h}$$

- Para **T = 50**;

$I_d = 4,628$ mm/h

- Para **T = 100**

$I_d = 5,184$ mm/h

En la figura 34 obtenemos el factor K:

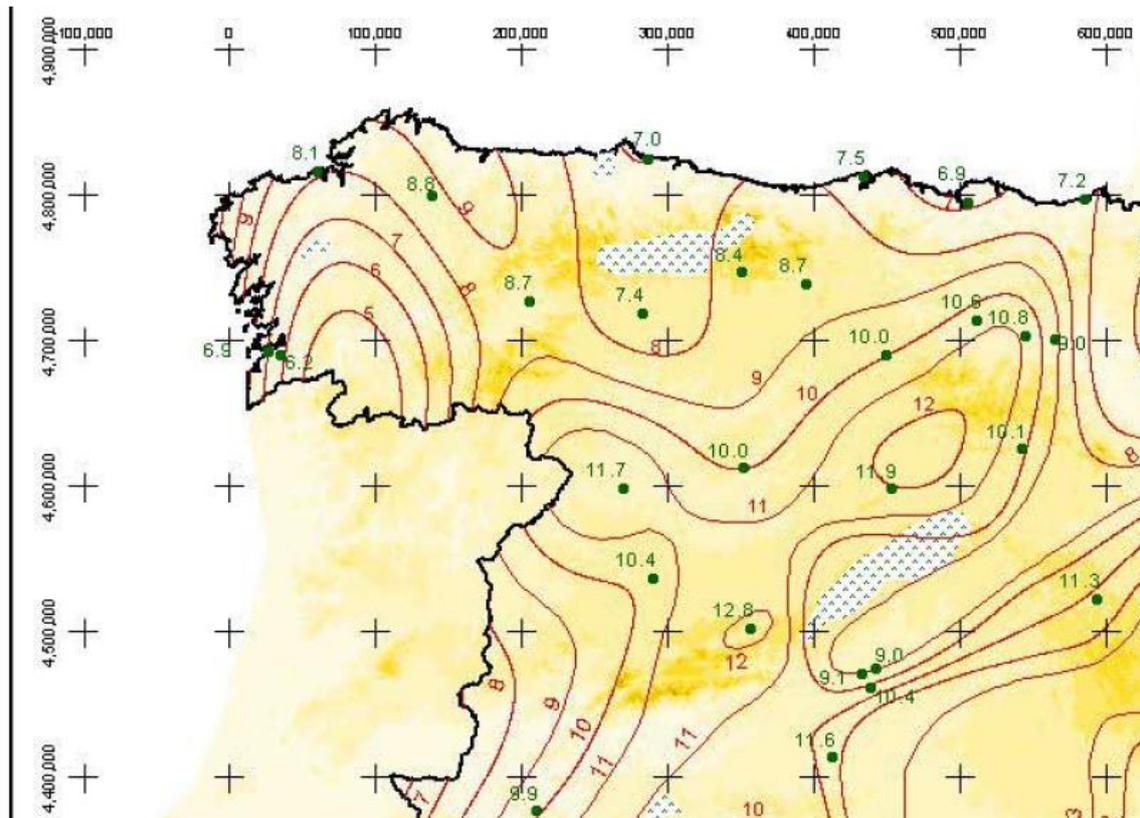


Figura 34. Mapa de isolíneas K para la Península Ibérica. Fuente: DGC (1997).

Luego $K = 11$ y la expresión queda de la siguiente manera:

Si $T = 50$

$$I_{tc} = I_d * K \frac{28^{0.1 - tc^{0.1}}}{28^{0.1} - 1} = 4,628 * 11 \frac{28^{0.1 - 0.493^{0.1}}}{28^{0.1} - 1} = 77,08 \text{ mm/h}$$

Si $T = 100$

$$I_{tc} = I_d * K \frac{28^{0.1 - tc^{0.1}}}{28^{0.1} - 1} = 5,184 * 11 \frac{28^{0.1 - 0.493^{0.1}}}{28^{0.1} - 1} = 86,34 \text{ mm/h}$$

Con lo cual las precipitaciones quedarán de la siguiente forma:

Si $T = 50$

$$P_{max_{d,T=50}} = 77,08 \frac{\text{mm}}{\text{h}} * 0,493 \text{ h} = 38,00 \text{ mm}$$

Si $T = 100$

$$P_{max_{d,T=100}} = 86,34 \frac{\text{mm}}{\text{h}} * 0,493 \text{ h} = 42,57 \text{ mm}$$

Estos serán los aguaceros que tomemos como referencia para el diseño.

7.2. ESCORRENTÍA QUE GENERA EL AGUACERO DE CÁLCULO.



Según hemos calculado mediante el método del número de curva (U.S.D.A., S.C.S.) a condiciones de humedad media el umbral de escorrentía P_0 , era de 9.50 mm. Aplicando la siguiente expresión calcularemos la escorrentía correspondiente al aguacero:

$$Es = \frac{(P - P_0)^2}{(P + 4 * P_0)}$$

Donde

- Es = Escorrentía para el aguacero de cálculo.
- P_0 = Umbral de escorrentía
- P = Precipitación máxima diaria, con periodo de retorno 50 o 100.

Si T= 50

$$Es = \frac{(38 - 9.5)^2}{(38 + 4 * 9.5)} = 10.69 \text{ mm}$$

Si T=100

$$Es = \frac{(42.57 - 9.5)^2}{(42.57 + 4 * 9.5)} = 13.57 \text{ mm}$$

7.3. CAUDAL MÁXIMO GENERADO POR EL AGUACERO.

Aplicando el método modificado de Témez, a condiciones normales de humedad, tenemos que:

$$Q = \frac{C * S * I}{3}$$

Siendo:

- Q = Caudal generado por el aguacero de cálculo (m^3/s)
- S = Superficie de la cuenca (km^2)
- I = Intensidad de la lluvia (mm/h)
- C = Coeficiente de escorrentía; que se expresa de la siguiente manera:

$$C = \frac{(P_{max_{d,T}} - P_0) * (P_{max_{d,T}} + 23 * P_0)}{(P_{max_{d,T}} + 11 * P_0)^2}$$

Si T = 50

$$C = \frac{(P_{max_{d,T=50}} - P_0) * (P_{max_{d,T=50}} + 23 * P_0)}{(P_{max_{d,T=50}} + 11 * P_0)^2}$$

$$C = \frac{(38 - 9.5) * (38 + 23 * 9.5)}{(38 + 11 * 9.5)^2} = 0.36$$

Si T = 100



$$C = \frac{(P_{max,d,T=100} - P_0) * (P_{max,d,T=100} + 23 * P_0)}{(P_{max,d,T=100} + 11 * P_0)^2}$$

$$C = \frac{(42.57 - 9.5) * (42.57 + 23 * 9.5)}{(42.57 + 11 * 9.5)^2} = 0.40$$

Continuando con la expresión de Témez:

Si T = 50

$$Q_{max,T=50} = \frac{C * S * I_{T50}}{3} = \frac{0,36 * 1,61 * 77,08}{3} = 14,89 \text{ m}^3/\text{s}$$

Si T = 100

$$Q_{max,T=100} = \frac{C * S * I_{T100}}{3} = \frac{0,4 * 1,61 * 86,34}{3} = 18,53 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.1.2. CONCLUSIÓN

Finalmente como último punto en este apartado, se decide tomar como vida útil de la obra unos 100 años, por lo tanto las precipitaciones máximas, la intensidad de lluvia y el caudal de diseño estarán referidos a un periodo de retorno de 100 años (T=100). Así se resumen los datos de cálculo:

Tabla 24. Resumen de los resultados del análisis de aguaceros.

$P_{max,d,T=100}$	124,42 mm
I_{tc}	86,34 mm/h
$P_{max,d=tc,T=100}$	42,57 mm
$E_{S,T=100}$	13,57 mm
$Q_{max,T=100}$	18,53 m ³ /s

Como se puede ver en la tabla 24, hemos obtenido un caudal máximo para 100 años de retorno. Este caudal está referido a la sección de cierre. Aún seguimos obviando mucha información necesaria sobre la precipitación en la cuenca y la generación de escorrentía. Es por ello por lo que se aplica una sencilla simulación con el programa HEC-HMS en siguiente apartado de este anexo.

8. EVALUACIÓN DE LA CUENCA CON HEC-HMS

En este apartado, se pretende conocer el comportamiento de la cuenca en general ante un aguacero de cálculo con periodo de retorno 100 años y que originará una escorrentía en la cuenca, que se transformará en nuestro caudal de referencia para la obra. Es por ello que nos apoyamos en el software HEC-HMS desarrollado por el cuerpo americano de Ingenieros (US Army Corps of Engineers). Pero para ello el programa necesita de una serie de parámetros que debe fijar el usuario. Es necesario, conocer cómo es la cuenca y su comportamiento respecto a la escorrentía (Número de curva), cómo es el aguacero de cálculo o de simulación y su duración, si existen estructuras de control de avenidas como



puedan ser diques, si hay conducciones durante tramos de largo recorrido... Todos estos parámetros son los que ha de tener en cuenta el usuario, definiendo, ajustando y utilizando las diferentes variantes de los métodos hidrológicos de escorrentía, infiltración, conducción, avenida...

8.1. PLUVIOGRAMA DE CÁLCULO.

El mejor pluviograma de cálculo es aquel que ha sido recogido por lo una estación meteorológica dentro de la cuenca de actuación. Será el que tenga una mayor exactitud y relación con la lluvia real en la zona. Pero, no en muy pocas ocasiones nos encontramos con esta situación tan favorable. Por ello es necesaria la generación de una lluvia sintética que se aproxime a los patrones de lluvia generales en la zona.

Existen varios métodos para la creación de un aguacero sintético como son desde los más simples (triangular y rectangular) hasta los más complejos como de bloques alternos y acumulados. El elegido para la simulación es el denominado método de bloques, que es aquel que se aproxima más a la realidad de una lluvia en la zona de estudio. Para facilitar su cálculo se ha utilizado el software BloquesSWMM, desarrollado por Flumen de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC).

Mediante el software BloquesSWMM, podemos optar por la generación del pluviograma de cálculo de dos maneras diferentes: mediante las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) o mediante el método desarrollado por la DGC (Dirección General de Carreteras) que es únicamente aplicable al territorio de España. Es este último el que se utilizará dado la gran sencillez.

El software BloquesSWMM, aplica la siguiente expresión para el método de la DGC y que ya se ha utilizado para el cálculo de la intensidad diaria:

$$I_{(mm/h)} = \frac{P_{24(T)}}{24} * FR \frac{28^{0.1 - D_{(k)}^{0.1}}}{28^{0.1} - 1}$$

Por tanto para su correcto desarrollo necesitamos los siguientes datos obtenidos en el apartado de hidrología forestal:

Tabla 25. Parámetros necesarios para el programa BloquesSWMM.

Precipitación máxima diaria, T=100 años	124,42
Factor regional	11
Duración de la lluvia	30 min
Intervalos de tiempo	10i X 3 min

El software BloquesSWMM genera un pluviograma, repartiendo la lluvia máxima diaria introducida según los intervalos fijados y para una duración definida también.

En nuestro caso esta duración es la del tiempo de concentración, 0.493 horas o lo que es lo mismo 29.58 minutos. Trabajar con este tiempo exacto sería lo correcto pero a la hora de aproximar y para mayor simpleza y cálculo rápido, se ha tomado una duración de 0.5 horas o lo que es lo mismo, 30 minutos. La diferencia entre usar un tiempo u otro es prácticamente mínima y por tanto perfectamente asumible.

Por último es importante señalar que el programa BloquesWMM, tiene varias opciones finales para la distribución del pluviograma. Estas son: general, centrada y general media.

General:

Es aquella que tiene un bloque general centrado y en la que se van repartiendo los valores de forma creciente desde el inicio hasta el pico de precipitación máxima, y luego inversamente después de este pico.

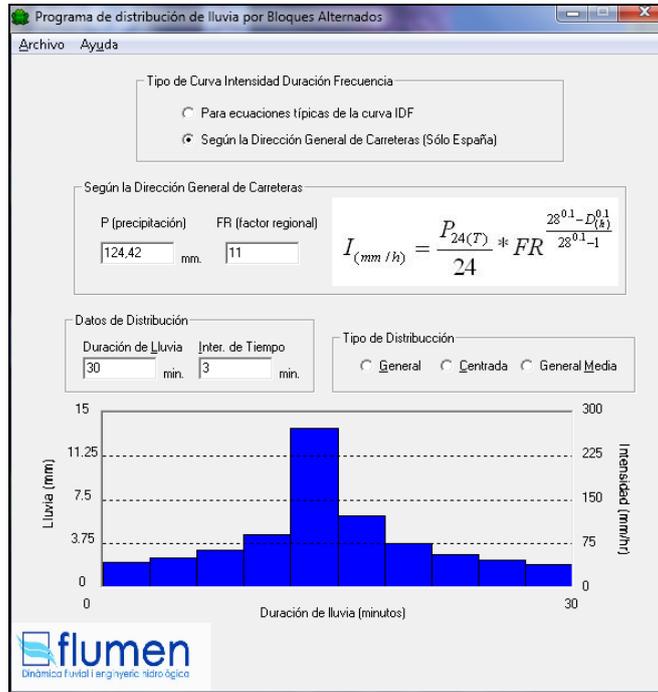


Figura 35. Resultados en BloquesWMM con una distribución general. Fuente: Elaboración propia.

Aunque en la figura 35, se puede apreciar ya el pluviograma, se ha decidido por exportar los resultados a una hoja de cálculo obteniendo este pluviograma y el siguiente hietograma según la distribución general.

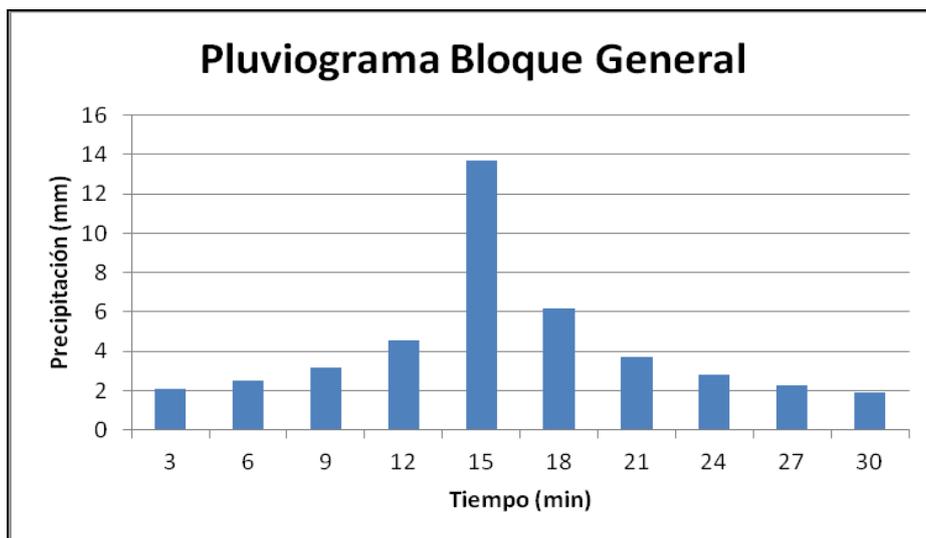


Figura 36. Pluviograma generado por el programa BloquesWMM con una distribución general. Fuente: Elaboración propia.

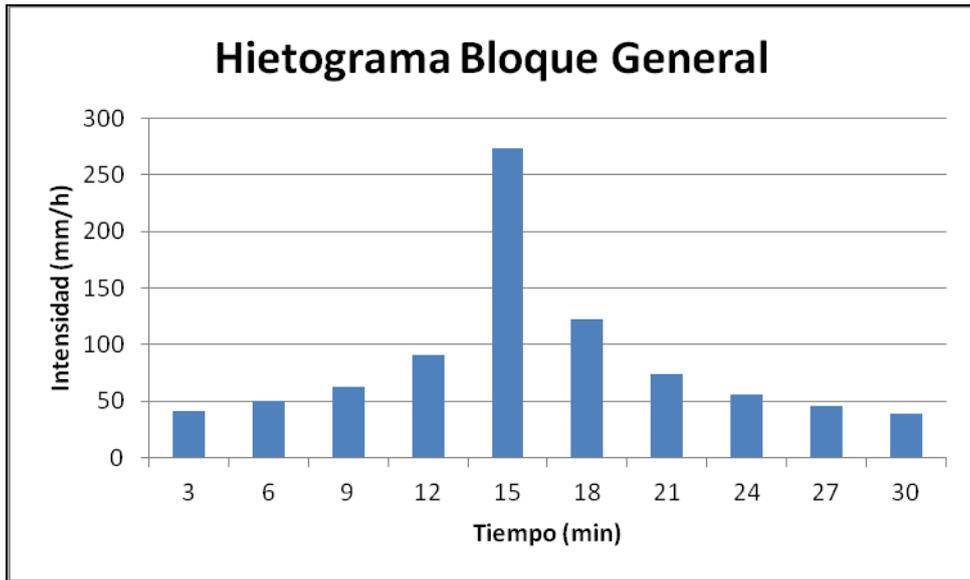


Figura 37. Hietograma generado por el programa BloquesSWMM con una distribución general. Fuente: Elaboración propia.

Centrada.

Aquella que tiene como objeto centrar la lluvia en uno o dos bloques centrales en los que se alcanza el máximo de precipitación del aguacero y el resto de los valores se reparten de forma razonada en los diferentes intervalos:

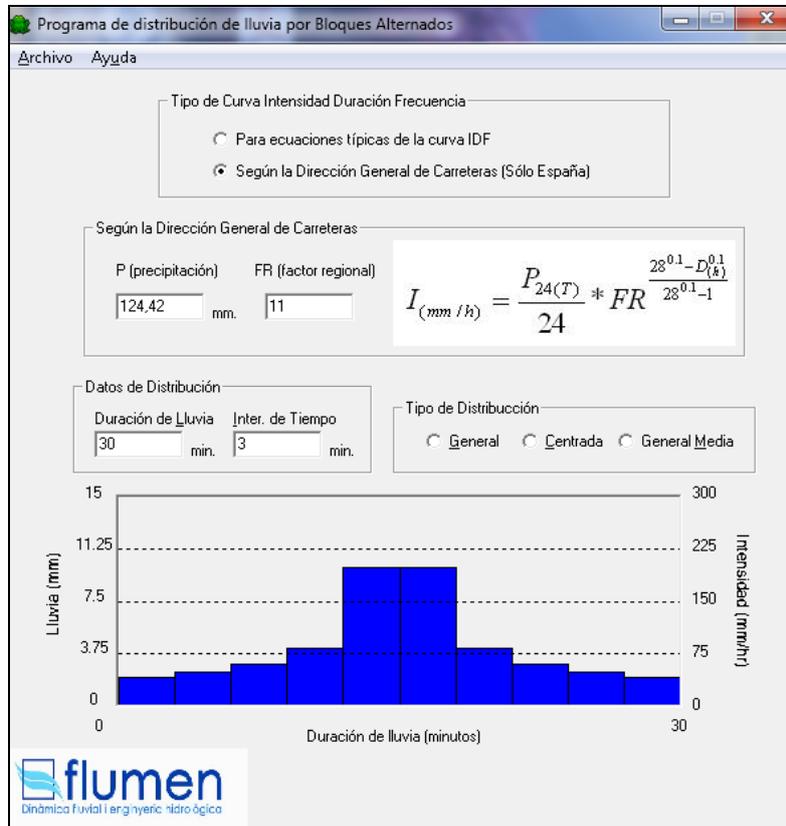


Figura 38. Resultados en BloquesSWMM con una distribución centrada. Fuente: Elaboración propia.

Aunque en la figura 38, se puede apreciar ya el pluviograma, se ha decidido por exportar los resultados a una hoja de cálculo obteniendo este pluviograma (figura 39) y el siguiente hietograma (figura 40) según la distribución centrada.

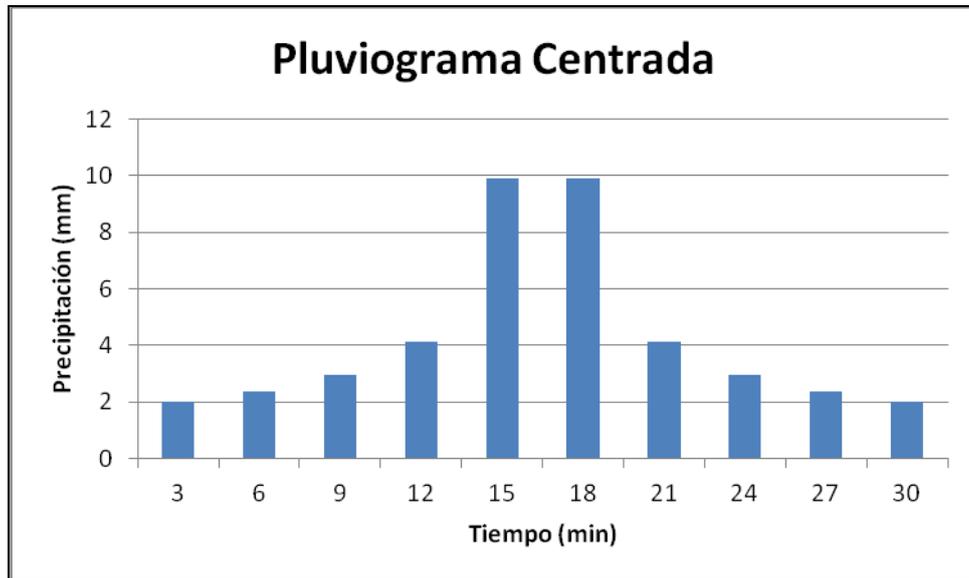


Figura 39. Pluviograma generado por el programa BloquesSWMM con una distribución centrada.

Fuente: Elaboración propia.

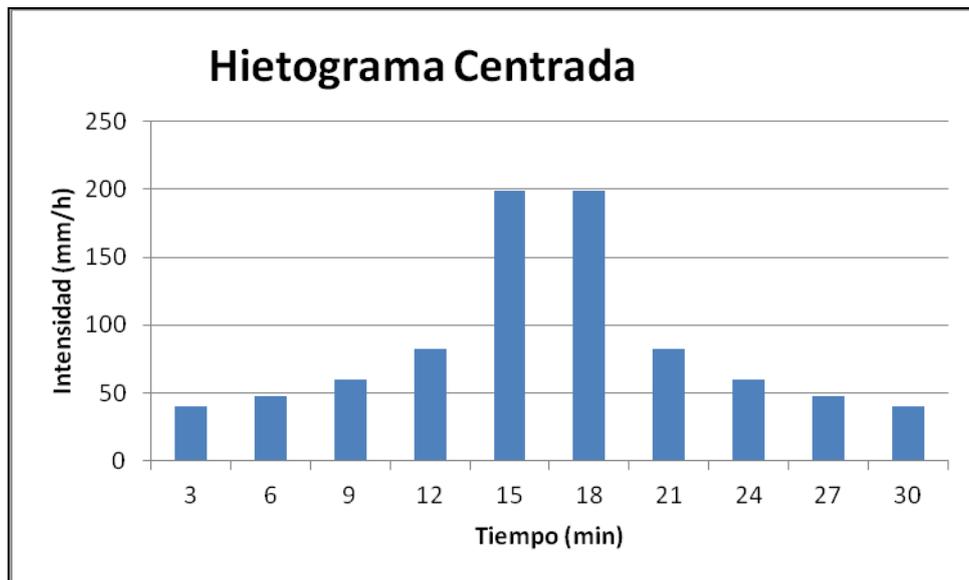


Figura 40. Hietograma generado por el programa BloquesSWMM con una distribución centrada. Fuente:

Elaboración propia.

General media.

Aquella que considera también dos bloques centrales medios, pero sin ser simétrica la distribución como es el caso anterior de la distribución centrada:

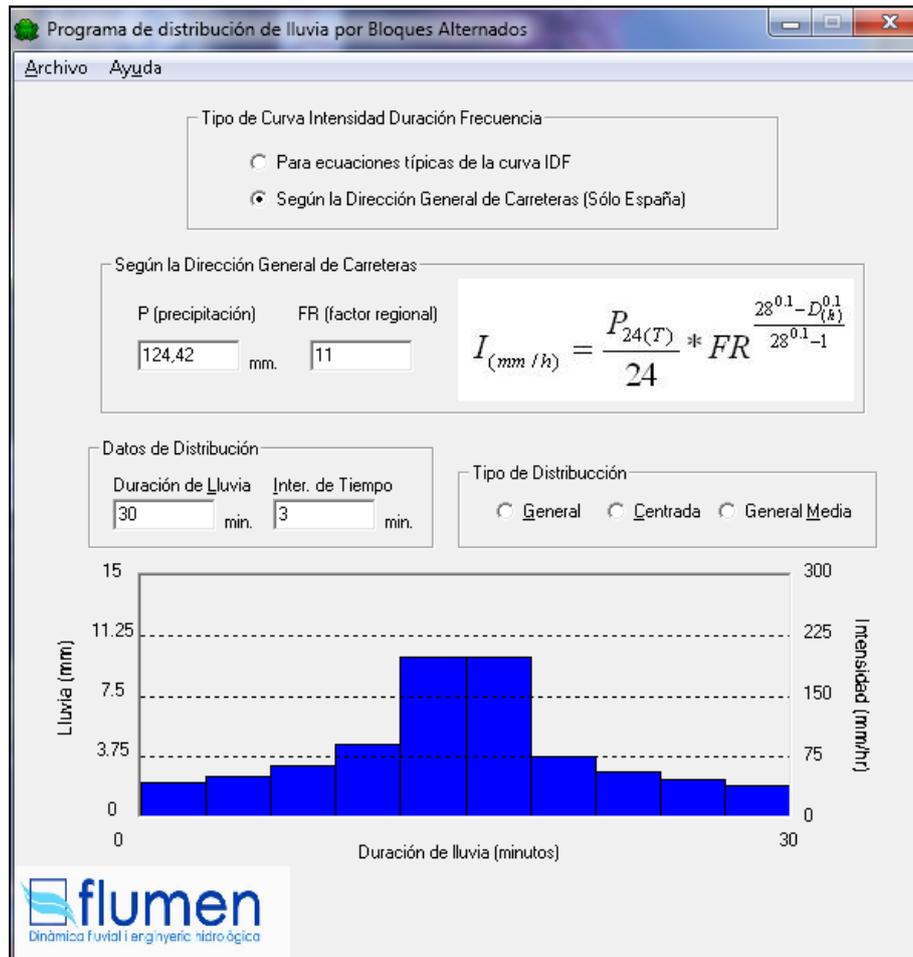


Figura 41 Resultados en BloquesSWMM con una distribución centrada. Fuente: Elaboración propia.

Aunque en la figura 41, se puede apreciar ya el pluviograma, se ha decidido por exportar los resultados a una hoja de cálculo obteniendo este pluviograma y el siguiente hietograma según la distribución general media.

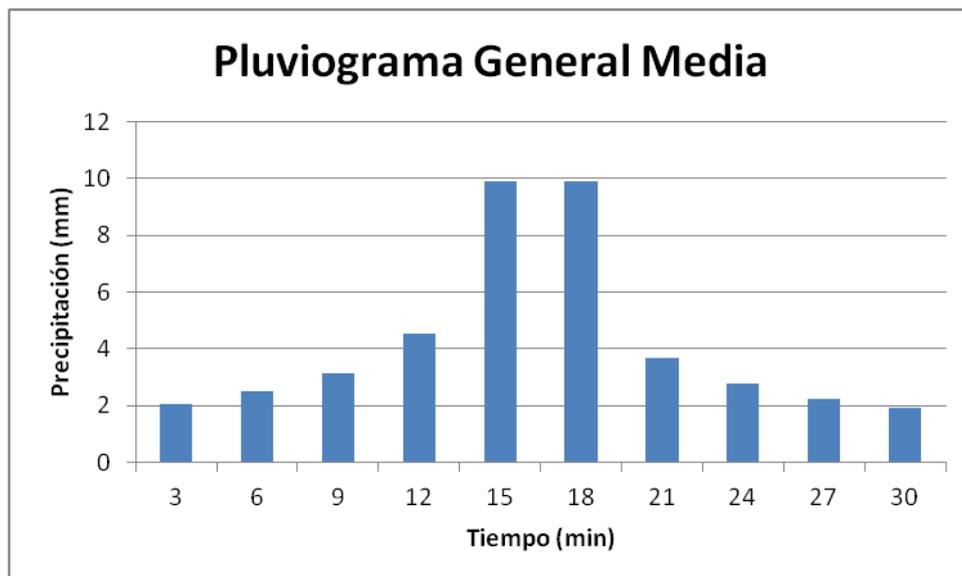


Figura 42. Pluviograma generado por el programa BloquesSWMM con una distribución general media. Fuente: Elaboración propia.

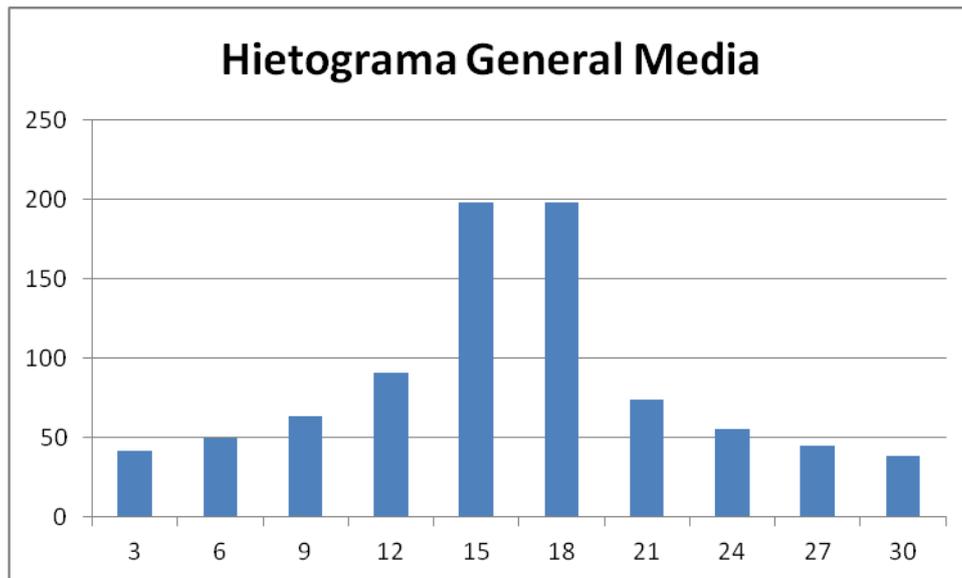


Figura 43. Hietograma generado por el programa BloquesWMM con una distribución general media.
Fuente: Elaboración propia.

Obtenidos ya los hietogramas y pluviogramas que nos van a servir para la cuenca, procedemos a operar con el software HEC-HMS para el cálculo de caudales. Seguiremos considerando las tres distribuciones con sus respectivos pluviogramas, para comparar entre ellos sus caudales punta y también el que se obtuvo en el apartado de hidrología forestal con el método modificado de Témez. Así después tomaremos el caudal final el que más se ajuste a la realidad, siempre y cuando, se incline a favor de la seguridad.

Este hidrograma generado será el que se obtenga de salida en la sección de cierre de la cuenca, sin ninguna actuación. No es, por tanto, el caudal de diseño de las posibles obras hidráulicas dado que tienen ubicaciones diferentes, con cuencas menores, encuadradas dentro de la cuenca que se va a evaluar a continuación.

8.2. GENERACIÓN DE HIDROGRAMA.

Una de las finalidades del programa HEC-HMS es la generación de hidrogramas en distintos puntos definidos. El usuario debe de definir una o varias cuencas con sus características específicas tales como el número de curva (NC) o la superficie. Además puede añadir multitud de elementos como conducciones en cauce, uniones de corrientes, elementos de control de avenidas como presas o embalses (en nuestro caso diques), observatorios meteorológicos, etc.

En esta primera simulación se pretende la mera evaluación de la cuenca a sección de cierre ya definida, para la generación de caudales. Podemos obtener información más completa de la obtenida simplemente al aplicar el método modificado de Témez, en la únicamente conseguimos el caudal punta de respuesta a la lluvia de cálculo, pero no el hidrograma completo generado por la misma.

Así seguiremos con cada apartado del programa haciendo una breve descripción de los datos introducidos y los parámetros o métodos elegidos:

8.2.1. MODELOS DE CUENCA (BASIN MODELS).

Es aquí donde vamos a introducir las características de la cuenca. Estas son las siguientes:

- Superficie: 1,61 km²



- Número de curva medio: 84,24
- Tiempo de retardo o Lag time (Tlag): 10,35 min

El cálculo del hidrograma con HEC-HMS aplica los diferentes métodos de hidrogramas unitarios con su posterior convolución. Primero deberemos de definir que es un hidrograma unitario.

El hidrograma unitario es definido como el hidrograma producido por una lluvia neta de 1 mm, uniformemente distribuida sobre la cuenca y para un intervalo de tiempo considerado, y es usado para desarrollar un hidrograma para cualquier tormenta. Como en la cuenca no se tienen registros de precipitación – caudal, el método para calcular el hidrograma representativo de cada subcuenca será a partir del hidrograma unitario sintético. Existen varios métodos, unos conceptuales y otros empíricos para el cálculo de hidrogramas. Para este caso se utilizará el método empírico del Hidrograma Unitario del Servicio de Conservación de Suelos, que nos permite estimar el hidrograma unitario para cada subcuenca a partir del dato Tlag (Tiempo de retardo). Este método utilizado por el Servicio de Conservación de suelos, se ha asemejado al propuesto por el Ministerio de Obras Públicas (MOPU): el Hidrograma Unitario Triangular (HUT).

Este hidrograma unitario queda definido por las siguientes tres ecuaciones:

$$t_b = D_c + T_c \qquad q_p = \frac{S}{1,8 \cdot t_b} \qquad t_p = \frac{D_c}{2} + 0,35 \cdot T_c$$

Donde:

t_b = Tiempo base del hidrograma

D_c = Duración característica del hidrograma

q_p = Caudal punta

S = Superficie en km^2

t_p = Tiempo punta, de generación del caudal punta.

t_c = Tiempo de concentración de la cuenca

Así finalmente tendríamos un HUT de la siguiente forma:

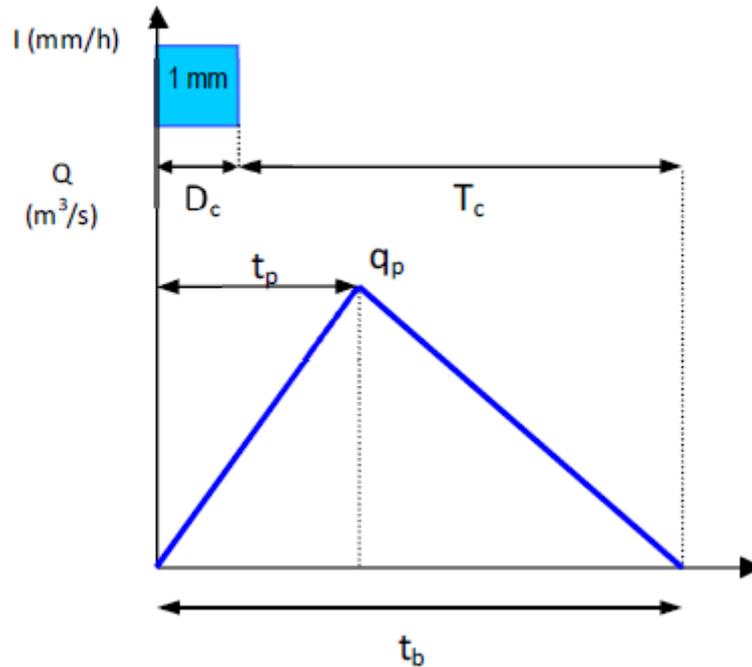


Figura 44. Esquema Hidrograma Unitario Triangular. Fuente: DIEZ (2014).

El tiempo de concentración ya ha sido calculado por la fórmula de Témez y es para nuestro caso también la duración del aguacero de cálculo, aproximadamente. Pero es necesario utilizar el valor original de t_c (0.493 h ó 29.58 min) para el cálculo del tiempo de desfase o t_{lag} que utiliza el programa. Así mediante la siguiente expresión se obtiene ese valor ya mencionado:

$$T_{lag} \cong 0,35 \cdot T_c$$

Además de estos parámetros es indispensable qué escorrentía y cuándo se va a producir según los intervalos de tiempo establecidos. Para ello HEC-HMS, utiliza el método del número de curva desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) que en el apartado de hidrología forestal se ha empleado. Básicamente considera que para cada intervalo de tiempo hay una escorrentía asociada según el número de curva. Esa escorrentía se traduce en un caudal. Aplicando el método del HUT, tendremos para cada intervalo de 3 minutos, es decir, los definidos en el aguacero sintético, un caudal distinto. Estos tres minutos sería la D_c , cumpliendo la siguiente expresión:

$$D_c \leq \frac{T_c}{5} = 5,916 \text{ min}$$

Así pues el programa obtendría diferentes HUT para la duración total del aguacero. Pero a nosotros nos interesa obtener el hidrograma final con el caudal punta generado. Para ello será necesario la agregación o convolución de hidrogramas. Así se expone de manera gráfica en las siguientes figuras:

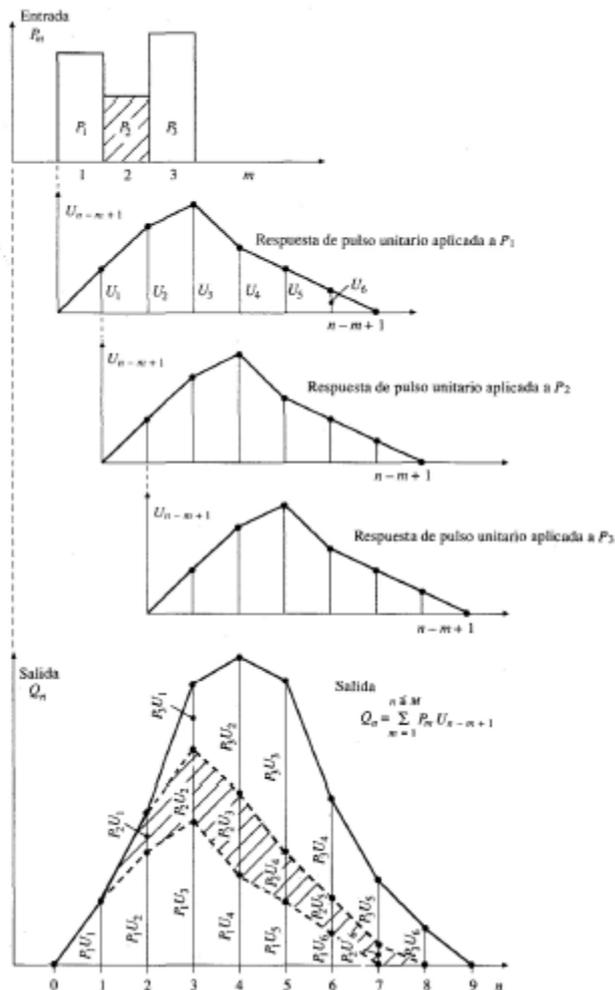


Figura 45. Esquema de convolución y generación de un hidrograma final. Fuente: CHOW (1994).

El hidrograma resultante será nuestro objetivo, pero para ello también deberemos de fijar otros parámetros, continuando con las partes del programa HEC-HMS.

8.2.2. MODELOS METEOROLÓGICOS (METEOROLOGIC MODELS).

Aquí en este apartado se pueden introducir los diferentes modelos meteorológicos, en nuestro caso, los hidrogramas definidos anteriormente para cada una de las distribuciones (general, centrada y general media).

8.2.3. ESPECIFICACIONES DE CONTROL (CONTROL SPECIFICATIONS).

En este otro apartado regulamos el tiempo de cálculo para el programa. Además tenemos que añadir la fecha de cálculo, aunque a efectos de generación del hidrograma es irrelevante.

Así fijamos un tiempo de cálculo de una hora y media, dotando de una hora más respecto a la duración de la lluvia, para obtener el hidrograma completo hasta la desaparición de caudal.

8.2.4. OBSERVATORIOS DE PRECIPITACIÓN (DENTRO DE TIME-SERIES→PRECIPITATION GAGES).

Es en este punto donde vamos a introducir los datos del aguacero de cálculo. HEC-HMS, pide las tablas con la precipitación para cada intervalo de tiempo definido, en nuestro caso 3 minutos. Aquí introduciremos la información generada a partir de los pluviogramas sintéticos, distinguiendo en cada caso la distribución elegida, comparando luego sus hidrogramas.

Definidos estos puntos básicos, es hora de lanzar el programa y realizar la simulación obteniendo los siguientes resultados:

Distribución centrada

El caudal punta alcanzado es de $17.4 \text{ m}^3/\text{s}$ a la media hora del aguacero, es decir casualmente cuando deja de llover. Este caudal es inferior al de $18.53 \text{ m}^3/\text{s}$ obtenido por el método racional de Témez en el aparatado de hidrología forestal.

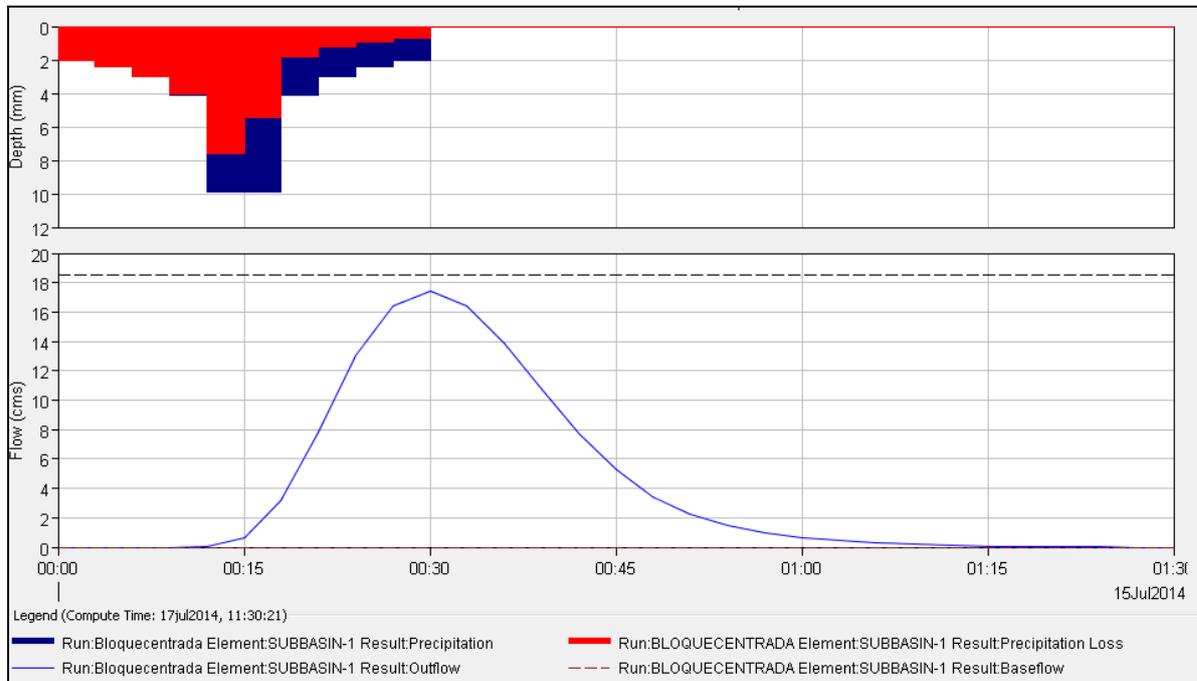


Figura 46. Hidrograma generado por HEC-HMS con una distribución centrada. Fuente: Elaboración propia.

Distribución general

En este caso también se alcanza el caudal punta a la media hora pero es inferior al anterior, $16.8 \text{ m}^3/\text{s}$ y que al calculado por Témez ($18.53 \text{ m}^3/\text{s}$).

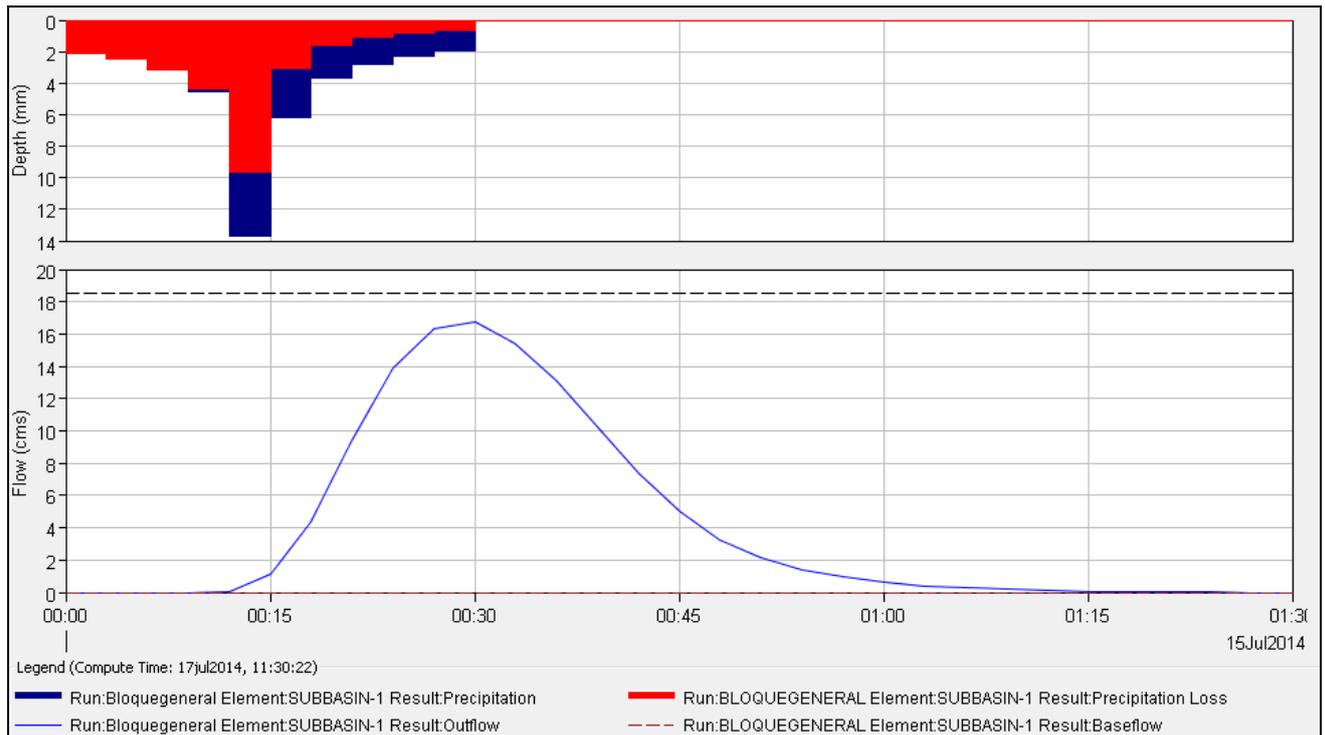


Figura 47. Hidrograma generado por HEC-HMS con una distribución general. Fuente: Elaboración propia.

Distribución general media

En esta última podemos ver una ligera diferencia respecto a los anteriores. El caudal punta se alcanza a los 27 minutos del inicio de la lluvia, antes que los anteriores. Además este caudal punta es de $15.8 \text{ m}^3/\text{s}$ inferior al de Témiz y el menor según las tres distribuciones. Se reparte el caudal por tanto, a lo largo del tiempo.

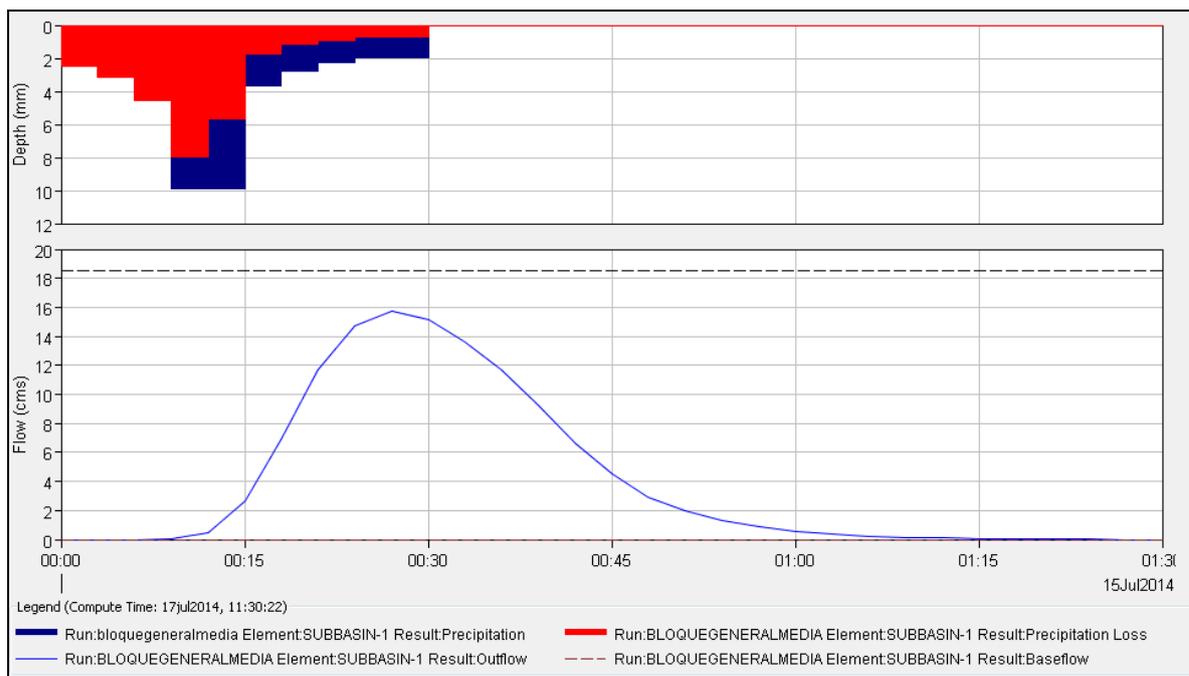


Figura 48. Hidrograma generado por HEC-HMS con una distribución general media. Fuente: Elaboración propia.

Comparativamente vemos el siguiente gráfico con las tres distribuciones (general, centrada, general media) y sus respectivos caudales.

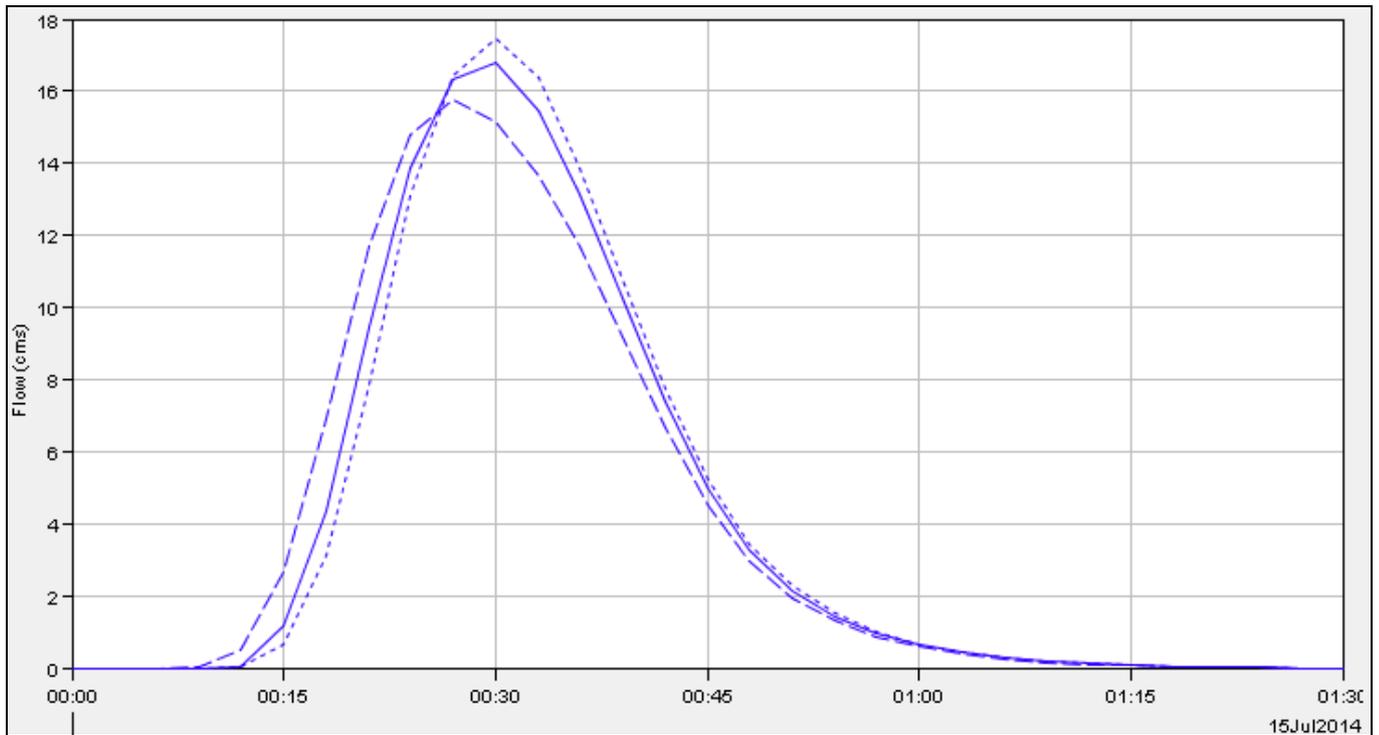


Figura 49. Hidrograma generado por el aguacero de periodo de retorno 100 años según la distribución general media (línea larga discontinua), centrada (línea corta discontinua) y general (línea continua).

Fuente: Elaboración propia.

8.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Mediante el método modificado de Témez para cálculo de caudales, únicamente obtenemos un valor, necesario para el diseño de obras, pero la información es incompleta. Este caudal punta, en nuestro caso de $18.53 \text{ m}^3/\text{s}$, es una buena aproximación al comportamiento de la cuenca ante un aguacero típico de retorno 100 años. Además el método de cálculo de caudales por Témez, es más acertado para cuencas de tamaño pequeño como es el caso. Al aplicar la simulación y trabajando con HUT, obtenemos unos caudales punta no muy dispares al que se obtuvo previamente. Estos caudales son ligeramente inferiores al de Témez y esto significa, que este método está a favor de la seguridad.

El aplicar la simulación para conocer los hidrogramas de salida, está plenamente justificado, dado que complementamos una información, la del comportamiento de la cuenca respecto a un aguacero especial. Esta información en modo de hidrograma, nos ayuda para establecer el diseño de las obras y para cualquier otra obra futura, en este proyecto o en cualquier otro a realizar en la cuenca.

Como resumen aquí se exponen los caudales punta para un periodo de retorno de 100 años según los diferentes métodos y distribuciones:



Tabla 26. Caudales generados por el aguacero según los diferentes métodos y distribuciones.

Método	$Q_{max,T=100}$
Modificado de Témez $Q = \frac{C * S * I}{3}$	18.53 m ³ /s
HUT	-----
– Distribución general	16.8 m ³ /s
– Distribución centrada	17.4 m ³ /s
– Distribución general media	15.8 m ³ /s

Así pues demostramos con este proceso que el método modificado de Témez es perfectamente aplicable sin que se produzcan grandes diferencias con otros más complejos como puede ser el HUT para conocer los caudales punta.

Estos caudales punta son para la cuenca entera, pero cada obra de corrección transversal, cada dique, tendrá un área diferente de recogida de aguas. Esto dará como resultado caudales punta de retorno 100 años menores que el que se expresa para toda la cuenca. Es por tanto perfectamente admisible aplicar la expresión de Témez para el cálculo de los mismos, particularizando cada parámetro para conseguir un mejor ajuste. Podemos decir ya de antemano, que estos caudales son ligeramente inferiores al caudal generado por la cuenca completa, ya que se sitúan cercanos a la sección de cierre de la misma.

Anexo IX. Cálculos para el diseño de las obras.

Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de los Santos, Herradón (Ávila).

Álvaro Jiménez González



INGENIERÍA DEL PROYECTO: DISEÑO Y UBICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE CORRECCIÓN TRANSVERSAL.

Un proyecto de actuación hidrológica, se basa en la mejora del comportamiento hidrológico de una zona concreta suponiendo varios beneficios en varios aspectos: naturales, de riesgo para las personas, protección de bienes humanos y culturales... Todos ellos están íntimamente relacionados y se deben tener en cuenta a la hora de planificar estructuras que contribuyan a estos beneficios, logrando un máximo con los recursos que se tengan, dado que es un factor limitante.

Este proyecto básico de actuación hidrológica se basa principalmente en la construcción de unas obras de corrección transversal.

Las obras transversales consisten en medidas a lo ancho del cauce cuya finalidad puede ser diversa, desde el almacenamiento de agua en azudes, la regulación de caudales, laminación de avenidas hasta el control vertical del cauce.

Dado la situación erosiva de la zona se propone como medida de mejora la construcción de dos diques en la parte inferior de la cuenca, donde los caudales son más significativos. El objetivo, es controlar esta alta emisión de sedimentos que se produce (diques de retenida) y además tratar de laminar (diques de laminación), las avenidas con una finalidad protectora a bienes humanos como infraestructuras y lo más importante a vidas humanas.

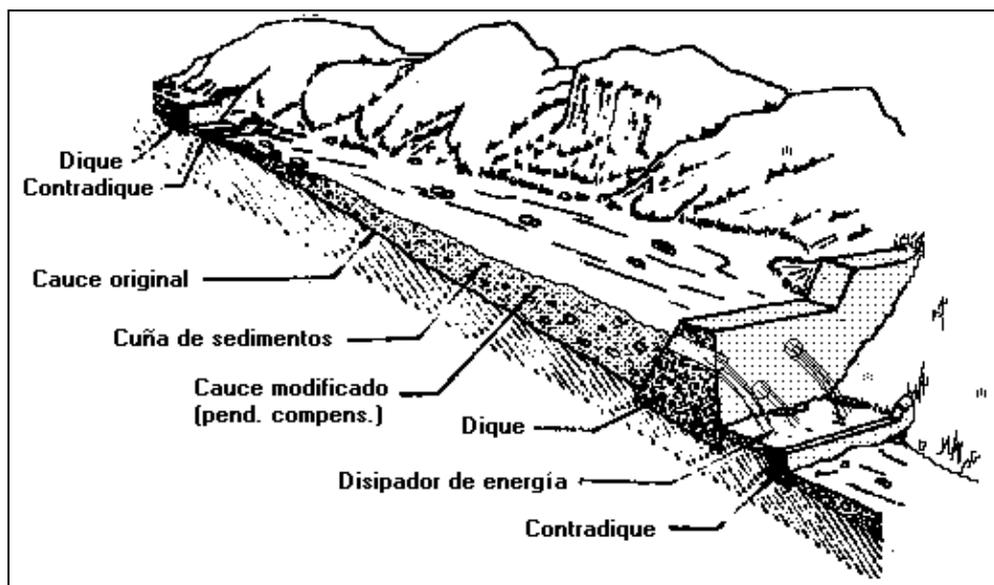


Figura 1. Esquema general del funcionamiento de dos diques forestales consecutivos con sus partes diferenciadas. Fuente: DÍEZ (2012).

1. SITUACIÓN DIQUES

Son dos los diques que se plantean desde el principio, para ello se estudian en la zona secciones potencialmente óptimas. Aprovechando la morfología del terreno, se escogen en principio dos zonas cercanas por encima de la sección de cierre. Como se puede ver en el plano 7 "Localización de las secciones y detalle del terreno", estas son las S1p y S2.

A la hora de realizar las mediciones del terreno, se decidió establecer una sección inferior, S3, dada su accesibilidad y la morfología del tramo, dado su marcado encajonamiento entre rocas graníticas.

Se desestima por tanto, la sección S1p, por su alta pendiente, poca accesibilidad dado la espesura de la vegetación y su situación más alejada de la sección de cierre.



2. DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS.

2.1. FICHA TÉCNICA DIQUE Nº1.

- El dique nº1 se ubica en la correspondiente sección S2 en el plano 7. Para mayor detalle observar el plano 9 “Perfil sección 2. Dique nº 1”.
- Aguas arriba de la sección la pendiente es alta, en torno al 13,71 % (I), más o menos cercana a la media del curso, pero nos encontramos que a más de 50 m estos valores se disparan hasta al 15-16%. Es una sección que viene marcada por las altas pendientes por las que discurre el arroyo de los Santos. Esta sección está estratégicamente situada al disminuir las pendientes y encontrar una zona con suficiente amplitud para que el almacenamiento sea relevante y sus efectos de retenida y consolidación.
- Uno de los objetivos es reducir la pendiente inicial en ese tramo de pendientes cercanas al 13,71 %. Esto condiciona la altura del dique. Según estimaciones, la pendiente de compensación final deberá tomar valores en torno a $0,5 \cdot I - 0,7 \cdot I$. Siguiendo esta estimación y tomando un valor medio ($0,6 \cdot I$), $I_c = 8,22\%$. Finalmente se tomará 8 %. Así la altura del dique seguirá la siguiente expresión:

$$H = d(I - I_c) + a$$

Donde:

H= altura útil dique (m)

d = distancia a la que está referida la pendiente y el aterramiento (m)

I = pendiente original (m)

a = aterramiento (m/m)

Con un aterramiento de 2,5 m a los 43,75 m de la sección aguas arriba, tenemos que la altura de diseño H, será de 5m.

No se ha querido dotar de mayor altura al dique dado que supondría un incremento mayor en el presupuesto y un mayor impacto visible en la zona.

- La sección del dique es trapezoidal, de paramento anterior vertical y posterior inclinado. Las medidas de la obra se detallan en el plano 11 “Dique nº1”.
- La vida útil de la obra se estima que sean 100 años, por tanto los caudales de diseño serán los relativos a ese periodo.
- El cuerpo del dique se proyecta en hormigón ciclópeo. Este tipo de hormigón aprovecha la abundante roca granítica en la zona suponiendo un menor impacto visual y menor costo en materiales. Es visible el impacto visual desde algunos puntos de la carretera situada a sección de cierre, por tanto importante esta consideración. Además se propone un revestimiento de 20 cm de profundidad de mampostería hidráulica granítica. Así se intenta una integración en el entorno, aunque ello suponga un incremento de costos.



- El cuerpo del dique continúa con un dissipador de energía cuya función es disminuir el potencial erosivo de las aguas que vuelven al cauce tras atravesar el dique. Sus dimensiones se detallarán en los siguientes puntos.
- Se aprovecharán los bolos de piedra sobrantes de la obra, para situarlos aguas abajo en los laterales del dissipador de energía, evitando un posible socavamiento del terreno y minimizando su impacto.
- Se estima una rápida colmatación dado experiencias en la zona con otros diques ya colmatados de semejantes características. Aproximadamente 30-40 años para colmatación completa, siendo más probable el valor inferior dado el estado erosivo de la cuenca, (uno de los mayores en la zona).
- El caudal de diseño es distinto al que se ha venido calculando para la sección de cierre en el apartado de hidrología forestal. Aceptando que el método de modificado de Témez es el que más se adapta a la realidad de la cuenca, y que la superficie de influencia es menor para esta sección (1,45 km²), la expresión sería la siguiente:

$$Q_{max,T=100} = \frac{C * S * I_{T100}}{3} = \frac{0,4 * 1,45 * 86,34}{3} = 16,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por tanto 16,7 m³/s será el caudal de diseño del dique para un periodo de retorno de 100 años.

Por la zona en la que se ubica, es muy probable que se requieran labores de desbroce previas a la obra.

2.2. ELECCIÓN HIPÓTESIS DE CÁLCULO

Se elige la hipótesis de cálculo nº1. Es la más sencilla. Supone que el dique está solicitado por solo dos fuerzas, el empuje hidrostático horizontal, como consecuencia de un diagrama de presiones triangular (h=0) sobre el paramento aguas arriba, y el peso propio de la estructura. Ver figura 24.

Se aconseja tomara esta hipótesis en este caso debido a que:

- El emplazamiento es roca impermeable sin riesgo a subpresión.
- Los caudales son pequeños.
- Periodos de embalse cortos.

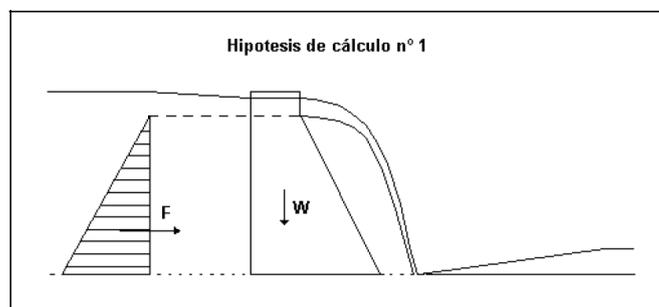


Figura 2. Fuerzas consideradas por la hipótesis de cálculo nº1. Fuente: DÍEZ (2012)

2.3. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DEL DIQUE:

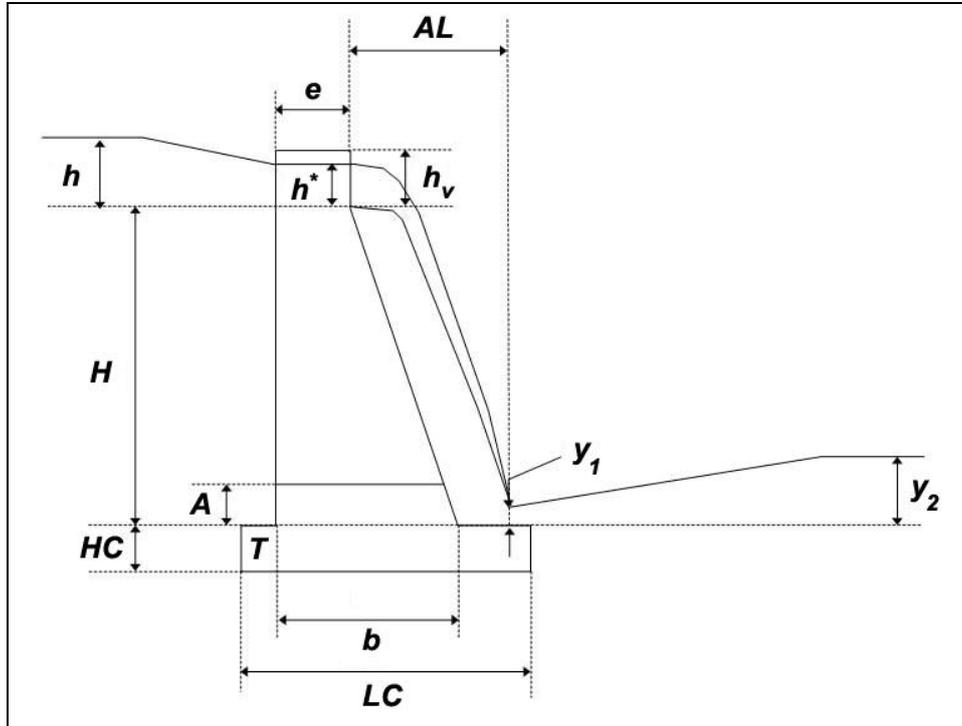


Figura 3. Elementos principales en el proceso de dimensionamiento de diques forestales. Fuente: DÍEZ (2012).

DISEÑO DEL VERTEDERO

- **Longitud del vertedero:** $l = 8$ m. Mayor longitud provocaría erosión en los taludes.
- **Cálculo de la altura en régimen crítico h^* :**

$$h^* = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot l^2}} = 0,76 \text{ m}$$

- **Cálculo de la altura de carga de vertido h :**

Como $h^* = 2/3 \cdot h$; $h = 3/2 \cdot h^* = 1,14$ m

Se elige $h_v = 1,5$ m y un resguardo de 35,5 cm.

- **Caudal máximo evacuado**

$$Q_{max} = \frac{2}{3\sqrt{3}} \cdot l \cdot h_v \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_v} = 25,06 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Cálculo de espesor en coronación (e):**

Cálculo del espesor mínimo en coronación (e_{min}):



$$e_{min} = \frac{\gamma * h}{\gamma_s * \varphi_2}$$

Donde:

- γ : Peso específico del agua con sedimentos, 1200 kp/m³
- γ_s : Peso específico de la fábrica: 2300 kp/m³
- φ_2 : Coeficiente de fricción interna: 0,75

Luego $e_{min} = 0,79$ m

- Por una parte $e \geq e_{min}$
- Las fórmulas empíricas aconsejan $e = 0,7 + 0,2 * h = 0,928$
- Además se recomienda un $e > 1,2$ m para conservación y tránsito
- Por otra parte e debe ser tal que el vertido no impacte en el paramento aguas abajo.

Se elige $e = 1,2$ m

CÁLCULO DE ESPESOR EN LA BASE (B):

- Estudio de las fuerzas que intervienen en el sistema en la hipótesis de cálculo nº1 (fig. 26)

Para calcular W se divide el dique en una sección rectangular (W_1) y una triangular (W_2).

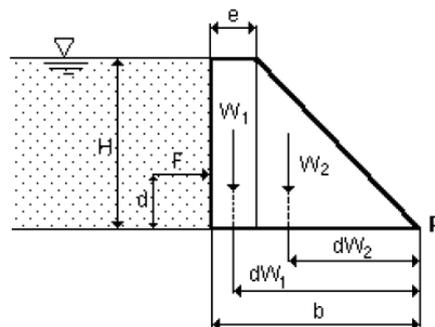


Figura 4. Fuerzas que intervienen sobre el dique referidas al punto P. Fuente: DÍEZ (2012)

$$W_1 = \gamma_s * (e * H * 1) = \gamma_s * e * H$$

$$W_2 = \gamma_s * V_2 = \gamma_s * \left(\frac{1}{2} * (b - e) * H * 1 \right) = \gamma_s * (b - e) * H$$

$$dW_1 = b - e/2$$

$$dW_2 = \frac{2}{3} * (b - e)$$

Para calcular F y d se emplean las fórmulas de hidrostática.

$$F = P_C * S = \gamma * Z_C * S = \gamma * \frac{H}{2} * H * 1 = \gamma * \frac{H^2}{2}$$



$$d = H/3$$

- **Condición de estabilidad límite (no vuelco)**

$$\sum M_P = 0; F * d - W_1 * dW_1 - W_2 * dW_2 = 0$$

Simplificando se obtiene:

$$b_{min1} = -\frac{e}{2} + \sqrt{\frac{3 * e^2}{4} + \frac{\gamma}{\gamma_s} * \frac{H^2}{2}} = 3,15 \text{ m}$$

- **Condición de núcleo central (fig. 27)**

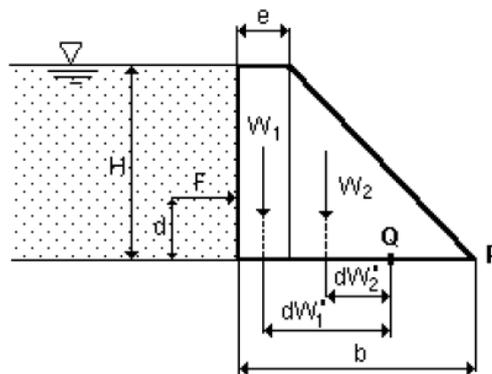


Figura 5. Fuerzas que intervienen sobre el dique referidas al punto Q. Fuente: DÍEZ (2012).

$$\sum M_Q = 0; F * d - W_1 * dW'_1 - W_2 * dW'_2 = 0$$

$$dW'_1 = b - \frac{e}{2} - \frac{b}{3} = \frac{2b}{3} - e/2$$

$$dW'_2 = \frac{2}{3} * (b - e) - b/3$$

Sustituyendo y desarrollando la igualdad:

$$b_{min1} = -\frac{e}{2} + \sqrt{\frac{5 * e^2}{4} + \frac{\gamma}{\gamma_s} * H^2} = 3,25 \text{ m}$$

Se toma $b = 3,5 \text{ m}$

- **Comprobación de que la lamina no vierte sobre el paramento**

En primer lugar se calcula el alcance parabólico de la lámina de vertido.

$$AL = \sqrt{2 * H * h^* + h^{*2}} = 2,85 \text{ m}$$

Como $b - e (3,5 - 1,2 = 2,3 \text{ m}) \leq AL$, la lámina no vierte sobre el paramento.

- **Condición de no deslizamiento de en el seno de la obra.**

Para que entre dos secciones horizontales cualesquiera del dique no exista deslizamiento debe cumplirse que:



$$\varphi_2 > \frac{\sum F_H}{\sum F_V}$$

Donde

$\sum F_H$ = Sumatorio de todas las fuerzas horizontales (kp)

$\sum F_V$ = Sumatorio de todas las fuerzas verticales (kp)

φ_2 = coeficiente de fricción interna de la obra = 0,75

$$\sum F_H = F = \gamma * \frac{H^2}{2} = 15000 \text{ kp}$$

$$\sum F_V = W = W_1 + W_2 = \gamma_s * e * H + \frac{\gamma_s}{2} * (b - e) * H = 27025 \text{ kp}$$

$$\frac{\sum F_H}{\sum F_V} = 0,55$$

Como $0,75 > 0,55$; NO EXISTE deslizamiento en el seno de la obra

– **Condición de no deslizamiento Fábrica-Terreno**

Para que no exista deslizamiento entre la base del dique y el terreno debe de cumplirse que:

$$\varphi_1 > \frac{\sum F_H}{\sum F_V}$$

Donde

$\sum F_H$ = Sumatorio de todas las fuerzas horizontales (kp)

$\sum F_V$ = Sumatorio de todas las fuerzas verticales (kp)

φ_1 = coeficiente de rozamiento entre la fábrica y el terreno = 0,60 (Roca sana con superficie rugosa. Fuente: Calavera, 1989)

$$\frac{\sum F_H}{\sum F_V} = 0,55$$

Como $0,60 > 0,55$: NO EXISTE deslizamiento entre el dique y el terreno

– **Tensiones de compresión sobre el terreno**

Si se supone un reparto de tensiones en la base del dique constante a dique vacío:

$$\sigma_{terr} = \frac{w}{b} = \frac{27025}{3,5} = 7721,4 \frac{\text{kp}}{\text{m}^2} = 0,77 \text{ kp/cm}^2$$

La tensión de compresión sobre el terreno máxima admisible es de $\sigma_{terr} = 10 \text{ kp/cm}^2$

Como $\sigma_{terrmax} \gg \sigma_{terr}$, por lo tanto la tensión de compresión del dique sobre el terreno es ADMISIBLE.

– **Tensiones de compresión admisibles en el seno del dique**



La tensión de compresión en el dique se calcula mediante la expresión:

$$\sigma_{dique} = \frac{2 * W}{b} * (1 + tg^2 \beta)$$

En la cual β = Ángulo que forma el paramento aguas abajo con la vertical = $\text{arc tg}(b-e/H) = 24,7^\circ$.

Para los datos:

$$\sigma_{dique} = 18709,83 \frac{kp}{m^2} = 1,87 \text{ kp/cm}^2$$

Se recomienda una $\sigma_{dique \text{ max}} \approx 80 \text{ kp/cm}^2$ y nunca $\sigma_{dique \text{ max}} > 100 \text{ kp/cm}^2$.

Como $\sigma_{dique \text{ max}} \gg \sigma_{dique}$, la tensión de compresión en el seno del dique es ADMISIBLE.

CIMENTACIÓN

Con la hipótesis nº1, se supone que no hay riesgos de sifonamiento para el dique. Se satisface las condiciones de núcleo central y de no deslizamiento con la base proyectada de 3,5 m. Aún así desde el punto de vista técnico es necesario el dimensionamiento de zapatas en la base del dique. Esto es común para el dique nº1 y nº2, aunque sus dimensiones son diferentes.

Así se calculan las condiciones de no deslizamiento entre las zapatas y el dique. Además de las condición de núcleo central en la zapata.

Las dimensiones de la zapata para el dique nº1 son:

HC: Altura de la cimentación \rightarrow 1,5m

T: Talón de la zapata \rightarrow 1 m

LC: Longitud cimentación \rightarrow 5,5 m



Al igual que en el núcleo del dique y las alas se cumplen las hipótesis consideradas:

Tabla 1. Cálculos de hipótesis y tensiones para la zapata.

Cálculo considerando la avenida de cálculo			
Condición de no deslizamiento en la fundación	Fuerzas horizontales/Fuerzas verticales	0,28	Cumple
Condición de núcleo central de la zapata	C1 = 0,40 m	Lc/6 = 0,916	Cumple
Tensiones	Min: 0,52 kp/cm ²	Max: 1,36 kp/cm ²	Media: 1,15 kp/cm ²
Cálculo a dique vacío			
Tensiones	Min: 0,58 kp/cm ²	Max: 1,09 kp/cm ²	Media: 0,96 kp/cm ²

Así se verifica las hipótesis iniciales y se aceptan las medidas propuestas.

Además por último tenemos que el volumen de zapata por unidad de ancho es de 8,25 m².

RESALTO HIDRÁULICO

Se supone que el resalto se produce en un canal rectangular de ancho idéntico al medio del vertedero I. Para conocer el calado en régimen rápido a pie de dique se plantea la ecuación de Bernoulli que relaciona la energía del agua en el vertedero con la energía a pie de dique. La ecuación que resuelve es:

$$y_1^3 - (H + Hk) * y_1^2 + \frac{Q^2}{2 * g * L^2 * k} = 0$$

Donde

- y_1 : calado en régimen rápido a pie de dique (se calcula por tanteos sucesivos, para lo cual nos hemos apoyado del software Diq2)
- H: Altura útil del dique
- Hk: Energía específica del agua en el vertedero referido a su umbral.
- Q: Caudal de avenida
- k: Factor de pérdidas de carga (si el vertido es libre $k \approx 0,65$)



La ecuación que relaciona los calados conjugados es:

$$y_2 = -\frac{y_1}{2} + \sqrt{\frac{y_1^2}{4} + \frac{2 * (Q/l)^2}{g * y_1}}$$

Siendo y_2 el calado conjugado en régimen lento.

La pérdida de cargas singulares se obtiene de la siguiente manera:

$$\Delta H_{12} = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4 * y_1 * y_2}$$

Según sea el número de Froude a pie de dique (FR), será o no aconsejable la utilización de cuenco amortiguador:

$$FR = \frac{Q/l * y_1}{\sqrt{g * y_1}}$$

Tabla 2. Soluciones a adoptar a pie de dique según el Nº de Froude

Nº de Froude (FR)	Solución a adoptar
$FR \leq 1,7$	Zampeado
$1,7 < FR < 2,5$	Zampeado o cuenco de amortiguación
$2,5 \leq FR \leq 4,5$	Resalto inestable → evitarlo
$4,5 < FR < 9$	Cuenco de amortiguación
$FR > 9$	Evitarlo

En nuestro caso el valor que toma es de 5,64; con lo cual se recomienda un cuenco de amortiguación que se diseña a continuación.

DISIPADOR DE ENERGÍA. CUENCO DE AMORTIGUACIÓN.

Una de las soluciones más frecuentes para evitar la socavación a pie de dique es el cuenco de amortiguación.

En el cuenco de amortiguación se produce un resalto hidráulico (una transición brusca de régimen rápido a régimen lento).

Los cuencos de amortiguación se construyen a base de piedra, encachado de piedra con mortero u hormigón en masa. En nuestro caso se utilizará grava compactada con una profundidad de 0,25 m de aproximadamente 30-80 mm de diámetro. Esto irá junto con una capa de hormigón de 0,25 m completando una capa de 0,50 m de profundidad.

Son canales de solera horizontal con un contradique de altura P, situado a una distancia tal que la estructura abarque el resalto hidráulico.

Los muros cajeros suelen ser verticales y de altura h_m .



La anchura del cuenco amortiguador suele coincidir con la del vertedero (l) o ligeramente mayor. Dado que la anchura media del curso no es muy extensa se opta con que esta altura coincida con la del vertedero.

La solución elegida es un cuenco de amortiguación con un contradique con vertido libre para mayor eficiencia (fig. 28).

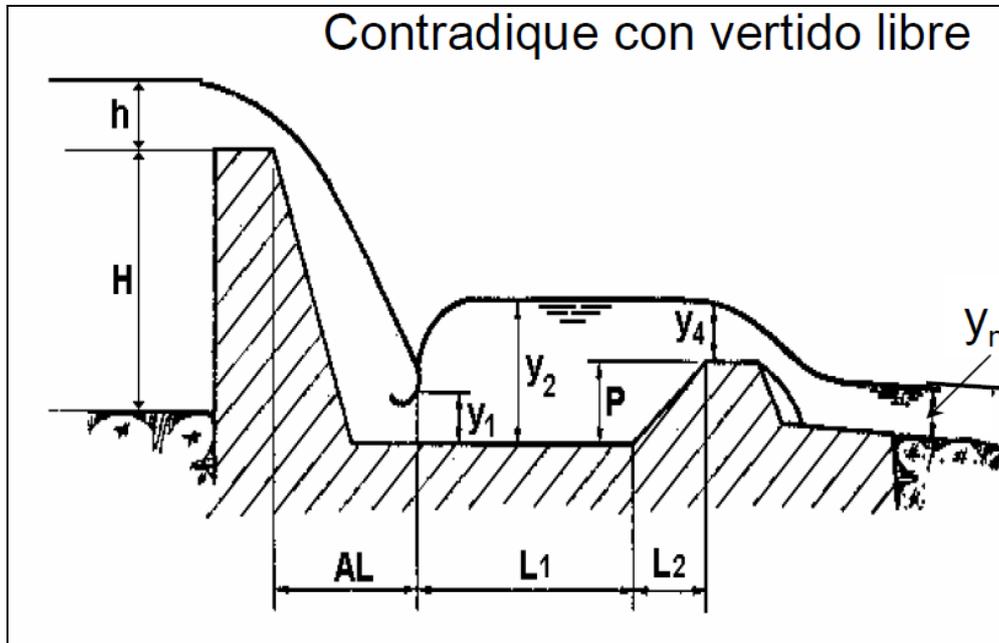


Figura 6. Principales parámetros del cuenco de amortiguación. Fuente: DÍEZ (2012).



Las dimensiones y parámetros influyentes en el diseño son los siguientes:

Tabla 3. Parámetros del cuenco amortiguador y sus valores para el dique nº1.

Parámetro	Expresión	Valor
Calado en regimen rápido a pie de dique	y_1	0,24 m
Calado conjudado en regimen lento.	y_2	1,80 m
Pérdida de carga singular	ΔH_{12}	2,2 m
Longitud del resalto	$L_1 \approx 5 * (y_2 - y_1)$	7,8 m \rightarrow 8 m
Altura de los muros cajeros	$h_m = y_2 + 0,1 * (y_1 + y_2)$	2 m
Profundidad del cuenco	$P = y_2 - h$	0,66 m \rightarrow 0,70 m
Longitud L2. Proyección de la contraescarpa	$2 * P < L2 < 4 * P$	1,4 < L2 < 2,8 \rightarrow 1,5 m
Longitud L3. Protección del cauce al final de la contraescarpa	$2,5 * y_n < L3 < 3,5 * y_n$	1,5 m

En nuestro caso no va a ser necesario adosar un encachado sin mortero a continuación del cuenco amortiguador (L4) dado que el lecho del arroyo está formado por roca granítica.

Además en el contradique, se han especiado una serie de vertederos, siempre cumpliendo que la profundidad alcanzada en el cuenco sea de 0,70 m. Así queda un aspecto de contradique dentado.

El aspecto que tendrá el cuenco amortiguador será el siguiente:

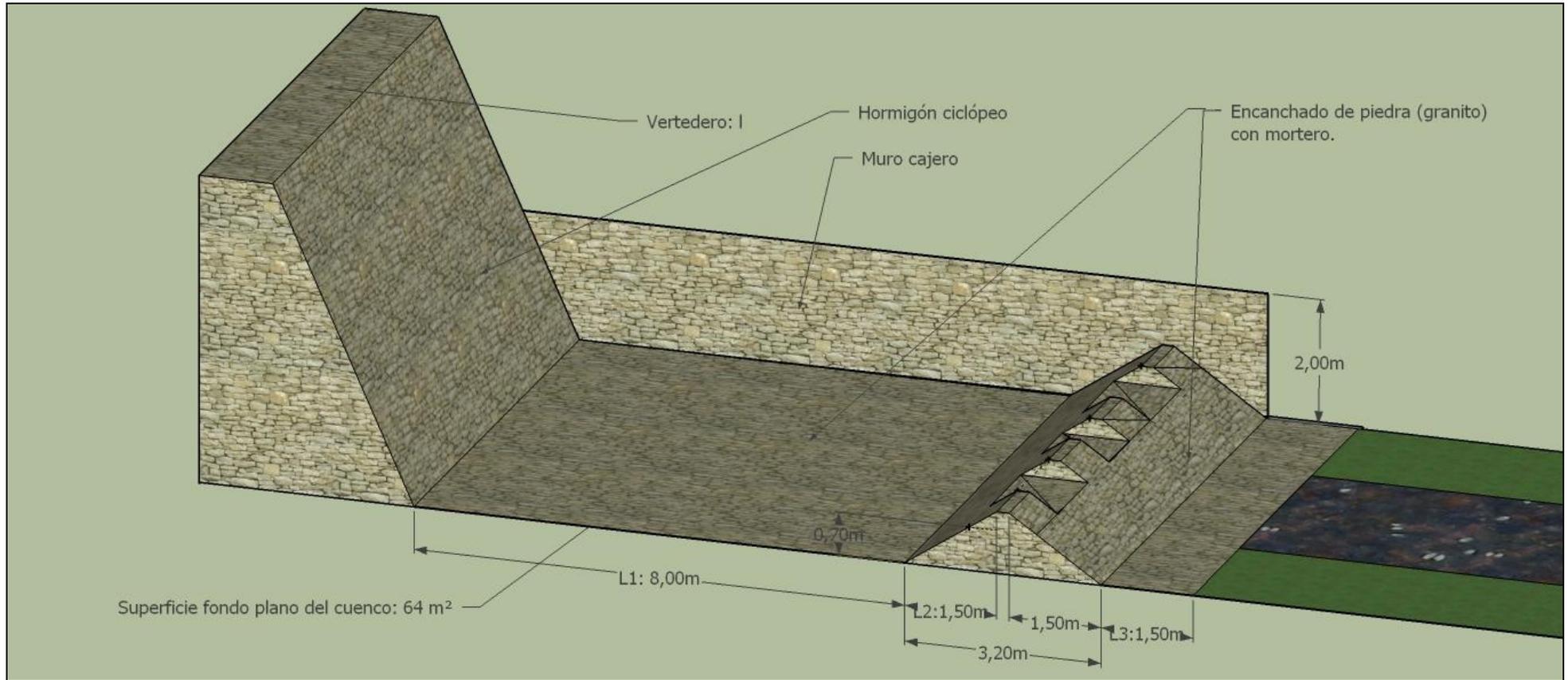


Figura 7. Croquis en 3D del cuenco amortiguador con contradique dentado y uno de los muros cajeros en un lateral. Fuente: Elaboración propia.

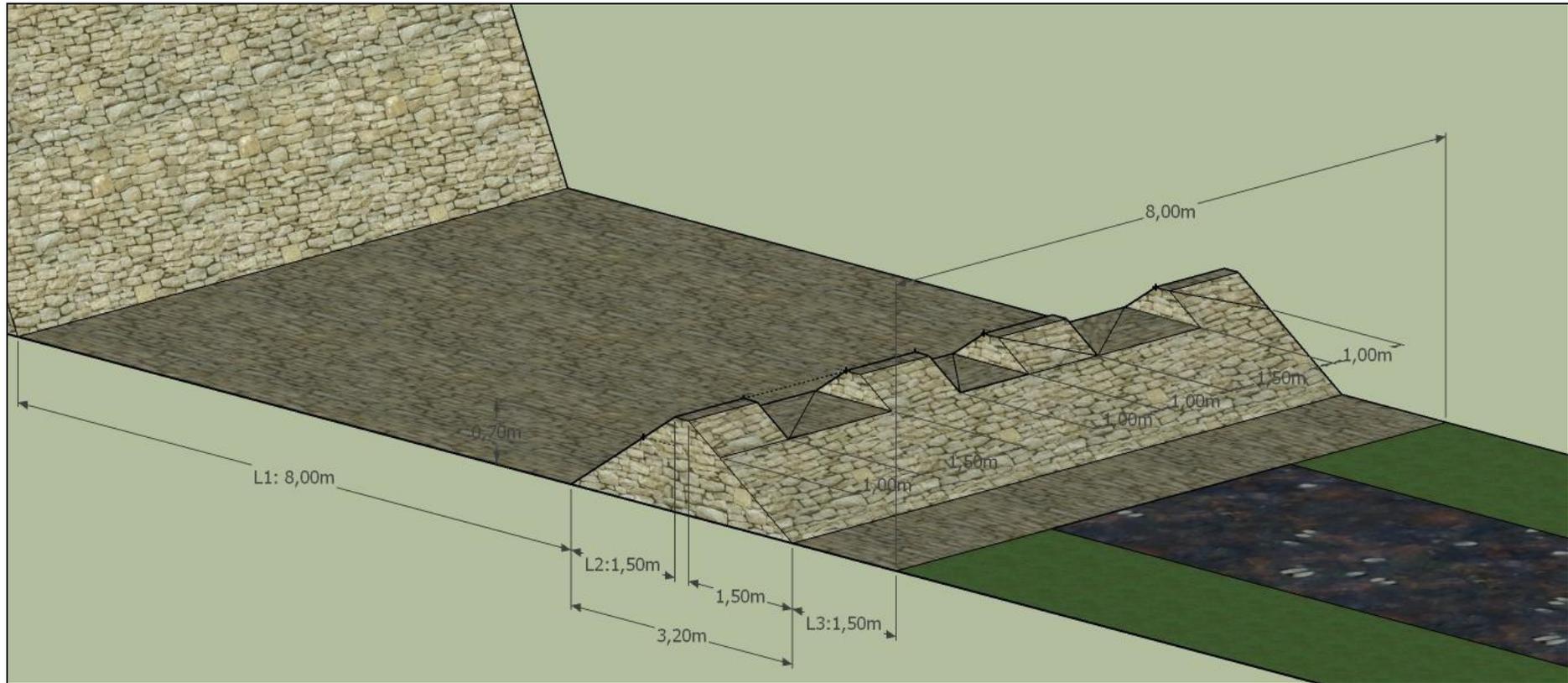


Figura 8. Croquis detalle del contradique con las medidas propuestas. Fuente: Elaboración propia.

JUNTAS DE DILATACIÓN EN LA ESTRUCTURA DEL DIQUE.

Se disponen dos juntas laterales de contracción para absorber los efectos de contracción y enfriamiento inevitables en el hormigón y reducir los asentamientos diferenciales que resultan en la estructura al estar cimentada sobre materiales de diferente naturaleza.

Estas juntas son planas y se disponen simétricamente respecto al eje del dique a ambos lados del vertedero. Esta disposición separa las juntas una distancia algo inferior a los 15 m que normalmente se establece como adecuada y tiene la ventaja de ubicar las juntas en una discontinuidad de la sección del dique, absorbiendo así los esfuerzos cortantes que pudieran producirse por las diferentes deformaciones de bloques de tamaños diferentes. Para economizar se utiliza material de PVC con secciones y geometrías estándares.

Se procederá de igual manera para dique nº1 como para el dique nº2, adecuándose a las medidas de cada dique.

MECHINALES

Se dotará tanto al dique nº 1 como al dique nº 2 de mechinales en el cuerpo central de la obra que, por una parte, aumentan la capacidad de desagüe del dique y por otra, actúa como drenaje una vez la obra esté completamente aterrada, y aminoran los empujes hidrostáticos sobre el paramento aguas arriba.

El material es de PVC. Se disponen con una pendiente del 3% de paramento aguas arriba al de aguas abajo. Se fijará un mechinal por cada 6 m² de paramento. El diámetro de los mismos será de 110 mm.

Para evitar riesgos de sifonamiento, se instalará una línea de cota baja (1 m) de mechinales y además un mechinal extra de fondo a cota 0 m de 250 mm de diámetro.

PISTAS DE ACCESO.

Tanto el emplazamiento del dique nº1 como el del nº 2 se ha tenido en cuenta la accesibilidad por parte de la maquinaria y el resto de medios y materiales. No es necesaria la construcción de ninguna pista en el terreno dado que su acceso es sencillo desde la carretera. Puede que sea necesario el bombeo de hormigón desde un punto de la carretera, para así simplificar la construcción. Un punto que se considera imprescindible antes de iniciar las obras es el desbroce de la zona, dado la gran espesura en el mismo cauce. Estas labores se detallarán en el documento "IV. Mediciones y presupuesto"

Un concepto que se considera necesario es la adecuación de los accesos existentes así como las zonas en las que se emplazarán las instalaciones de obra.



2.4. RESUMEN CÁLCULOS. DIQUE Nº 1:

CAUCE: ARROYO DE LOS SANTOS

MATERIAL: HORMIGÓN CICLÓPEO

HIPÓTESIS DE CÁLCULO: HIPÓTESIS Nº1.

GEOMETRÍA

Tabla 4. Dimensiones relevantes de la geometría del dique nº1.

Altura útil	5 m
Espesor de la base	3,5 m
Espesor en coronación	1,2 m
Altura del vertedero	1,5 m
Longitud del vertedero	8 m
Desnivel base del dique. Primera línea de mechinales	1 m
Volumen por unidad de ancho (dique)	11,75 m ²
Longitud de zapata	5,5 m
Profundidad de la cimentación	1,5 m
Talón de la zapata	1 m.
Volumen por unidad de ancho (zapata)	8,25 m ²

ESTÁTICA

Tabla 5. Parámetros relevantes de la estática el dique nº1.

Peso específico de la fábrica	2300 kp/m ³
Coefficiente de rozamiento interno de la obra	0,75
Coef. De rozamiento entre los cimientos y el terreno	0,60
Tensión máxima sobre el terreno de fundación	1,35 kp/cm ²



FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO

Tabla 6. Parámetros relevantes del dique nº1 en el funcionamiento hidráulico.

Peso del agua con sedimentos	1200 kp/m ³
Caudal de cálculo	16,7 m ³ /s
Carga de vertido	1,14 m
Calado crítico	0,76 m
Resguardo para el caudal de cálculo	3,5 *10 ⁻¹ m
Capacidad máxima de vertido	25,06 m ³ /s
Alcance de la lámina	2,85 m

RESALTO HIDRÁULICO

Tabla 7. Parámetros relevantes del resalto hidráulico y del cuenco amortiguador.

Calado a pie de dique (Régimen rápido)	0,24 m
Calado conjugado (Régimen lento)	1,80 m
Número de Froude	5,64
Pérdida de carga singular	2,2 m
Longitud del resalto	8 m
Anchura del resalto	8 m
Altura de los muros cajeros	2 m
Profundidad del cuenco	0,70 m
Longitud de proyección de la contraescarpa	1,5 m
Longitud de protección del cauce al final de la contraescarpa	1,5 m



2.5. FICHA TÉCNICA DIQUE Nº2

- El dique nº 2 se ubica en la sección S3 que se detalla en el plano 10.
- Esta sección es mucho más cerrada que la del dique nº1. Caracterizada por dos grandes masas de piedra granítica en los extremos de la sección. Esto ha sido un motivo determinante para establecer el dique en esta localización. Además el fondo del arroyo es totalmente accesible desde la carretera y este discurre por un fondo donde aflora la roca madre. Así se quiere evitar los posibles riesgos de sifonamiento de la obra.
- Este dique tiene bastante similitudes con el dique nº1. Se proyectará también en hormigón ciclópeo y su altura útil será de 3,5 m. Esto es debido a que por su sección más pequeña y la morfología del terreno será de dimensiones menores.
- Además la sección elegida es poco visible desde la cercana carretera, tanto en un sentido como en otro, por tanto el impacto visual se ve reducido de gran manera.
- Estableciendo una altura útil de 3,5 m, se consigue que la pendiente original del 10,61 % se reduzca al 6,33 % con un aterramiento a los 46,8 m aguas arriba de 2 m. Con lo cual este valor está en el por debajo del extremo inferior del recomendado para una pendiente de compensación futura (0,5*1-0,7*1; 5,3 %-7,42 %). Esto se justifica también, dado que con esta altura no es visible el dique y el tamaño de obra sigue siendo mínimo dada la situación.
- Al considerar el caudal de diseño para el dique nº2, se tiene en cuenta lo siguiente:
 - La distancia entre el dique nº1 y el dique nº2 es de 121,28 m.
 - Esta distancia no se considera importante a la hora de nuevos aportes por parte de la cuenca al arroyo.
 - El caudal de salida en el caso más desfavorable (dique lleno) para el dique nº1, será el caudal de diseño del dique nº2.

Para el cálculo de este caudal de salida y de diseño del dique nº2 se procederá a utilizar el software HEC-HMS. Este software trabaja con la metodología Puls que relaciona mediante la ecuación de continuidad el caudal de entrada $I(t)$ y de salida $Q(t)$ con el almacenamiento $S(t)$. Para ello se necesita conocer la relación de cota (H)-almacenamiento (S) que se da en el dique nº1. Para ello se realizó el replanteo del terreno con estación total como se detalla en el apartado de mediciones. Así se obtiene la siguiente relación:

Tabla 8. Alturas y su almacenamiento asociado.

H (m)	S (m3)
0	0
1	13,36
2	63,139
3	319,463
4	565,349
5	806,437
6	1043,2

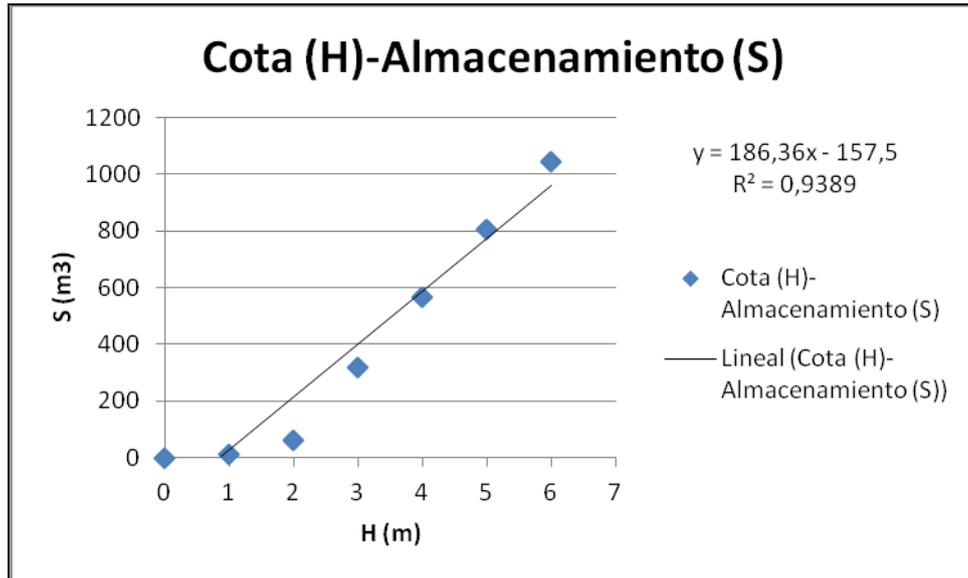


Figura 9. Relación cota (H)-almacenamiento (S). Fuente: Elaboración propia.

Realizando la simulación con HEC-HMS obtenemos lo siguiente:

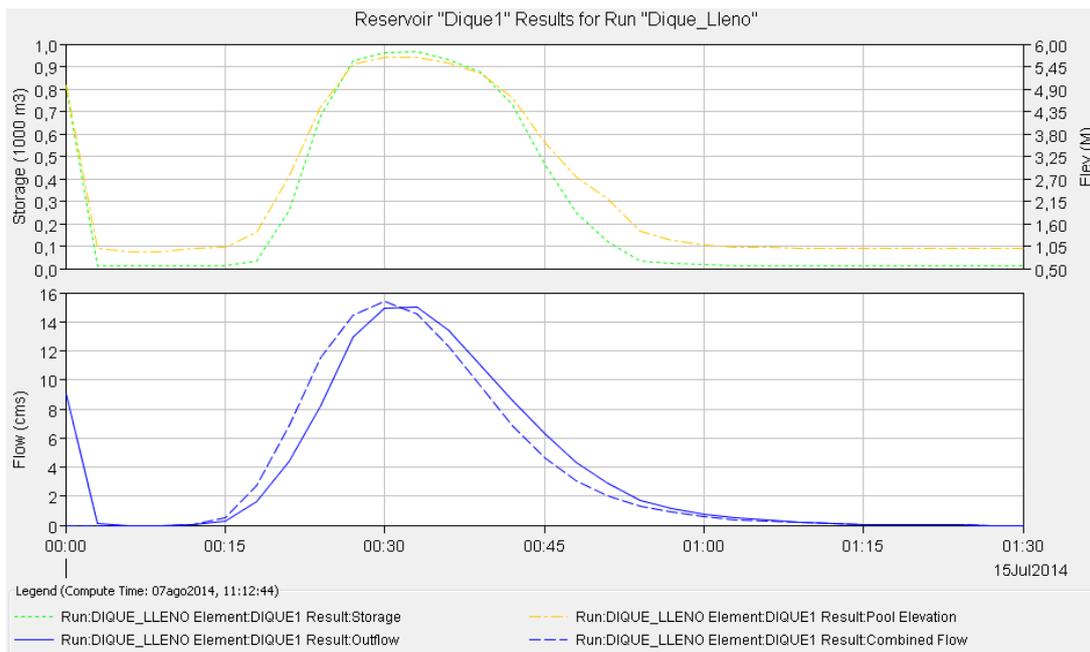


Figura 10. Hidrograma de salida del dique nº1 lleno para el aguacero de cálculo máximo diario con periodo de retorno 100 años. Fuente: Elaboración propia

Es decir un caudal de diseño para el dique nº2 de 15,4 m³/s

La hipótesis de cálculo también será la nº1 por los mismos motivos que para el dique nº1.

- Al igual que en el dique nº1, se utiliza un cuenco de amortiguación con vertido libre de la misma forma que se muestra en las figuras 29 y 30, pero con las medidas que a continuación se detallarán.



2.6. RESUMEN CÁLCULOS. DIQUE Nº 2:

CAUCE: ARROYO DE LOS SANTOS

MATERIAL: HORMIGÓN CICLÓPEO

HIPÓTESIS DE CÁLCULO: HIPÓTESIS Nº1.

GEOMETRÍA

Tabla 9. Dimensiones relevantes de la geometría del dique nº2..

Altura útil	3,5 m
Espesor de la base	3 m
Espesor en coronación	1 m
Altura del vertedero	1,2 m
Longitud vertedero	7,5 m
Desnivel base del dique. Primera línea de mechinales	1 m
Volumen por unidad de ancho (dique)	7 m ²
Longitud de zapata	4 m
Profundidad de la cimentación	0,5 m
Talón	0,5 m
Volumen por unidad de ancho (zapata)	2 m ²

ESTÁTICA

Tabla 10. Parámetros relevantes de la estática del dique nº2.

Peso específico de la fábrica	2300 kp/m ³
Coefficiente de rozamiento interno de la obra	0,75
Coef. De rozamiento entre los cimientos y el terreno	0,60
Tensión máxima sobre el terreno de fundación	1,35 kp/cm ²



FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO

Tabla 11. Parámetros relevantes del dique nº2 en el funcionamiento hidráulico.

Peso del agua con sedimentos	1200 kp/m ³
Caudal de cálculo	15,4 m ³ /s
Calado crítico	0,75 m
Carga de vertido	1,13 m
Resguardo para el caudal de cálculo	7 *10 ⁻² m
Capacidad máxima de vertido	16,8 m ³ /s
Alcance de la lámina	2,42 m

RESALTO HIDRÁULICO

Tabla 12. Parámetros relevantes del resalto hidráulico y del cuenco amortiguador.

Calado a pie de dique (Régimen rápido)	0,28 m
Calado conjugado (Régimen lento)	1,61 m
Número de Froude	4,53
Pérdida de carga singular	1,39 m
Longitud del resalto	6,65 m → 7 m
Anchura del resalto	7,5 m
Altura de los muros cajeros	1,79 m → 2 m
Profundidad del cuenco	0,48 m → 0,50 m
Longitud de proyección de la contraescarpa	1,5 m
Longitud de protección del cauce al final de la contraescarpa	1,5 m

Anexo II. Plan de Gestión de Residuos

Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de los Santos, Herradón (Ávila).

Álvaro Jiménez González



1. MEMORIA INFORMATIVA DEL PLAN

Se redacta este Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición en cumplimiento del Real Decreto 105/2008, de 1 Febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y de demolición que establece, en su artículo 5, entre las obligaciones del poseedor de residuos de construcción y demolición la de presentar a la propiedad un plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra, en particular las recogidas en los artículos 4 y 5 de dicho Real Decreto. Este plan, una vez aprobado por la dirección facultativa y aceptado por la propiedad, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

Este Plan de Gestión los Residuos cuenta con el siguiente contenido:

- Estimación de la **CANTIDAD**, expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.
- Relación de **MEDIDAS para la PREVENCIÓN** de residuos en la obra objeto del proyecto.
- Las operaciones de **REUTILIZACIÓN, VALORIZACIÓN o ELIMINACIÓN** a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra.
- Las **MEDIDAS para la SEPARACIÓN** de los residuos en obra, en particular, para el cumplimiento por parte del poseedor de los residuos, de la obligación de separación establecida en el artículo 5 del citado Real Decreto 105/2008.
- Las prescripciones del **PLIEGO de PRESCRIPCIONES** técnicas particulares del proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra.
- Una **VALORACIÓN** del coste previsto de la gestión de los residuos de construcción y demolición que formará parte del presupuesto del proyecto en capítulo independiente.
- En su caso, un **INVENTARIO de los RESIDUOS PELIGROSOS** que se generarán.
- **PLANOS** de las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra.



Los datos informativos de la obra son:

Proyecto: Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de los Santos

Redactor Estudio de Gestión: Álvaro Jiménez González

Dirección de la obra: Arroyo de Los Santos

Localidad: Herradón de Pinares

Provincia: Ávila

Promotor: Universidad de Valladolid

N.I.F. del promotor: Sin determinar

Contratista redactor de este Plan: Sin determinar

N.I.F. del contratista: Sin determinar

Fecha de comienzo de la obra: 28/06/2015

Este Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición se ha redactado con el apoyo de la aplicación informática específica CONSTRUBIT RESIDUOS.

2. DEFINICIONES

Para un mejor entendimiento de este documento se realizan las siguientes definiciones dentro del ámbito de la gestión de residuos en obras de construcción y demolición:

- **Residuo:** Según la ley 22/2011 se define residuo a cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o que tenga la intención u obligación de desechar.
- **Residuo peligroso:** Son materias que en cualquier estado físico o químico contienen elementos o sustancias que pueden representar un peligro para el medio ambiente, la salud humana o los recursos naturales. En última instancia, se considerarán residuos peligrosos los que presentan una o varias de las características peligrosas enumeradas en el anexo III de la Ley 22/2011 de Residuos, y aquél que pueda aprobar el Gobierno de conformidad con lo establecido en la normativa europea o en los convenios internacionales de la materia que sean de aplicación, así como los recipientes y envases que los hayan contenido.
- **Residuos no peligrosos:** Todos aquellos residuos no catalogados como tales según la definición anterior.
- **Residuo inerte:** Aquel residuo No Peligroso que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble ni combustible, ni reacciona física ni químicamente ni de ninguna otra manera, no es biodegradable, no afecta negativamente a otras materias con las cuales entra en contacto de forma que pueda dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. La lixivialidad total, el contenido de contaminantes del residuo y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes y en particular no deberán suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales o subterráneas.



- **Residuo de construcción y demolición:** Cualquier sustancia u objeto que cumpliendo con la definición de residuo se genera en una obra de construcción y de demolición.
- **Código LER:** Código de 6 dígitos para identificar un residuo según la Orden MAM/304/2002.
- **Productor de residuos:** La persona física o jurídica titular de la licencia urbanística en una obra de construcción o demolición; en aquellas obras que no precisen de licencia urbanística, tendrá la consideración de productor de residuos la persona física o jurídica titular del bien inmueble objeto de una obra de construcción o demolición.
- **Poseedor de residuos de construcción y demolición:** la persona física o jurídica que tenga en su poder los residuos de construcción y demolición y que no ostente la condición de gestor de residuos. En todo caso, tendrá la consideración de poseedor la persona física o jurídica que ejecute la obra de construcción o demolición, tales como el constructor, los subcontratistas o los trabajadores autónomos. En todo caso, no tendrán la consideración de poseedor de residuos de construcción y demolición los trabajadores por cuenta ajena.
- **Volumen aparente:** volumen total de la masa de residuos en obra, espacio que ocupan acumulados sin compactar con los espacios vacíos que quedan incluidos entre medio. En última instancia, es el volumen que realmente ocupan en obra.
- **Volumen real:** Volumen de la masa de los residuos sin contar espacios vacíos, es decir, entendiendo una teórica masa compactada de los mismos.
- **Gestor de residuos:** La persona o entidad pública o privada que realice cualquiera de las operaciones que componen la gestión de los residuos, sea o no el productor de los mismos. Han de estar autorizados o registrados por el organismo autonómico correspondiente.
- **Destino final:** Cualquiera de las operaciones de valorización y eliminación de residuos enumeradas en la "Orden MAM/304/2002 por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos".
- **Reutilización:** El empleo de un producto usado para el mismo fin para el que fue diseñado originariamente.
- **Reciclado:** La transformación de los residuos, dentro de un proceso de producción para su fin inicial o para otros fines, incluido el compostaje y la biometanización, pero no la incineración con recuperación de energía.
- **Valorización:** Todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.
- **Eliminación:** todo procedimiento dirigido, bien al vertido de los residuos o bien a su destrucción, total o parcial, realizado sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.



3. MEDIDAS PREVENCIÓN DE RESIDUOS

Prevención en la Adquisición de Materiales

- La adquisición de materiales se realizará ajustando la cantidad a las mediciones reales de obra, ajustando al máximo las mismas para evitar la aparición de excedentes de material al final de la obra.
- Se requerirá a las empresas suministradoras a que reduzcan al máximo la cantidad y volumen de embalajes priorizando aquellos que minimizan los mismos.
- Se primará la adquisición de materiales reciclables frente a otros de mismas prestaciones pero de difícil o imposible reciclado.
- Se mantendrá un inventario de productos excedentes para la posible utilización en otras obras.
- Se realizará un plan de entrega de los materiales en que se detalle para cada uno de ellos la cantidad, fecha de llegada a obra, lugar y forma de almacenaje en obra, gestión de excedentes y en su caso gestión de residuos.
- Se priorizará la adquisición de productos "a granel" con el fin de limitar la aparición de residuos de envases en obra.
- Aquellos envases o soportes de materiales que puedan ser reutilizados como los palets, se evitará su deterioro y se devolverán al proveedor.
- Se incluirá en los contratos de suministro una cláusula de penalización a los proveedores que generen en obra más residuos de los previstos y que se puedan imputar a una mala gestión.
- Se intentará adquirir los productos en módulo de los elementos constructivos en los que van a ser colocados para evitar retallos.

Prevención en la Puesta en Obra

- Se optimizará el empleo de materiales en obra evitando la sobredosificación o la ejecución con derroche de material especialmente de aquellos con mayor incidencia en la generación de residuos.
- Los materiales prefabricados, por lo general, optimizan especialmente el empleo de materiales y la generación de residuos por lo que se favorecerá su empleo.
- En la puesta en obra de materiales se intentará realizar los diversos elementos a módulo del tamaño de las piezas que lo componen para evitar desperdicio de material.
- Se vaciarán por completo los recipientes que contengan los productos antes de su limpieza o eliminación, especialmente si se trata de residuos peligrosos.
- En la medida de lo posible se favorecerá la elaboración de productos en taller frente a los realizados en la propia obra que habitualmente generan mayor cantidad de residuos.
- Se primará el empleo de elementos desmontables o reutilizables frente a otros de similares prestaciones no reutilizables.



- Se agotará la vida útil de los medios auxiliares propiciando su reutilización en el mayor número de obras para lo que se extremarán las medidas de mantenimiento.
- Todo personal involucrado en la obra dispondrá de los conocimientos mínimos de prevención de residuos y correcta gestión de ellos.
- Se incluirá en los contratos con subcontratas una cláusula de penalización por la que se desincentivará la generación de más residuos de los previsibles por una mala gestión de los mismos.

Prevención en el Almacenamiento en Obra

- Se realizará un almacenamiento correcto de todos los acopios evitando que se produzcan derrames, mezclas entre materiales, exposición a inclemencias meteorológicas, roturas de envases o materiales, etc.
- Se extremarán los cuidados para evitar alcanzar la caducidad de los productos sin agotar su consumo.
- Los responsables del acopio de materiales en obra conocerán las condiciones de almacenamiento, caducidad y conservación especificadas por el fabricante o suministrador para todos los materiales que se recepcionen en obra.
- En los procesos de carga y descarga de materiales en la zona de acopio o almacén y en su carga para puesta en obra se producen percances con el material que convierten en residuos productos en perfecto estado. Es por ello que se extremarán las precauciones en estos procesos de manipulado.
- Se realizará un plan de inspecciones periódicas de materiales, productos y residuos acopiados o almacenados para garantizar que se mantiene en las debidas condiciones.

4. CANTIDAD DE RESIDUOS

A continuación se presenta una estimación de las cantidades, expresadas en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

Se trata de una "estimación inicial", que es lo que la normativa requiere en este documento, para la toma de decisiones en la gestión de residuos pero será el fin de obra el que determine en última instancia los residuos obtenidos.

No se consideran residuos, y por tanto no se incluyen en la tabla, las tierras y piedras no contaminadas por sustancias peligrosas, reutilizadas en la misma obra, en una obra distinta o en una actividad de restauración, acondicionamiento o relleno, siempre y cuando pueda acreditarse de forma fehaciente su destino a reutilización.



Tabla 1. Cantidades de residuos.

Código LER	Descripción del Residuo	Cantidad Peso	m3 Volumen Aparente
150101	Envases Papel y Cartón	4,28 Kg	0,04
170101	Hormigón, morteros y derivados.	6,83 Tn	4,65
170107	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 17 01 06.	314,18 Tn	267,06
170201	Madera.	4,20 Tn	27,13
170203	Plástico.	10,14 Kg	0,02
170405	Hierro y acero	336,07 Kg	0,18
	Total :	325,56 Tn	299,06

5. REUTILIZACIÓN

Se incluye a continuación detalle de los residuos generados en obra que se reutilizarán entendiéndose por ello el empleo de los mismos para el mismo fin para el que fueron diseñados originariamente.

Resulta evidente que estos residuos se separarán convenientemente y su destino final será la reutilización, por tanto estas cantidades no están incluidas en las tablas que sobre separación de residuos y destino final se incluyen en este mismo documento.

Tabla 2. Cantidades de reutilización de materiales residuales.

Código LER	Descripción del Residuo	Cantidad Peso	m3 Volumen Aparente
170101	Hormigón, morteros y derivados. Destino: Firmes de caminos cercanos Ubicación: -- Observaciones: 80 %	5,46	3,71
170107	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 17 01 06. Destino: Firmes de caminos cercanos Ubicación: -- Observaciones: 80 %	251,34	213,64
	Total :	256,80 Tn	217,35



6. SEPARACIÓN DE RESIDUOS

De acuerdo a las obligaciones de separación en fracciones impuestas por la normativa, los residuos se separarán en obra de la siguiente forma:

Tabla 3. Separación de residuos.

Código LER	Descripción del Residuo	Cantidad Peso	m3 Volumen Aparente
150101	Envases Papel y Cartón Opción de separación: Residuos mezclados no peligrosos	4,28 Kg	0,04
170101	Hormigón, morteros y derivados. Opción de separación: Separado (100% de separación en obra)	1,37 Tn	0,93
170107	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 17 01 06. Opción de separación: Residuos inertes	62,84 Tn	53,42
170201	Madera. Opción de separación: Separado (100% de separación en obra)	4,20 Tn	27,13
170203	Plástico. Opción de separación: Separado (100% de separación en obra)	10,14 Kg	0,02
170405	Hierro y acero Opción de separación: Separado (0% de separación en obra)	336,07 Kg	0,18
	Total :	68,76 Tn	81,71



7. MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN EN OBRA

Con objeto de conseguir una mejor gestión de los residuos generados en la obra de manera que se facilite su reutilización, reciclaje o valorización y para asegurar las condiciones de higiene y seguridad requeridas en el artículo 5.4 del Real Decreto 105/2008 que regula la producción y gestión de los residuos de construcción y de demolición se tomarán las siguientes medidas:

- Las zonas de obra destinadas al almacenaje de residuos quedarán convenientemente señalizadas y para cada fracción se dispondrá un cartel señalizador que indique el tipo de residuo que recoge.
- Todos los envases que lleven residuos deben estar claramente identificados, indicando en todo momento el nombre del residuo, código LER, nombre y dirección del poseedor y el pictograma de peligro en su caso.
- Los residuos se depositarán en las zonas acondicionadas para ellos conforme se vayan generando.
- Los residuos se almacenarán en contenedores adecuados tanto en número como en volumen evitando en todo caso la sobrecarga de los contenedores por encima de sus capacidades límite.
- Los contenedores situados próximos a lugares de acceso público se protegerán fuera de los horarios de obra con lonas o similares para evitar vertidos descontrolados por parte de terceros que puedan provocar su mezcla o contaminación.

8. DESTINO FINAL

Se detalla a continuación el destino final de todos los residuos de la obra, excluidos los reutilizados, agrupados según las fracciones que se generarán en base a los criterios de separación diseñados en puntos anteriores de este mismo documento.



Los principales destinos finales contemplados son: vertido, valorización, reciclado o envío a gestor autorizado.

Tabla 4. Destinos del material residual.

Código LER	Descripción del Residuo	Cantidad Peso	m3 Volumen Aparente
170101	Hormigón, morteros y derivados. Destino: Valorización Externa	1,37 Tn	0,93
170107	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 17 01 06. Destino: Valorización Externa	62,84 Tn	53,42
170201	Madera. Destino: Valorización Externa	4,20 Tn	27,13
170203	Plástico. Destino: Valorización Externa	10,14 Kg	0,02
170904	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03. Destino: Envío a Gestor para Tratamiento	0,00 Tn	0,04
	Total :	68,76 Tn	81,71

9. PRESCRIPCIONES DEL PLIEGO SOBRE RESIDUOS

Obligaciones Agentes Intervinientes

- Además de las obligaciones previstas en la normativa aplicable, la persona física o jurídica que ejecute la obra estará obligada a presentar a la propiedad de la misma un plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra. El plan, una vez aprobado por la dirección facultativa y aceptado por la propiedad, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.
- El poseedor de residuos de construcción y demolición, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión. Los residuos de construcción y demolición se destinarán preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización y en última instancia a depósito en vertedero.
- Según impone la normativa de aplicación, el poseedor de los residuos estará obligado a sufragar los correspondientes costes de gestión de los residuos.



- El productor de residuos (promotor) habrá de obtener del poseedor (contratista) la documentación acreditativa de que los residuos de construcción y demolición producidos en la obra han sido gestionados en la misma ó entregados a una instalación de valorización ó de eliminación para su tratamiento por gestor de residuos autorizado, en los términos regulados en la normativa y, especialmente, en el plan o en sus modificaciones. Esta documentación será conservada durante cinco años.
- En las obras de edificación sujetas a licencia urbanística la legislación autonómica podrá imponer al promotor (productor de residuos) la obligación de constituir una fianza, o garantía financiera equivalente, que asegure el cumplimiento de los requisitos establecidos en dicha licencia en relación con los residuos de construcción y demolición de la obra, cuyo importe se basará en el capítulo específico de gestión de residuos del presupuesto de la obra.
- Todos los trabajadores intervinientes en obra han de estar formados e informados sobre el procedimiento de gestión de residuos en obra que les afecta, especialmente de aquellos aspectos relacionados con los residuos peligrosos.
- El poseedor de residuos nombrará una persona responsable que velará por la correcta ejecución del Plan de Gestión de Residuos aprobado.

Gestión de Residuos

- Según requiere la normativa, se prohíbe el depósito en vertedero de residuos de construcción y demolición que no hayan sido sometidos a alguna operación de tratamiento previo.
- El poseedor de los residuos estará obligado, mientras se encuentren en su poder, a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.
- Se debe asegurar en la contratación de la gestión de los residuos, que el destino final o el intermedio son centros con la autorización autonómica del organismo competente en la materia. Se debe contratar sólo transportistas o gestores autorizados por dichos organismos e inscritos en los registros correspondientes.
- Para el caso de los residuos con amianto se cumplirán los preceptos dictados por el RD 396/2006 sobre la manipulación del amianto y sus derivados.
- Las tierras que puedan tener un uso posterior para jardinería o recuperación de suelos degradados, serán retiradas y almacenadas durante el menor tiempo posible, en condiciones de altura no superior a 2 metros.
- El depósito temporal de los residuos se realizará en contenedores adecuados a la naturaleza y al riesgo de los residuos generados.
- Dentro del programa de seguimiento del Plan de Gestión de Residuos se realizarán reuniones periódicas a las que asistirán contratistas, subcontratistas, dirección facultativa y cualquier otro agente afectado. En las mismas se evaluará el cumplimiento de los objetivos previstos, el grado de aplicación del Plan y la documentación generada para la justificación del mismo.
- Se deberá asegurar en la contratación de la gestión de los RCDs, que el destino final (Planta de Reciclaje, Vertedero, Cantera, Incineradora, Centro de Reciclaje de Plásticos/Madera...) sean centros autorizados.



Así mismo se deberá contratar sólo transportistas o gestores autorizados e inscritos en los registros correspondientes. Se realizará un estricto control documental, de modo que los transportistas y gestores de RCDs deberán aportar los vales de cada retirada y entrega en destino final.

- Cualquier modificación, que se planteara durante la ejecución de la obra, de la disposición de las instalaciones para la gestión de residuos en obra planteada en este documento, contará preceptivamente con la aprobación de la Dirección Facultativa.

Separación

- El depósito temporal de los residuos valorizables que se realice en contenedores o en acopios, se debe señalar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.
- Los contenedores o envases que almacenen residuos deberán señalizarse correctamente, indicando el tipo de residuo, la peligrosidad, y los datos del poseedor.
- El responsable de la obra al que presta servicio un contenedor de residuos adoptará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos a la misma. Igualmente, deberá impedir la mezcla de residuos valorizables con aquellos que no lo son.
- El poseedor de los residuos establecerá los medios humanos, técnicos y procedimientos de separación que se dedicarán a cada tipo de residuo generado.
- Los contenedores de los residuos deberán estar pintados en colores que destaquen y contar con una banda de material reflectante. En los mismos deberá figurar, en forma visible y legible, la siguiente información del titular del contenedor: razón social, CIF, teléfono y número de inscripción en el Registro de Transportistas de Residuos.
- Cuando se utilicen sacos industriales y otros elementos de contención o recipientes, se dotarán de sistemas (adhesivos, placas, etcétera) que detallen la siguiente información del titular del saco: razón social, CIF, teléfono y número de inscripción en el Registro de Transportistas o Gestores de Residuos.
- Los residuos generados en las casetas de obra producidos en tareas de oficina, vestuarios, comedores, etc. tendrán la consideración de Residuos Sólidos Urbanos y se gestionarán como tales según estipule la normativa reguladora de dichos residuos en la ubicación de la obra,

Documentación

- La entrega de los residuos de construcción y demolición a un gestor por parte del poseedor habrá de constar en documento fehaciente, en el que figure, al menos, la identificación del poseedor y del productor, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad, expresada en toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, el tipo de residuos entregados, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero y la identificación del gestor de las operaciones de destino.
- El poseedor de los residuos estará obligado a entregar al productor los certificados y demás documentación acreditativa de la gestión de los residuos a que se hace referencia en el Real Decreto 105/2008 que regula la producción y gestión de los residuos de construcción y de demolición.
- El poseedor de residuos dispondrá de documentos de aceptación de los residuos realizados por el gestor al que se le vaya a entregar el residuo.



- El gestor de residuos debe extender al poseedor un certificado acreditativo de la gestión de los residuos recibidos, especificando la identificación del poseedor y del productor, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad, expresada en toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, y el tipo de residuos entregados, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002.
- Cuando el gestor al que el poseedor entregue los residuos de construcción y demolición efectúe únicamente operaciones de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, en el documento de entrega deberá figurar también el gestor de valorización o de eliminación ulterior al que se destinan los residuos.

Normativa

- Real Decreto 952/1997, que modifica el Reglamento para la ejecución de la ley 20/1986 básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1998.
- Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba, el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos.
- REAL DECRETO 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- REAL DECRETO 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- LEY 22/2011 de 28 de julio, de Residuos y suelos contaminados.

Castilla y León

Decreto 11/2014, de 20 de marzo, por el que se aprueba el Plan Regional de Ámbito Sectorial denominado Plan Integral de Residuos de Castilla y León.

Ávila, 24 de agosto de 2014

Álvaro Jiménez González
Grado en Ing. Forestal y del Medio Natural

Bibliografía.

Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de los Santos, Herradón (Ávila).

Álvaro Jiménez González



BIBLIOGRAFÍA

- ALLUE ANDRADE, J. L. (1990). *Atlas fitoclimático de España*. Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA).
- ALONSO, G., BLANCO, D., VIVES, J. (2009). *Estudio de inundabilidad del río Gaznata a su paso por la localidad del Herradón, Ávila*. Máster en Ingeniería y Gestión del Agua EOI Escuela de Negocios 2008-2009.
- ANTÓN-PACHECO ALMODÓVAR, J. (2009). *Proyecto básico de ubicación, diseño y construcción de diques para laminación de avenidas en la cabecera del río Gaznata. Restauración Hidrológico Forestal de la Cuenca*. Universidad de Salamanca. Escuela Politécnica Superior de Ávila.
- CALAVERA, J. (1989). *Muros de contención y muros de sótano*. 2.ª ed. Madrid: Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC).
- CHOW, V. T. (1994). *Hidrología aplicada*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill
- CRUZ, V., GALLEGU, E., GONZÁLEZ, L. (2009). *Guía de uso EIA09*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid: Facultad de Informática.
- DE ARANDA, G. et al (1992). *Hidrología forestal y protección de suelos. Técnicas y experiencias en dirección de obras*. Madrid: Organismo Autónomo Parques Nacionales.
- DÍEZ HERRERO, A (2001). *Geomorfología e hidrología fluvial del río Alberche. Modelos y S.I.G. para la gestión de riberas*. Memoria presentada para optar al grado de doctor. Madrid: Universidad Complutense de Madrid: Facultad de Ciencias Geológicas.
- DÍEZ HERNÁNDEZ, J. M. (2012). *Apuntes de Hidráulica Forestal*. Universidad de Valladolid: Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias (Palencia).
- DÍEZ, J.M. (2014). *Apuntes Hidrología de Conservación de Aguas*. Universidad de Valladolid: Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias (Palencia).
- DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. MINISTERIO DE FOMENTO DE ESPAÑA (1999). *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*. Madrid: Ministerio de Fomento de España.
- DIPUTACIÓN DE ÁVILA (2007). *Atlas del Medio Natural y Recursos de la provincia de Ávila*. Ávila: Ministerio de Ciencia e Información-Instituto Geológico y Minero de España.
- ELENA ROSELLÓ, R., et al (1997). *Clasificación biogeoclimática de España peninsular y balear*. Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA).
- GANDULLO GUTIERREZ, J.M. (1984). *Clasificación Básica de los Suelos Españoles*. Madrid: Fundación Conde del Valle Salazar: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.
- GARCÍA LÓPEZ, J. M. (1995). Breve repertorio histórico de los orígenes de la Ordenación de Montes en España (1852-1899). *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 1. 139-148. Madrid.
- GRILLO DELGADO, F., DÍAZ FABABÚ, D., MOLINA TERRÉN, D (2009). *Incendios forestales I: módulo básico*. Granada: AIFEMA.
- ROMERO DÍAZ, A et al (2007). *Los diques de corrección hidrológica. Cuenca del Río Quípar (Sureste de España)*. Editum. Ediciones de la Universidad de Murcia.



- IGME (2009). *Mapa Geológico 1:50000. Hoja 532*. Obtenido el 21 de julio de <http://www.igme.es/internet/cartografia/cartografia/magna50.asp>.
- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. (Ed.) (2003). *Catálogo de los montes de utilidad pública de la Provincia de Ávila*. Zamora: Ediciones Monte Casino (Benedictinas).
- LÓPEZ GONZÁLEZ, G. A. (2007). *Guía de los árboles y arbustos de la Península Ibérica y Baleares*. 3.ª ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- MAGRAMA (2001). *Mapa plan de actuaciones prioritarias en materia de restauración hidrológica-forestal*. Obtenido el 25 de julio de http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/desertificacion-restauracion-forestal/restauracion-hidrologico-forestal/rhf_plan_restauracion.aspx.
- MINISTERIO DEL INTERIOR, DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y DE EMERGENCIAS (2007). *Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas. Cuencas Tajo y Júcar*. Fascículo 2. DVD. Versión 2.0.
- MAGRAMA (2007). *Mapa zonas LIC en la provincia de Ávila*. Obtenido el 15 de agosto de http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/lic_castillayleon.aspx.
- MAGRAMA (2007). *Mapa zonas ZEPA en la provincia de Ávila*. Obtenido el 15 de agosto de http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/zepa_castillayleon.aspx#para0.
- MAGRAMA (2008). *Mapa Plan Nacional de Acción Nacional contra la Desertificación*. Obtenido el 25 de julio de http://www.magrama.gob.es/en/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/desertificacion-restauracion-forestal/lucha-contra-la-desertificacion/lch_pand_descargas.aspx.
- MAGRAMA (2010). *Mapa del número de incendios forestales en España durante el decenio 2001-2010*. Obtenido el 25 de julio de <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/>.
- MARTÍNEZ DE AZAGRA, A. (1993). *Manual para el programa DIQ2.exe*. Valladolid: Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias (Palencia).
- MARTÍNEZ DE AZAGRA, A. NAVARRO HEVIA, J. (2007). *Hidrología Forestal. El ciclo hidrológico*. Valladolid: Universidad de Valladolid, Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial, 2009.
- MARTÍNEZ DE AZAGRA, A. (2014). *Apuntes de Hidrología de Conservación*. Universidad de Valladolid: Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias (Palencia).
- NAVARRO HEVIA, J., MARTÍNEZ DE AZAGRA, A., MONGIL MANSO, J. (2009). *Hidrología de conservación de aguas: captación de precipitaciones horizontales y escorrentías en zonas secas*. Valladolid: Universidad de Valladolid, Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial, 2009.
- NAVARRO HEVIA, J (2013). *Apuntes de Hidrología Forestal*. Universidad de Valladolid: Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias (Palencia).
- REQUE J., PÉREZ R., (2011). *Del Monte al Rodal. Manual SIG de Inventario Forestal*. Valladolid: Universidad de Valladolid-Vicerrectorado de Docencia.
- RIVAS MARTÍNEZ, S., et al (1987). *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Madrid: ICONA.
- SERRADA, R. (2001, agosto). *Restauración Hidrológico-Forestal*. Ponencia dentro de los Cursos de Verano de la Universidad Menéndez Pelayo organizado por la Sociedad Española de Ciencias Forestales.



Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de Los Santos (Ávila).



SUAREZ VILLAR, L.M. (1993). *Presas de torrentes y retención de sedimentos*. Caracas: Ministerio del Ambiente y de los recursos naturales renovables de Venezuela.

TURRION, B. (2010). *Apuntes Climatología*. Universidad de Valladolid: Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias (Palencia).

III. Pliego de condiciones

Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de Los Santos, El Herradón (Ávila).

Álvaro Jiménez González



ÍNDICE

- 1. CLAÚSULAS ADMINISTRATIVAS**
 - 1.1. CONDICIONES GENERALES**
 - 1.2. CONDICIONES FACULTATIVAS**
 - 1.2.1. AGENTES INTERVINIENTES en la OBRA**
 - 1.2.1.1. PROMOTOR**
 - 1.2.1.2. CONTRATISTA**
 - 1.2.1.2.1. PLAZO de EJECUCIÓN y PRÓRROGAS**
 - 1.2.1.2.2. MEDIOS HUMANOS y MATERIALES en OBRA**
 - 1.2.1.2.3. INSTALACIONES y MEDIOS AUXILIARES**
 - 1.2.1.2.4. SUBCONTRATAS**
 - 1.2.1.2.5. RELACIÓN con los AGENTES INTERVINIENTES en la OBRA**
 - 1.2.1.2.6. DEFECTOS de OBRA y VICIOS OCULTOS**
 - 1.2.1.2.7. MODIFICACIONES en las UNIDADES de OBRA**
 - 1.2.1.3. DIRECCIÓN FACULTATIVA**
 - 1.2.1.3.1. PROYECTISTA**
 - 1.2.1.3.2. DIRECTOR de la OBRA**
 - 1.2.1.3.3. DIRECTOR de la EJECUCIÓN de la OBRA**
 - 1.2.2. DOCUMENTACIÓN de OBRA**
 - 1.2.3. REPLANTEO y ACTA de REPLANTEO**
 - 1.2.4. LIBRO de ÓRDENES**
 - 1.2.5. RECEPCIÓN de la OBRA**
 - 1.3. CONDICIONES ECONÓMICAS**
 - 1.3.1. FIANZAS y SEGUROS**
 - 1.3.2. PLAZO de EJECUCIÓN y SANCIÓN por RETRASO**
 - 1.3.3. PRECIOS**
 - 1.3.3.1. PRECIOS CONTRADICTORIOS**
 - 1.3.3.2. PROYECTOS ADJUDICADOS por SUBASTA o CONCURSO**
 - 1.3.3.3. REVISIÓN de PRECIOS**
 - 1.3.4. MEDICIONES y VALORACIONES**
 - 1.3.4.1. UNIDADES por ADMINISTRACIÓN**
 - 1.3.4.2. ABONO de ENSAYOS y PRUEBAS**
 - 1.3.5. CERTIFICACIÓN y ABONO**
 - 1.4. CONDICIONES LEGALES**
- 2. CONDICIONES TÉCNICAS de los MATERIALES, de la EJECUCIÓN y de las VERIFICACIONES**
 - 2.1. ACONDICIONAMIENTO del TERRENO**
 - 2.1.1. ZANJAS y POZOS**
 - 2.2. CIMENTACIÓN**
 - 2.2.1. ZAPATAS**
 - 2.2.2. MUROS**
 - 2.2.3. SOLERAS**
 - 2.3. ESTRUCTURA**
 - 2.3.1. FABRICACIÓN de HORMIGÓN ARMADO**
 - 2.4. REVESTIMIENTOS**
 - 2.4.1. PARAMENTOS**
 - 2.4.1.1. CHAPADOS**



1. CLAÚSULAS ADMINISTRATIVAS

1.1. CONDICIONES GENERALES

El objeto del presente pliego es la ordenación de las condiciones facultativas, técnicas, económicas y legales que han de regir durante la ejecución de las obras de construcción del proyecto.

La obra ha de ser ejecutada conforme a lo establecido en los documentos que conforman el presente proyecto, siguiendo las condiciones establecidas en el contrato y las órdenes e instrucciones dictadas por la dirección facultativa de la obra, bien oralmente o por escrito.

Cualquier modificación en obra, se pondrá en conocimiento de la Dirección Facultativa, sin cuya autorización no podrá ser realizada.

Se acometerán los trabajos cumpliendo con lo especificado en el apartado de condiciones técnicas de la obra y se emplearán materiales que cumplan con lo especificado en el mismo.

Durante la totalidad de la obra se estará a lo dispuesto en la normativa vigente especialmente a la de obligado cumplimiento.

Es obligación de la contrata, así como del resto de agentes intervinientes en la obra el conocimiento del presente pliego y el cumplimiento de todos sus puntos.

1.2. CONDICIONES FACULTATIVAS

1.2.1. AGENTES INTERVINIENTES en la OBRA

1.2.1.1. PROMOTOR

Será considerado promotor cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que, individual o colectivamente, decide, impulsa, programa y financia, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación objeto de este proyecto.

Cuando el promotor realice directamente con medios humanos y materiales propios la totalidad o determinadas partes de la obra, tendrá también la consideración de contratista a los efectos de la Ley 32/2006.

A los efectos del RD 1627/97 cuando el promotor contrate directamente trabajadores autónomos para la realización de la obra o de determinados trabajos de la misma, tendrá la consideración de contratista excepto en los casos estipulados en dicho Real Decreto.

Tendrá la consideración de productor de residuos de construcción y demolición a los efectos de lo dispuesto en el RD 105/2008.

Son obligaciones del promotor:

- Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
- Nombrar a los técnicos proyectistas y directores de obra y de la ejecución material.
- Contratar al técnico redactor del Estudio de Seguridad y Salud y al Coordinador en obra y en proyecto si fuera necesario.
- Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra las posteriores modificaciones del mismo.
- Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.
- Suscribir los seguros exigidos por la Ley de Ordenación de la Edificación.



- Facilitar el Libro del Edificio a los usuarios finales. Dicho Libro incluirá la documentación reflejada en la Ley de Ordenación de la Edificación, el Código Técnico de la Edificación, el certificado de eficiencia energética del edificio y los aquellos otros contenidos exigidos por la normativa.
- Incluir en proyecto un estudio de gestión de residuos de construcción y demolición. En obras de demolición, rehabilitación, reparación o reforma, hacer un inventario de los residuos peligrosos que se generarán, que deberá incluirse en el estudio de gestión, así como prever su retirada selectiva y asegurar su envío a gestores autorizados de residuos peligrosos.
- Disponer de la documentación que acredite que los residuos de construcción y demolición han sido debidamente gestionados según legislación.
- En su caso constituir la fianza o garantía financiera equivalente que asegure el cumplimiento de los requisitos establecidos en relación con los residuos de construcción y demolición de la obra.

1.2.1.2. CONTRATISTA

Contratista: es la persona física o jurídica, que tiene el compromiso de ejecutar las obras con medios humanos y materiales suficientes, propios o ajenos, dentro del plazo acordado y con sujeción estricta al proyecto técnico que las define, al contrato firmado con el promotor, a las especificaciones realizadas por la Dirección Facultativa y a la legislación aplicable.

Tendrá la consideración de poseedor de residuos de construcción y demolición a los efectos de lo dispuesto en el RD 105/2008.

Son obligaciones del contratista:

- La ejecución de las obras alcanzando la calidad exigida en el proyecto cumpliendo con los plazos establecidos en el contrato.
- Tener la capacitación profesional para el cumplimiento de su cometido como constructor.
- Designar al jefe de obra que asumirá la representación técnica del constructor en la obra, tendrá la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra y permanecerá en la obra a lo largo de toda la jornada legal de trabajo hasta la recepción de la obra. El jefe de obra, deberá cumplir las indicaciones de la Dirección Facultativa y firmar en el libro de órdenes, así como cerciorarse de la correcta instalación de los medios auxiliares, comprobar replanteos y realizar otras operaciones técnicas.
- Asignar a la obra los medios humanos y materiales que su importancia requiera.
- Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.
- Firmar el acta de replanteo y el acta de recepción de la obra.
- Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.
- Suscribir las garantías previstas en el presente pliego y en la normativa vigente.
- Redactar el Plan de Seguridad y Salud.



- Designar al recurso preventivo de Seguridad y Salud en la obra entre su personal técnico cualificado con presencia permanente en la obra y velar por el estricto cumplimiento de las medidas de seguridad y salud precisas según normativa vigente y el plan de seguridad y salud.
- Vigilar el cumplimiento de la Ley 32/2006 por las empresas subcontratistas y trabajadores autónomos con que contraten; en particular, en lo que se refiere a las obligaciones de acreditación e inscripción en el Registro de Empresas Acreditadas, contar con el porcentaje de trabajadores contratados con carácter indefinido aspectos regulados en el artículo 4 de dicha Ley y al régimen de la subcontratación que se regula en el artículo 5.
- Informar a los representantes de los trabajadores de las empresas que intervengan en la ejecución de la obra de las contrataciones y subcontrataciones que se hagan en la misma.
- Estará obligado a presentar al promotor un plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra.
- Cuando no proceda a gestionar por sí mismo los residuos de construcción y demolición estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión.
- Estará obligado a mantener los residuos de construcción y demolición en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.

1.2.1.2.1. PLAZO de EJECUCIÓN y PRÓRROGAS

En caso de que las obras no se pudieran iniciar o terminar en el plazo previsto como consecuencia de una causa mayor o por razones ajenas al Contratista, se le otorgará una prórroga previo informe favorable de la Dirección Facultativa. El Contratista explicará la causa que impide la ejecución de los trabajos en los plazos señalados, razonándolo por escrito.

La prórroga solo podrá solicitarse en un plazo máximo de un mes a partir del día en que se originó la causa de esta, indicando su duración prevista y antes de que la contrata pierda vigencia. En cualquier caso el tiempo prorrogado se ajustará al perdido y el Contratista perderá el derecho de prórroga si no la solicita en el tiempo establecido.

1.2.1.2.2. MEDIOS HUMANOS y MATERIALES en OBRA

Cada una de las partidas que compongan la obra se ejecutará con personal adecuado al tipo de trabajo de que se trate, con capacitación suficientemente probada para la labor a desarrollar. La Dirección Facultativa, tendrá la potestad facultativa para decidir sobre la adecuación del personal al trabajo a realizar.

El Contratista proporcionará un mínimo de dos muestras de los materiales que van a ser empleados en la obra con sus certificados y sellos de garantía en vigor presentados por el fabricante, para que sean examinadas y aprobadas por la Dirección Facultativa, antes de su puesta en obra. Los materiales que no reúnan las condiciones exigidas serán retiradas de la obra. Aquellos materiales que requieran de marcado CE irán acompañados de la declaración de prestaciones que será facilitada al director de ejecución material de la obra en el formato (digital o papel) que éste disponga al comienzo de la obra.



Las pruebas y ensayos, análisis y extracción de muestras de obra que se realicen para cerciorarse de que los materiales y unidades de obra se encuentran en buenas condiciones y están sujetas al Pliego, serán efectuadas cuando se estimen necesarias por parte de la Dirección Facultativa y en cualquier caso se podrá exigir las garantías de los proveedores.

El transporte, descarga, acopio y manipulación de los materiales será responsabilidad del Contratista.

1.2.1.2.3. INSTALACIONES y MEDIOS AUXILIARES

El proyecto, consecución de permisos, construcción o instalación, conservación, mantenimiento, desmontaje, demolición y retirada de las instalaciones, obras o medios auxiliares de obra necesarias y suficientes para la ejecución de la misma, serán obligación del Contratista y correrán a cargo del mismo. De igual manera, será responsabilidad del contratista, cualquier avería o accidente personal que pudiera ocurrir en la obra por insuficiencia o mal estado de estos medios o instalaciones.

El Contratista instalará una oficina dotada del mobiliario suficiente, donde la Dirección Facultativa podrá consultar la documentación de la obra y en la que se guardará una copia completa del proyecto, visada por el Colegio Oficial en el caso de ser necesario, el libro de órdenes, libro de incidencias según RD 1627/97, libro de visitas de la inspección de trabajo, copia de la licencia de obras y copia del plan de seguridad y salud.

1.2.1.2.4. SUBCONTRATAS

Subcontratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el contratista u otro subcontratista comitente el compromiso de realizar determinadas partes o unidades de obra.

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra, bajo su responsabilidad, previo consentimiento del Promotor y la Dirección Facultativa, asumiendo en cualquier caso el contratista las actuaciones de las subcontratas.

Será obligación de los subcontratistas vigilar el cumplimiento de la Ley 32/2006 por las empresas subcontratistas y trabajadores autónomos con que contraten; en particular, en lo que se refiere a las obligaciones de acreditación e inscripción en el Registro de Empresas Acreditadas, contar con el porcentaje de trabajadores contratados con carácter indefinido aspectos regulados en el artículo 4 de dicha Ley y al régimen de la subcontratación que se regula en el artículo 5.

Tendrán la consideración de poseedores de residuos de construcción y demolición a los efectos de lo dispuesto en el RD 105/2008.

1.2.1.2.5. RELACIÓN con los AGENTES INTERVINIENTES en la OBRA

El orden de ejecución de la obra será determinada por el Contratista, excepto cuando la dirección facultativa crea conveniente una modificación de los mismos por razones técnicas en cuyo caso serán modificados sin contraprestación alguna.

El contratista estará a lo dispuesto por parte de la dirección de la obra y cumplirá sus indicaciones en todo momento, no cabiendo reclamación alguna, en cualquier caso, el contratista puede manifestar por escrito su disconformidad y la dirección firmará el acuse de recibo de la notificación.

En aquellos casos en que el contratista no se encuentre conforme con decisiones económicas adoptadas por la dirección de la obra, este lo pondrá en conocimiento de la propiedad por escrito, haciendo llegar copia de la misma a la Dirección Facultativa.



1.2.1.2.6. DEFECTOS de OBRA y VICIOS OCULTOS

El Contratista será responsable hasta la recepción de la obra de los posibles defectos o desperfectos ocasionados durante la misma.

En caso de que la Dirección Facultativa, durante las obras o una vez finalizadas, observara vicios o defectos en trabajos realizados, materiales empleados o aparatos que no cumplan con las condiciones exigidas, tendrá el derecho de mandar que las partes afectadas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, antes de la recepción de la obra y a costa de la contrata.

De igual manera, los desperfectos ocasionados en fincas colindantes, vía pública o a terceros por el Contratista o subcontrata del mismo, serán reparados a cuenta de éste, dejándolas en el estado que estaban antes del inicio de las obras.

1.2.1.2.7. MODIFICACIONES en las UNIDADES de OBRA

Las unidades de obra no podrán ser modificadas respecto a proyecto a menos que la Dirección Facultativa así lo disponga por escrito.

En caso de que el Contratista realizase cualquier modificación beneficiosa (materiales de mayor calidad o tamaño), sin previa autorización de la Dirección Facultativa y del Promotor, sólo tendrá derecho al abono correspondiente a lo que hubiese construido de acuerdo con lo proyectado y contratado.

En caso de producirse modificaciones realizadas de manera unilateral por el Contratista que menoscaben la calidad de lo dispuesto en proyecto, quedará a juicio de la Dirección Facultativa la demolición y reconstrucción o la fijación de nuevos precios para dichas partidas.

Previamente a la ejecución o empleo de los nuevos materiales, convendrán por escrito el importe de las modificaciones y la variación que supone respecto al contratado.

Toda modificación en las unidades de obra serán anotadas en el libro de órdenes, así como su autorización por la Dirección Facultativa y posterior comprobación.

1.2.1.3. DIRECCIÓN FACULTATIVA

1.2.1.3.1. PROYECTISTA

Es el encargado por el promotor para redactar el proyecto de ejecución de la obra con sujeción a la normativa vigente y a lo establecido en contrato.

Será encargado de realizar las copias de proyecto necesarias y, en caso necesario, visarlas en el colegio profesional correspondiente.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales o documentos técnicos, cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

El proyectista suscribirá el certificado de eficiencia energética del proyecto a menos que exista un proyecto parcial de instalaciones térmicas, en cuyo caso el certificado lo suscribirá el autor de este proyecto parcial.



1.2.1.3.2. DIRECTOR de la OBRA

Forma parte de la Dirección Facultativa, dirige el desarrollo de la obra en aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Son obligaciones del director de obra:

- Verificar el replanteo y la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectadas a las características geotécnicas del terreno.
- Resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.
- Elaborar modificaciones del proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra .
- Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones de las unidades de obra ejecutadas.
- Elaborar y suscribir la documentación de la obra ejecutada para entregarla al promotor, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Suscribir el certificado de eficiencia energética del edificio terminado.

1.2.1.3.3. DIRECTOR de la EJECUCIÓN de la OBRA

Forma parte de la dirección facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado.

Son obligaciones del director de la ejecución de la obra:

- Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas.
- Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y con las instrucciones del director de obra.
- Consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas.
- Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como elaborar y suscribir las certificaciones de las unidades de obra ejecutadas.
- Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada, aportando los resultados del control realizado.
- Suscribir el certificado de eficiencia energética del edificio terminado.



1.2.2. DOCUMENTACIÓN de OBRA

En obra se conservará una copia íntegra y actualizada del proyecto para la ejecución de la obra incorporando el estudio de gestión de residuos de construcción y demolición. Todo ello estará a disposición de todos los agentes intervinientes en la obra.

Tanto las dudas que pueda ofrecer el proyecto al contratista como los documentos con especificaciones incompletas se pondrán en conocimiento de la Dirección Facultativa tan pronto como fueran detectados con el fin de estudiar y solucionar el problema. No se procederá a realizar esa parte de la obra, sin previa autorización de la Dirección Facultativa.

La existencia de contradicciones entre los documentos integrantes de proyecto o entre proyectos complementarios dentro de la obra se salvará atendiendo al criterio que establezca el Director de Obra no existiendo prelación alguna entre los diferentes documentos del proyecto.

Una vez finalizada la obra, el proyecto, con la incorporación en su caso de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al promotor por el director de obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.

A dicha documentación adjuntará el Promotor el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación y aquellos datos requeridos según normativa para conformar el Libro del Edificio que será entregado a los usuarios finales del edificio.

1.2.3. REPLANTEO y ACTA de REPLANTEO

El Contratista estará obligado a comunicar por escrito el inicio de las obras a la Dirección Facultativa como mínimo tres días antes de su inicio.

El replanteo será realizado por el Constructor siguiendo las indicaciones de alineación y niveles especificados en los planos y comprobado por la Dirección Facultativa. No se comenzarán las obras si no hay conformidad del replanteo por parte de la Dirección Facultativa.

Todos los medios materiales, personal técnico especializado y mano de obra necesarios para realizar el replanteo, que dispondrán de la cualificación adecuada, serán proporcionadas por el Contratista a su cuenta.

Se utilizarán hitos permanentes para materializar los puntos básicos de replanteo, y dispositivos fijos adecuados para las señales niveladas de referencia principal.

Los puntos movidos o eliminados, serán sustituidos a cuenta del Contratista, responsable de conservación mientras el contrato esté en vigor y será comunicado por escrito a la Dirección Facultativa, quien realizará una comprobación de los puntos repuestos.

El Acta de comprobación de Replanteo que se suscribirá por parte de la Dirección Facultativa y de la Contrata, contendrá, la conformidad o disconformidad del replanteo en comparación con los documentos contractuales del Proyecto, las referencias a las características geométricas de la obra y autorización para la ocupación del terreno necesario y las posibles omisiones, errores o contradicciones observadas en los documentos contractuales del Proyecto, así como todas las especificaciones que se consideren oportunas.

El Contratista asistirá a la Comprobación del Replanteo realizada por la Dirección, facilitando las condiciones y todos los medios auxiliares técnicos y humanos para la realización del mismo y responderá a la ayuda solicitada por la Dirección.



Se entregará una copia del Acta de Comprobación de Replanteo al Contratista, donde se anotarán los datos, cotas y puntos fijados en un anexo del mismo.

1.2.4. LIBRO de ÓRDENES

El Director de Obra dispondrá al comienzo de la obra un libro de Órdenes, Asistencias e Incidencias que se mantendrá permanente en obra a disposición de la Dirección Facultativa.

En el libro se anotarán:

- Las contingencias que se produzcan en la obra y las instrucciones de la Dirección Facultativa para la correcta interpretación del proyecto.
- Las operaciones administrativas relativas a la ejecución y la regulación del contrato.
- Las fechas de aprobación de muestras de materiales y de precios nuevos o contradictorios.
- Anotaciones sobre la calidad de los materiales, cálculo de precios, duración de los trabajos, personal empleado...

Las hojas del libro serán foliadas por triplicado quedando la original en poder del Director de Obra, copia para el Director de la Ejecución y la tercera para el contratista.

La Dirección facultativa y el Contratista, deberán firmar al pie de cada orden constatando con dicha firma que se dan por enterados de lo dispuesto en el Libro.

1.2.5. RECEPCIÓN de la OBRA

La recepción de la obra es el acto por el cual el constructor, una vez concluida ésta, hace entrega de la misma al promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma.

La recepción deberá realizarse dentro de los 30 días siguientes a la notificación al promotor del certificado final de obra emitido por la Dirección Facultativa y consignarse en un acta firmada, al menos, por el promotor y el constructor, y en la misma se hará constar: las partes que intervienen, la fecha del certificado final de la obra, el coste final de la ejecución material de la obra, la declaración de recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados y las garantías que en su caso se exijan al constructor para asegurar sus responsabilidades.

Una vez subsanados los defectos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.

Asimismo, se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el director de obra y el director de la ejecución de la obra.

El promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecua a las condiciones contractuales. El rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos los 30 días el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.



El cómputo de los plazos de responsabilidad y garantía establecidos se iniciará a partir de la fecha en que se suscriba el acta de recepción, o cuando se entienda ésta tácitamente producida según lo previsto en el apartado anterior.

El Contratista deberá dejar el edificio desocupado y limpio en la fecha fijada por la Dirección Facultativa, una vez que se hayan terminado las obras.

El Propietario podrá ocupar parcialmente la obra, en caso de que se produzca un retraso excesivo de la Recepción imputable al Contratista, sin que por ello le exima de su obligación de finalizar los trabajos pendientes, ni significar la aceptación de la Recepción.

1.3. CONDICIONES ECONÓMICAS

El Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, cuando hayan sido realizados de acuerdo con el Proyecto, al contrato firmado con el promotor, a las especificaciones realizadas por la Dirección y a las Condiciones generales y particulares del pliego de condiciones.

1.3.1. FIANZAS y SEGUROS

A la firma del contrato, el Contratista presentara las fianzas y seguros obligados a presentar por Ley, así mismo, en el contrato suscrito entre Contratista y Promotor se podrá exigir todas las garantías que se consideren necesarias para asegurar la buena ejecución y finalización de la obra en los términos establecidos en el contrato y en el proyecto de ejecución.

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada mientras dure el plazo de ejecución, hasta su recepción.

1.3.2. PLAZO de EJECUCIÓN y SANCIÓN por RETRASO

Si la obra no está terminada para la fecha prevista, el Propietario podrá disminuir las cuantías establecidas en el contrato, de las liquidaciones, fianzas o similares.

La indemnización por retraso en la terminación de las obras, se establecerá por cada día natural de retraso desde el día fijado para su terminación en el calendario de obra o en el contrato. El importe resultante será descontado con cargo a las certificaciones o a la fianza.

El Contratista no podrá suspender los trabajos o realizarlos a ritmo inferior que lo establecido en el Proyecto, alegando un retraso de los pagos.

1.3.3. PRECIOS

1.3.3.1. PRECIOS CONTRADICTORIOS

Los precios contradictorios se originan como consecuencia de la introducción de unidades o cambios de calidad no previstas en el Proyecto por iniciativa del Promotor o la Dirección Facultativa. El Contratista está obligado a presentar propuesta económica para la realización de dichas modificaciones y a ejecutarlo en caso de haber acuerdo.

El Contratista establecerá los descompuestos, que deberán ser presentados y aprobados por la Dirección Facultativa y el Promotor antes de comenzar a ejecutar las unidades de obra correspondientes.



Se levantarán actas firmadas de los precios contradictorios por triplicado firmadas por la Dirección Facultativa, el Contratista y el Propietario.

En caso de ejecutar partidas fuera de presupuesto sin la aprobación previa especificada en los párrafos anteriores, será la Dirección Facultativa la que determine el precio justo a abonar al contratista.

1.3.3.2. PROYECTOS ADJUDICADOS por SUBASTA o CONCURSO

Los precios del presupuesto del proyecto serán la base para la valoración de las obras que hayan sido adjudicadas por subasta o concurso. A la valoración resultante, se le añadirá el porcentaje necesario para la obtención del precio de contrata, y posteriormente, se restará el precio correspondiente a la baja de subasta o remate.

1.3.3.3. REVISIÓN de PRECIOS

No se admitirán revisiones de los precios contratados, excepto obras extremadamente largas o que se ejecuten en épocas de inestabilidad con grandes variaciones de los precios en el mercado, tanto al alza como a la baja y en cualquier caso, dichas modificaciones han de ser consensuadas y aprobadas por Contratista, Dirección Facultativa y Promotor.

En caso de aumento de precios, el Contratista solicitará la revisión de precios a la Dirección Facultativa y al Promotor, quienes caso de aceptar la subida convendrán un nuevo precio unitario, antes de iniciar o continuar la ejecución de las obras. Se justificará la causa del aumento, y se especificará la fecha de la subida para tenerla en cuenta en el acopio de materiales en obra.

En caso de bajada de precios, se convendrá el nuevo precio unitario de acuerdo entre las partes y se especificará la fecha en que empiecen a regir.

1.3.4. MEDICIONES y VALORACIONES

El Contratista de acuerdo con la Dirección Facultativa deberá medir las unidades de obra ejecutas y aplicar los precios establecidos en el contrato entre las partes, levantando actas correspondientes a las mediciones parciales y finales de la obra, realizadas y firmadas por la Dirección Facultativa y el Contratista.

Todos los trabajos y unidades de obra que vayan a quedar ocultos en la obra una vez que se haya terminado, el Contratista pondrá en conocimiento de la Dirección Facultativa con antelación suficiente para poder medir y tomar datos necesarios, de otro modo, se aplicarán los criterios de medición que establezca la Dirección Facultativa.

Las valoraciones de las unidades de obra, incluidos materiales accesorios y trabajos necesarios, se calculan multiplicando el número de unidades de obra por el precio unitario (incluidos gastos de transporte, indemnizaciones o pagos, impuestos fiscales y toda tipo de cargas sociales).

El Contratista entregará una relación valorada de las obras ejecutadas en los plazos previstos, a origen, a la Dirección Facultativa, en cada una de las fechas establecidas en el contrato realizado entre Promotor y Contratista.

La medición y valoración realizadas por el Contratista deberán ser aprobadas por la Dirección Facultativa, o por el contrario ésta deberá efectuar las observaciones convenientes de acuerdo con las mediciones y anotaciones tomadas en obra. Una vez que se hayan corregido dichas observaciones, la Dirección Facultativa dará su certificación firmada al Contratista y al Promotor.



El Contratista podrá oponerse a la resolución adoptada por la Dirección Facultativa ante el Promotor, previa comunicación a la Dirección Facultativa. La certificación será inapelable en caso de que transcurridos 10 días, u otro plazo pactado entre las partes, desde su envío, la Dirección Facultativa no recibe ninguna notificación, que significará la conformidad del Contratista con la resolución.

1.3.4.1. UNIDADES por ADMINISTRACIÓN

La liquidación de los trabajos se realizará en base a la siguiente documentación presentada por el Constructor: facturas originales de los materiales adquiridos y documento que justifique su empleo en obra, nóminas de los jornales abonados indicando número de horas trabajadas por cada operario en cada oficio y de acuerdo con la legislación vigente, facturas originales de transporte de materiales a obra o retirada de escombros, recibos de licencias, impuestos y otras cargas correspondientes a la obra.

Las obras o partes de obra realizadas por administración, deberán ser autorizadas por el Promotor y la Dirección Facultativa, indicando los controles y normas que deben cumplir.

El Contratista estará obligado a redactar un parte diario de jornales y materiales que se someterán a control y aceptación de la Dirección Facultativa, en obras o partidas de la misma contratadas por administración.

1.3.4.2. ABONO de ENSAYOS y PRUEBAS

Los gastos de los análisis y ensayos ordenados por la Dirección Facultativa, serán a cuenta del Contratista cuando el importe máximo corresponde al 1% del presupuesto de la obra contratada, y del Promotor el importe que supere este porcentaje.

1.3.5. CERTIFICACIÓN y ABONO

Las obras se abonarán a los precios de ejecución material establecidos en el presupuesto contratado para cada unidad de obra, tanto en las certificaciones como en la liquidación final.

Las partidas alzadas una vez ejecutadas, se medirán en unidades de obra y se abonarán a la contrata. Si los precios de una o más unidades de obra no están establecidos en los precios, se considerarán como si fuesen contradictorios.

Las obras no terminadas o incompletas no se abonarán o se abonarán en la parte en que se encuentren ejecutadas, según el criterio establecido por la Dirección Facultativa.

Las unidades de obra sin acabar, fuera del orden lógico de la obra o que puedan sufrir deterioros, no serán calificadas como certificables hasta que la Dirección Facultativa no lo considere oportuno.

Las certificaciones se remitirán al Propietario, con carácter de documento y entregas a buena cuenta, sin que supongan aprobación o recepción en obra, sujetos a rectificaciones y variaciones derivadas de la liquidación final.

El Promotor deberá realizar los pagos al Contratista o persona autorizada por el mismo, en los plazos previstos y su importe será el correspondiente a las especificaciones de los trabajos expedidos por la Dirección Facultativa.

Se podrán aplicar fórmulas de depreciación en aquellas unidades de obra, que tras realizar los ensayos de control de calidad correspondientes, su valor se encuentre por encima del límite de rechazo, muy próximo al límite mínimo exigido aunque no llegue a alcanzarlo, pero que obtenga la calificación de



aceptable. Las medidas adoptadas no implicarán la pérdida de funcionalidad, seguridad o que no puedan ser subsanadas posteriormente, en las unidades de obra afectadas, según el criterio de la Dirección Facultativa.

1.4. CONDICIONES LEGALES

Tanto la Contrata como a Propiedad, asumen someterse al arbitrio de los tribunales con jurisdicción en el lugar de la obra.

Es obligación de la contrata, así como del resto de agentes intervinientes en la obra el conocimiento del presente pliego y el cumplimiento de todos sus puntos.

El contratista será el responsable a todos los efectos de las labores de policía de la obra y del solar hasta la recepción de la misma, solicitará los preceptivos permisos y licencias necesarias y vallará el solar cumpliendo con las ordenanzas o consideraciones municipales. Todas las labores citadas serán a su cargo exclusivamente.

Podrán ser causas suficientes para la rescisión de contrato las que a continuación se detallan:

- Muerte o incapacidad del Contratista.
- La quiebra del Contratista.
- Modificaciones sustanciales del Proyecto que conlleven la variación en un 50 % del presupuesto contratado.
- No iniciar la obra en el mes siguiente a la fecha convenida.
- Suspender o abandonar la ejecución de la obra de forma injustificada por un plazo superior a dos meses.
- No concluir la obra en los plazos establecidos o aprobados.
- Incumplimiento de las condiciones de contrato, proyecto en ejecución o determinaciones establecidas por parte de la Dirección Facultativa.
- Incumplimiento de la normativa vigente de Seguridad y Salud en el trabajo.

Durante la totalidad de la obra se estará a lo dispuesto en la normativa vigente, especialmente la de obligado cumplimiento entre las que cabe destacar:

NORMAS GENERAL del SECTOR

- Decreto 462/1971. Normas sobre redacción de proyectos y dirección de obras de edificación
- Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación. LOE.
- Real Decreto 314/2006 de 17 de Marzo por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 1371/2007 de 19 de Octubre por el que se aprueba el Documento Básico de Protección contra el Ruido DB-HR del Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.



ESTRUCTURALES

- Real Decreto 997/2002. Norma de construcción sismorresistente NCSR-02.
- Real Decreto 1247/2008. Instrucción de hormigón estructural EHE-08.
- Real Decreto 751/2011. Instrucción de Acero Estructural EAE.

MATERIALES

- Orden 1974 de 28 de julio Pliego de prescripciones técnicas generales para tuberías de abastecimiento de agua.
- Orden 1986 de 15 de septiembre Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Saneamiento de Poblaciones.
- Real Decreto 956/2008 RC-08. Instrucción para la recepción de cementos.
- Reglamento 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE.
- Real Decreto 842/2013 clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.

INSTALACIONES

- Real Decreto 1427/1997 de 15 de Septiembre Instalaciones petrolíferas para uso propio.
- Real Decreto 2291/1985 de 8 de Noviembre Reglamento de aparatos de elevación y manutención de los mismos.
- Real Decreto 836/2003 de 27 de junio Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención referente a grúas torre para obra u otras aplicaciones.
- Real Decreto 1314/1997 de 1 de Agosto Reglamento de aparatos de elevación y su manutención.
- Real Decreto 88/2013 que aprueba la Instrucción Técnica Complementaria AEM1 Ascensores.
- Real Decreto 1942/1993 de 5 de noviembre Reglamento de instalaciones de protección contra incendios

SEGURIDAD y SALUD

- Real Decreto 1407/1992 Decreto Regulador de las condiciones para la Comercialización y Libre Circulación Intracomunitaria de los Equipos de Protección Individual.
- Ley 31/1995 Prevención de riesgos laborales
- Real Decreto 1627/1997 Disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción
- Real Decreto 39/1997 Reglamento de los Servicios de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1997 Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.



Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de Los Santos (Ávila).



- Real Decreto 486/1997 Establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997 Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 488/1997 Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativos al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Real Decreto 665/1997 Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- Real Decreto 664/1997 Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Real Decreto 773/1997 Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los EPI.
- Real Decreto 1215/1997 Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 614/2001 Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 374/2001 Protección de la Salud y Seguridad de los Trabajadores contra los Riesgos relacionados con los Agentes Químicos durante el Trabajo.
- Ley 54/2003 Reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 171/2004 Desarrolla L.P.R.L. en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 2177/2004 Modifica R.D. 1215/1997 que establece disposiciones mínimas de seguridad y salud para el uso de equipos en trabajos temporales de altura.
- Real Decreto 1311/2005, protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Real Decreto 396/2006, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.
- Real Decreto 604/2006, que modifica el Real Decreto 39/1997 y el Real Decreto 1627/1997 antes mencionados.
- Ley 32/2006, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y Real Decreto 1109/2007 que la desarrolla.
- Resolución de 28 de febrero de 2012 de la Dirección General de Empleo que inscribe y publica el V Convenio Colectivo del Sector de la Construcción 2012-2016.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.



ADMINISTRATIVAS

- Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público.

En todas las normas citadas anteriormente que con posterioridad a su publicación y entrada en vigor hayan sufrido modificaciones, corrección de errores o actualizaciones se quedará a lo dispuesto en estas últimas.

2. CONDICIONES TÉCNICAS de los MATERIALES, de la EJECUCIÓN y de las VERIFICACIONES

Se describen en este apartado las **CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES** incluyendo los siguientes aspectos:

PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES

Características técnicas mínimas que deben reunir los productos, equipos y sistemas que se incorporen a la obra, así como sus condiciones de suministro, recepción y conservación, almacenamiento y manipulación, las garantías de calidad y el control de recepción que deba realizarse incluyendo el muestreo del producto, los ensayos a realizar, los criterios de aceptación y rechazo, y las acciones a adoptar y los criterios de uso, conservación y mantenimiento.

PRESCRIPCIONES EN CUANTO A LA EJECUCIÓN POR UNIDADES DE OBRA

Características técnicas de cada unidad de obra indicando su proceso de ejecución, normas de aplicación, condiciones previas que han de cumplirse antes de su realización, tolerancias admisibles, condiciones de terminación, conservación y mantenimiento, control de ejecución, ensayos y pruebas, garantías de calidad, criterios de aceptación y rechazo, criterios de medición y valoración de unidades, etc.

Las medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos.

PRESCRIPCIONES SOBRE VERIFICACIONES EN EL EDIFICIO TERMINADO

Las verificaciones y pruebas de servicio que deben realizarse para comprobar las prestaciones finales del edificio.

2.1. ACONDICIONAMIENTO del TERRENO

Engloba todas las operaciones necesarias para que el terreno adquiera las cotas y superficies definidas en el proyecto. Dichas actividades son excavación en vaciado, excavación de pozos y zanjas para albergar los elementos de cimentación e instalaciones, explanación y estabilización de taludes.

2.1.1. ZANJAS y POZOS

Descripción

Quedan incluidos dentro de este apartado las tareas necesarias para ejecutar las zanjas y pozos destinados a la cimentación, drenaje, saneamiento, abastecimiento, etc. realizados con medios manuales o mecánicos con anchos de excavación máximos de 2 m. y 7 m. de profundidad.



Puesta en obra

Previo a los trabajos de excavación, la dirección facultativa deberá tener aprobado el replanteo, para lo cual este ha de estar definido en obra mediante camillas y cordeles.

El contratista deberá conocer la situación de las instalaciones existentes tanto en el subsuelo como aéreas con el fin de mantener la distancia de seguridad requerida para evitar accidentes. En esta misma línea se valorarán las cimentaciones próximas para evitar descalces o desprendimientos. Se protegerán los elementos de servicio público que pudieran ser afectados por la excavación.

Cuando al excavar se encuentre cualquier anomalía no prevista (instalaciones, rocas...) o construcciones que traspasen los límites del vaciado se comunicará a la Dirección Facultativa antes de continuar con la excavación.

En las excavaciones realizadas con el objeto de encontrar firme de cimentación, es el director de la obra el encargado de señalar la cota fondo de excavación, determinando dicha cota en obra en función del material aparecido. En este tipo de excavaciones destinados a cimentación, no se excavarán los últimos 40 cm. hasta el mismo momento del hormigonado para evitar la disgregación del fondo de excavación, limpiando la misma de material suelto mediante medios manuales.

Se evitará el acceso de agua a zanjas excavadas, evacuando la misma inmediatamente en caso de no poder evitarse.

Se harán las entibaciones necesarias para asegurar la estabilidad de los taludes. La entibación permitirá desentibar una franja dejando las restantes franjas entibadas.

Se tomarán las medidas necesarias para que no caigan materiales de excavados u otros a la zanja o pozo.

Control y criterios de aceptación y rechazo

Se inspeccionarán las zanjas cada 20 m. o fracción y los pozos cada unidad.

Durante la excavación se controlarán los terrenos atravesados, compacidad, cota de fondo, excavación colindante a medianerías, nivel freático y entibación.

Una vez terminada la excavación se comprobarán las formas, dimensiones, escuadrías, cotas y pendientes exigidas rechazando las irregularidades superiores a las tolerancias admitidas que se corregirán de acuerdo con las instrucciones de la dirección facultativa.

Las tolerancias máximas admisibles serán:

- replanteo: 2,5 % en errores y +/-10 cm. en variaciones.
- formas y dimensiones: +/-10 cm.
- refino de taludes: 15 cm.

Criterios de medición y valoración

En caso de que en el presupuesto del proyecto o el contrato de obra no se especifiquen otros criterios, se adoptarán las siguientes pautas de medición y valoración:

La medición se calculará según los perfiles teóricos de excavación según el tipo de terreno excavado, considerando la profundidad necesaria de excavación realizada.



2.2. CIMENTACIÓN

La cimentación está constituida por elementos de hormigón, cuya misión es transmitir las cargas del edificio al terreno y anclar el edificio contra empujes horizontales.

Antes de proceder a la ejecución de los trabajos es necesario ubicar las acometidas de los distintos servicios, tanto los existentes como los previstos para el propio edificio.

El contratista no rellenará ninguna estructura hasta que se lo indique la dirección facultativa.

La construcción de cimentaciones está regulada por el Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico de Seguridad Estructural-Cimientos.

2.2.1. ZAPATAS

Descripción

Zapatas de hormigón en masa o armado con planta cuadrada, rectangular o de desarrollo lineal, como cimentación de soportes verticales pertenecientes a estructuras de edificación.

Puesta en obra

Antes de verter el hormigón se nivelará, limpiará y apisonará ligeramente el fondo de la excavación. Se garantizará que las zapatas apoyen en condiciones homogéneas. En suelos permeables, se agotará el agua durante la excavación sin comprometer la estabilidad de taludes o de obras vecinas.

Se verterá una capa de mínimo 10 cm. de hormigón de limpieza sobre la superficie de la excavación previa a la colocación de armaduras. La excavación del fondo tendrá lugar inmediatamente antes de la puesta en obra del hormigón de limpieza para que el suelo mantenga las condiciones inalteradas.

El hormigonado se realizará por tongadas cuyo espesor permita una compactación completa de la masa. Se realizará un vibrado mecánico debiendo refluir la pasta a la superficie según 71.5.2 EHE-08.

En zapatas aisladas el hormigonado será continuo y no se permitirá el paso de instalaciones mientras que en las zapatas corridas se deberá contar con el consentimiento de la Dirección Facultativa para ello. Las juntas de hormigonado se harán según el artículo 71.5.4 EHE-08, se situarán en los tercios de la distancia entre pilares, alejadas de zonas rígidas y muros de esquina, eliminando la lechada del antiguo y humedeciendo antes de verter el fresco.

El recubrimiento de la armadura se garantizará mediante la disposición de separadores y se ajustará a las especificaciones del 37.2 EHE-08. Los separadores serán elementos especialmente diseñados para tal fin, de naturaleza no atacable por la alcalinidad del hormigón, no introducirán corrosión en las armaduras, serán tan impermeables como el propio hormigón. Expresamente queda prohibido el uso de separadores de madera, ladrillo u otros elementos residuales de la obra.

Para el anclaje y empalme de armaduras se atenderá a lo dispuesto en 69.5 EHE-08.

Control, criterios de aceptación y rechazo y verificaciones en el edificio terminado

Antes de la ejecución, se realizará la confirmación del estudio geotécnico, comprobando visualmente o con pruebas, que el terreno se corresponde con las previsiones de proyecto. Informe del resultado de tal inspección, la profundidad de la cimentación, su forma, dimensiones, y el tipo y consistencia del terreno se incorporará a la documentación final de obra asumiendo el director de obra la máxima responsabilidad en esta cuestión.



En su caso, se comprobarán cimentaciones y edificios colindantes para garantizar que no se ven afectadas.

Se debe comprobar que: el nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto, la estratigrafía coincide con la estimada en el estudio geotécnico, el nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas, el terreno presenta una resistencia y humedad similar a la supuesta en el estudio geotécnico, no se detectan defectos evidentes como cavernas, fallas, galerías, pozos, corrientes subterráneas, etc.

Se realizará un control por cada zapata, comprobando la distancia entre ejes de replanteo, dimensiones y orientación de los pozos, correcta colocación de los encofrados, hormigón de limpieza con espesor y planeidad suficiente, tipo, disposición, número y dimensiones de armaduras, armaduras de esperas correctamente situadas y de la longitud prevista, recubrimiento de las armaduras previsto, vertido, compactación y curado del hormigón, planeidad, horizontalidad y verticalidad de la superficie, adherencia entre hormigón y acero, unión con otros elementos de cimentación y juntas de hormigonado.

Las tolerancias máximas admisibles serán las establecidas en el anejo 11 de la EHE-08.

Criterios de medición y valoración

En caso de que en el presupuesto del proyecto o el contrato de obra no se especifiquen otros criterios, se adoptarán las siguientes pautas de medición y valoración:

La medición de zapatas se realizará considerando el volumen teórico de proyecto. El hormigón de limpieza se valorará según planta teórica de proyecto multiplicado por profundidad real ordenada por la dirección facultativa.

2.2.2. MUROS

Descripción

Muros de hormigón armado con cimentación superficial, directriz recta y sección constante, cuya función es sostener rellenos y/o soportar cargas verticales del edificio.

Materiales

El constructor dispondrá de un sistema de gestión de materiales, productos y elementos a poner en obra que garantice la trazabilidad de los mismos según 66.2 de la EHE-08.

- Hormigón armado, según lo dispuesto en el punto específico de este mismo Pliego. En el caso de utilizar elementos prefabricados de hormigón para muros de contención dispondrán de marcado CE según lo expuesto en la norma armonizada UNE-EN 15258 aportando declaración de prestaciones con el suministro.
- Perfil de estanquidad: Perfil de sección formada por óvalo central hueco y dos alas de espesor no menor de 3 mm, de material elástico resistente a la tracción, al alargamiento de rotura, al ataque químico y al envejecimiento. Se utilizarán además separadores y selladores.
- Lodos tixotrópicos: Es posible su empleo para contener las paredes de la excavación. Tendrán una suspensión homogénea y estable, dosificación no mayor del 10 %, densidad de 1,02 a 1.10 g/cm³, viscosidad normal, medida en cono de Marsh igual o superior a 32 s.

Puesta en obra



Los encofrados deberán ser estancos para que impidan pérdidas apreciables de pasta, rígidos para que se cumplan las tolerancias dimensionales y no sufran asientos ni deformaciones perjudiciales, y podrán desmontarse fácilmente, sin peligro y sin producir sacudidas ni daños en el hormigón. Han de estar limpios y húmedos antes de verter el hormigón y el empleo de desencofrante ha de contar con autorización de la dirección de obra. Se prohíbe el uso de aluminio en moldes. Los apeos no deberán aflojarse antes de transcurridos 7 días desde el hormigonado, ni suprimirse hasta que el hormigón haya alcanzado la resistencia característica, nunca antes de los 7 días, salvo que se realice un estudio especial. El diseño y disposición de los encofrados será tal que quede garantizada la estabilidad de los mismos durante su montaje, el hormigonado y posterior retirada.

El muro se hormigonará en una jornada y en un tiempo menor al 70 % del de inicio de fraguado. En caso de realizarse juntas horizontales de hormigonado se dejarán adarajas y antes de verter el nuevo hormigón, se picará la superficie, dejando los áridos al descubierto y se limpiará y humedecerá. Se tomarán las precauciones necesarias para asegurar la estanquidad de la junta. El vertido del hormigón se realizará por tongadas de espesor no mayor de la longitud de la aguja del vibrador o barra, siendo la altura máxima de vertido de 100 cm. No se realizará el relleno del trasdós hasta transcurrido un mínimo de 28 días.

El perfil de estanquidad se sujetará al encofrado antes de hormigonar de forma que cada ala del perfil quede embebida en el hormigón y su óvalo central libre, en la junta de 2 cm de ancho. Se introducirá un separador en la junta y se sellará la junta limpia y seca antes de hormigonar el tramo siguiente.

Cuando se utilicen lodos tixotrópicos para la excavación, el hormigonado se realizará de modo continuo bajo los lodos, de forma que la tubería que coloca el hormigón irá introducida 4 m como mínimo, dentro del hormigón ya vertido. Se mantendrán las características de los lodos, se recuperarán correctamente y se hará un vertido controlado de residuo.

Se renovarán los lodos cuando su contenido en arena sea superior al 3 % o cuando su viscosidad Marsh sea superior a 45 s. Una vez fraguado el hormigón se eliminarán los últimos 50 cm del muro.

No se rellenarán coqueras sin autorización de la dirección facultativa.

Los conductos que atraviesen el muro se colocarán sin cortar las armaduras y en dirección perpendicular. En cualquier caso estas perforaciones deberán estar autorizadas por la dirección facultativa y su estanquidad garantizada.

El recubrimiento de la armadura se garantizará mediante la disposición de separadores y se ajustará a las especificaciones del 37.2 EHE-08. Los separadores serán elementos especialmente diseñados para tal fin, de naturaleza no atacable por la alcalinidad del hormigón, no introducirán corrosión en las armaduras, serán tan impermeables como el propio hormigón. Expresamente queda prohibido el uso de separadores de madera, ladrillo u otros elementos residuales de la obra.

Para el anclaje y empalme de armaduras se atenderá a lo dispuesto en 69.5 EHE-08.

Control, criterios de aceptación y rechazo y verificaciones en el edificio terminado

Se realizará control del replanteo, nivelado, dimensiones, desplome, de la distancia entre juntas y de las juntas su anchura, perfil, separador y sellado.

Se comprobará además la impermeabilización, drenaje, y barrera antihumedad del trasdós.

Las tolerancias máximas admisibles serán las establecidas en el anejo 11 de la EHE-08.

Criterios de medición y valoración

En caso de que en el presupuesto del proyecto o el contrato de obra no se especifiquen otros criterios, se adoptarán las siguientes pautas de medición y valoración:



La medición se realizará considerando el volumen teórico de proyecto.

Condiciones de conservación y mantenimiento

Se exponen a continuación las condiciones básicas y generales de conservación y mantenimiento. En el preceptivo "Libro del Edificio", a redactar tras la finalización de la obra, se incluirá mayor detalle de las mismas.

Cualquier modificación de las condiciones estructurales del muro, así como de las condiciones del entorno al mismo, contará con la intervención de un técnico.

Se revisará anualmente, tras el periodo de lluvias, los paramentos, drenajes y terreno colindante. Las juntas y su sellado al igual que el estado general del muro deben ser revisadas cada 5 años por un técnico competente.

2.2.3. SOLERAS

Descripción

Capa resistente de hormigón en masa o armado, situada sobre el terreno natural o encachado de material de relleno cuya superficie superior quedará vista o recibirá un revestimiento de acabado.

Materiales

El constructor dispondrá de un sistema de gestión de materiales, productos y elementos a poner en obra que garantice la trazabilidad de los mismos según 66.2 de la EHE-08.

- Hormigón armado, según lo dispuesto en el punto específico de este mismo Pliego.
- Sellante de juntas: De material elástico, fácilmente introducible en las juntas. Tendrá concedido el correspondiente DIT.
- Fibras de polipropileno (si sólo se quiere evitar la fisuración) o de acero (si además se quiere aumentar la resistencia del hormigón).
- Separador: De poliestireno expandido, de 2 cm de espesor.

Puesta en obra

Se verterá el hormigón del espesor indicado en proyecto sobre el terreno limpio y compactado, la capa de encachado o sobre la lámina impermeabilizante si existe.

Se colocarán separadores alrededor de cualquier elemento que interrumpa la solera antes de verter el hormigón y tendrán una altura igual al espesor de la capa de hormigón.

En el caso de que lleve mallazo, éste se colocará en el tercio superior de la capa de hormigón.

Si se arma con fibras de acero se hará un vibrado correcto, de forma que las fibras no queden en superficie.

Se harán juntas de retracción de ancho comprendido entre 0,5 y 1 cm. a distancias máximas de 6 m y de profundidad de 1/3 del espesor de la capa de hormigón. El sellante se introducirá en un cajeadado previsto en la capa de hormigón o realizado posteriormente a máquina, entre las 24 y 48 horas posteriores al hormigonado.



En juntas de trabajo u otras discontinuidades se dispondrán elementos conectores, tales como barras de acero corrugado o un machihembrado (si las cargas que transmite no son elevadas) de forma que las dos partes de la solera sean solidarias.

Se extimarará el cuidado en el curado del hormigón según 71.6 EHE-08.

Control, criterios de aceptación y rechazo y verificaciones en el edificio terminado

Cada 100 m² o fracción se realizará un control de la compacidad del terreno, del espesor de la solera y planeidad medida por regla de 3 m. se hará una inspección general de la separación entre juntas y cada 10 m. de junta se comprobará su espesor y altura.

Las tolerancias máximas admisibles serán las establecidas en el anejo 11 de la EHE-08.

Criterios de medición y valoración

En caso de que en el presupuesto del proyecto o el contrato de obra no se especifiquen otros criterios, se adoptarán las siguientes pautas de medición y valoración:

La medición se realizará considerando la superficie teórica de proyecto.

Condiciones de conservación y mantenimiento

Se exponen a continuación las condiciones básicas y generales de conservación y mantenimiento. En el preceptivo "Libro del Edificio", a redactar tras la finalización de la obra, se incluirá mayor detalle de las mismas.

No se alterará su configuración o solicitaciones sin valoración por técnico competente.

Anualmente, tras la época de lluvias, se inspeccionarán las juntas y arquetas. Cada cinco años se incluirá la revisión de soleras por técnico competente.

2.3. ESTRUCTURA

2.3.1. FABRICACIÓN de HORMIGÓN ARMADO

Descripción

Dentro de este apartado se engloban todas las condiciones propias de la fabricación de hormigón armado. La norma básica de referencia será el Real Decreto 1247/2008 Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.

Materiales

El constructor dispondrá de un sistema de gestión de materiales, productos y elementos a poner en obra que garantice la trazabilidad de los mismos según 66.2 de la EHE-08.

Cemento: Según el artículo 26 de la EHE-08, RC-08, normas armonizadas UNE-EN 197 y RD 1313/1988. En todo caso se emplearán cementos de clase resistente 32,5 o superior.

El cemento se suministrará acompañado de un albarán con los datos exigidos en la RC-08. En el caso de cementos comunes contarán con marcado CE e irán acompañados de la declaración de prestaciones, el resto de cementos incluirán certificado de conformidad con requisitos reglamentarios.

Cuando el suministro se realice en sacos, el cemento se recibirá en los mismos envases cerrados en que fue expedido. No llegará a obra u otras instalaciones de uso, excesivamente caliente. Se almacenará en sitio ventilado y defendido de la intemperie, humedad del suelo y paredes, y durante un máximo de 3 meses, 2 y 1, respectivamente, para las clases resistentes 32,5, 42,5 y 52,5, si el periodo es superior, se



comprobará que las características del cemento siguen siendo adecuadas mediante ensayos según lo especificado en el RC-08.

Se utilizarán los tipos de cementos adecuados según el tipo de hormigón y su uso teniendo en cuenta lo especificado en el anejo 8 del RC-08 y la tabla 26 de la EHE-08. Destacar particularmente que no se emplearán cementos de albañilería para la fabricación de hormigones. Para hormigones en contacto con suelos con sulfatos (> 3.000 mg/kg) o con aguas con sulfatos (>600 mg/l) se empleará cemento resistente a los mismos. Del mismo modo hormigones en contacto con agua de mar requerirán cementos aptos para el mismo.

Se utilizará el cemento de la menor clase resistente posible compatible con la resistencia del hormigón.

Agua: Se atenderá a lo dispuesto en el artículo 27 de la EHE-08.

El agua utilizada tanto para amasado como para curado no contendrá ningún ingrediente perjudicial en cantidades tales que afecten a las propiedades del hormigón o a la protección de las armaduras frente a la corrosión. Cuando no sean potables, no posean antecedentes de su utilización o en caso de duda, deberán analizarse las aguas, y salvo justificación especial deberán cumplir las condiciones de exponente de hidrógeno pH, sustancias disueltas, sulfatos, ión cloruro, hidratos de carbono y sustancias orgánicas solubles en éter indicadas en el artículo 27 de la EHE-08. Se prohíbe el uso de aguas de mar o salinas análogas para el amasado o curado de hormigón armado.

Áridos: Cumplirán las condiciones del artículo 28 de la EHE-08.

Pueden emplearse gravas de machaqueo o rodadas, arenas y escorias siderúrgicas apropiadas que dispongan de marcado CE. Los áridos deberán cumplir las condiciones químicas, físico-mecánicas, de granulometría, tamaño y forma indicadas en artículo 28 de la EHE-08 y en la norma armonizada UNE-EN 12620, en caso de duda, el fabricante deberá realizar ensayos de identificación mediante análisis mineralógicos, petrológicos, físicos o químicos. En el caso de utilizar escorias siderúrgicas como árido, se comprobará previamente que son estables. Se prohíbe el empleo de áridos que contengan sulfuros oxidables.

Cada carga irá acompañada por hoja de suministro que estará en todo momento a disposición de la Dirección Facultativa, en la que figuren los datos indicados en la EHE-08, el marcado CE y la declaración de prestaciones.

Los áridos deben ser transportados y acopiados de manera que se evite su segregación y contaminación, debiendo mantener las características granulométricas de cada una de sus fracciones.

Para el empleo de áridos reciclados será preciso el consentimiento expreso por escrito de la Dirección Facultativa, se limitará a un 20 % en peso sobre el contenido de árido, procederá de hormigón no admitiéndose materiales de otra naturaleza y adaptará sus características a lo expresado en el anejo 15 de la EHE-08.

La utilización de áridos ligeros estará limitada a las especificaciones del anejo 16 de la EHE-08.

Aditivos: Cumplirán lo establecido en el artículo 29 de la EHE-08 y en las normas armonizadas UNE-EN 934-2. Básicamente se contemplan: reductores de agua, modificadores del fraguado, inclusores de aire y multifuncionales.

El fabricante garantizará que las características y el comportamiento del aditivo, agregado en las proporciones y condiciones previstas, son tales que produce la función deseada sin perturbar excesivamente las restantes características del hormigón, ni representar peligro para las armaduras.

Los aditivos se transportarán y almacenarán de manera que se evite su contaminación y que sus propiedades no se vean afectadas por factores físicos o químicos. El fabricante suministrará el aditivo correctamente etiquetado y dispondrá de marcado CE aportando la preceptiva declaración de prestaciones.



La Dirección Facultativa deberá autorizar su utilización y en su incorporación a la mezcla se seguirá estrictamente lo dispuesto por el fabricante. El suministrador del hormigón será informado de la posible incorporación de aditivos en obra.

Adiciones: Cumplirán lo establecido en el artículo 30 de la EHE-08.

Tan solo se utilizarán en el momento de su fabricación, exclusivamente en central, podrán ser cenizas volantes o humo de sílice, siempre en hormigones con cementos tipo CEM I y su empleo contará con el visto previo de la Dirección Facultativa. La cantidad máxima de cenizas volantes adicionadas será del 35 % del peso del cemento y de humo de sílice del 10 %.

No podrán contener elementos perjudiciales en cantidades tales que puedan afectar a la durabilidad del hormigón o causar fenómenos de corrosión de las armaduras, y cumplirán las especificaciones indicadas en 30.1 y 30.2 de la EHE-08.

Armaduras:

Armaduras pasivas: Cumplirán lo establecido en la UNE-EN 10080 y el artículo 32 de la EHE-08. Las barras y alambres no presentarán defectos superficiales ni grietas y tendrán una sección equivalente no inferior al 95,5% de la nominal. Las características mecánicas mínimas estarán garantizadas por el fabricante según la tabla 32.2.a de la EHE-08. Se suministrarán con una etiqueta de identificación conforme a lo especificado en normas UNE-EN y llevarán grabadas las marcas de identificación de acuerdo con dichas normas. Las mallas electrosoldadas se fabricarán con barras o alambres corrugados que no se mezclarán entre sí por distintas tipologías de acero y cumplirán lo dispuesto en el artículo 33.1.1 de la EHE-08.

Armaduras activas: Cumplirán lo establecido en las UNE 36094 y el artículo 34 de la EHE-08.

Los elementos constituyentes de las armaduras activas pueden ser alambres, barras o cordones. El fabricante facilitará además, si se le solicita, copia de los resultados de los ensayos de control de producción correspondientes a la partida servida de los ensayos correspondientes a la composición química, características mecánicas y geométricas, que justifiquen que el acero cumple las características exigidas por la EHE-08. Además irá acompañada, en el caso de barras o alambres corrugados, del certificado específico de adherencia.

El acero puesto en obra ha de mantener sus cualidades y características intactas desde su fabricación por lo que en su almacenamiento y transporte estarán protegidas de la lluvia, humedad del terreno u otros agentes o materias agresivas. En el momento de su utilización, las armaduras deben estar exentas de sustancias extrañas en su superficie tales como grasa, aceite, pintura, polvo, tierra o cualquier otro material perjudicial para su buena conservación o su adherencia.

Puesta en obra

La puesta en obra se atenderá estrictamente a lo dispuesto en las Instrucciones EHE-08 y NCSE-02.

Las armaduras se dispondrán sujetas entre sí de manera que no varíe su posición durante el transporte, montaje y hormigonado, y permitan al hormigón envolverlas sin dejar coqueas. En el corte de la ferralla se pueden emplear cizallas o maquinaria de corte no estando permitido el uso del arco eléctrico, sopletes u otros métodos que alteren las características físico-metalúrgicas del material. El despiece, enderezado, corte y doblado de las barras se hará de acuerdo al artículo 69.3 de la EHE-08. Los empalmes de armaduras en obra deberán realizarse con la aprobación expresa de la dirección facultativa y los realizados por soldadura deberán atenerse a los procedimientos de soldadura descritos en la UNE 36832, las superficies estarán secas y limpias, y no se realizarán con viento intenso, lluvia o nieve, a menos que se adopten las debidas precauciones. Bajo ninguna circunstancia se llevará a cabo una soldadura sobre una superficie que se encuentre a una temperatura igual o inferior a 0º C. Queda prohibida la soldadura de armaduras galvanizadas o con recubrimientos epoxídicos. Se dispondrán separadores o calzos en obra, según 69.8.2 EHE-08, para garantizar la posición de las armaduras y los recubrimientos.



El hormigón estructural requiere estar fabricado en central conforme al artículo 71 de la EHE-08 pudiendo estar la central en obra o en instalaciones exclusivas en cuyo caso se denomina hormigón preparado. El hormigón deberá quedar mezclado de forma homogénea empleando la dosificación de todos sus componentes por peso, según lo dispuesto en proyecto y la EHE-08, quedando el árido bien recubierto de pasta de cemento. La dosificación mínima de cemento será la señalada en 37.3 EHE-08. El hormigón no experimentará, durante el transporte, variación sensible en las características que posea recién amasado.

Cada carga de hormigón irá acompañada de una hoja de suministro que estará en todo momento a disposición de la Dirección de Obra, y en la que figurarán como mínimo, los datos indicados en el anejo 21 de la EHE-08. El fabricante de este hormigón deberá documentar debidamente la dosificación empleada, que deberá ser aceptada por la Dirección de la Obra. En hormigones fabricados en central ubicada en obra el constructor dejará un libro de registro a disposición de la dirección facultativa firmado por persona física en el que constarán las dosificaciones, proveedores, equipos empleados, referencia al documento de calibrado de la balanza de dosificación, registro de amasadas empleadas en cada lote, fechas de hormigonado y resultados de los ensayos realizados.

El tiempo transcurrido entre la adición del agua de amasado y la colocación del hormigón no debe ser mayor de una hora y media para hormigón sin promotores o retardadores defraguado y en ningún caso se tolerará la colocación en obra de masas que acusen un principio de fraguado. Queda expresamente prohibida la adición de agua en obra al hormigón. Se puede añadir en obra plastificante o superplastificante siempre que no se sobrepasen los límites establecidos y siempre con el visto bueno del fabricante. En el vertido y colocación de las masas se adoptarán las debidas precauciones para evitar la disgregación de la mezcla. A partir de 1 metro de altura, el hormigonado no puede hacerse por vertido libre siendo necesario el empleo de canaletas o conductos que eviten el golpeo del hormigón. No se efectuará el hormigonado sin la conformidad de la Dirección de la Obra, una vez se hayan revisado las armaduras. La compactación de hormigones se realizará de manera tal que se eliminen los huecos y se obtenga un perfecto cerrado de la masa, sin que llegue a producirse segregación. Se realizará según lo expuesto en 71.5.2 EHE-08.

Las juntas de hormigonado se situarán en dirección lo más normal posible a las de las tensiones de compresión, y allí donde su efecto sea menos perjudicial, alejándolas de las zonas en las que la armadura esté sometida a fuertes tracciones, en cualquier caso el lugar de las juntas deberá ser aprobado por la Dirección Facultativa. Antes de reanudar el hormigonado, se retirará la capa superficial de mortero, dejando los áridos al descubierto y se limpiará la junta de toda suciedad o árido que haya quedado suelto, se humedecerá la superficie y deberán eliminarse, en su caso, las partes dañadas por el hielo empleando promotores de adherencia si fuese necesario.

Queda terminantemente prohibido hormigonar si llueve, nieva, hay viento excesivo, temperaturas superiores a 40° C, soleamiento directo, o se prevea una temperatura de 0 ° C en las próximas 48 horas. Si el hormigonado es imprescindible se adaptarán las medidas pertinentes y se contará con la autorización expresa de la Dirección Facultativa y el fabricante.

Durante el fraguado y primer período de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad mediante un adecuado curado, durante el plazo necesario en función del tipo y clase del cemento, de la temperatura y grado de humedad del ambiente, etc. según lo especificado en el punto 71.6 de la EHE-08. Si el curado se realiza por riego directo, no producirá deslavado. En caso de optar por la protección del hormigón con recubrimientos plásticos, agentes filmógenos o similares ofrecerán las suficientes garantías y no resultarán perjudiciales para las prestaciones del hormigón endurecido o posteriores recubrimientos.

Los productos desencofrantes serán de naturaleza adecuada y no serán perjudiciales para las propiedades o el aspecto del hormigón y no perjudicarán a la posterior aplicación de revestimientos. Expresamente queda prohibido el empleo de grasa, gasóleo u otros productos no apropiados. Las superficies vistas no presentarán coqueas o irregularidades que perjudiquen al comportamiento de la obra o a su aspecto.



Control, criterios de aceptación y rechazo y verificaciones en el edificio terminado

El contratista aportará un programa de control de calidad según contenidos estipulados en 79.1 de la EHE-08 que deberá ser aprobado por la Dirección Facultativa y que desarrollará el plan de control que se incluye en proyecto. La Dirección Facultativa podrá disponer en cualquier momento la realización de comprobaciones o ensayos adicionales.

Si el cemento dispone de distintivo de calidad reconocido oficialmente según RC-08 se comprobará la identificación, clase, tipo, categoría y distintivos, de otro modo la dirección facultativa podrá requerir la realización de ensayos de resistencias mecánicas, tiempos de fraguado, expansión, pérdida al fuego, residuo insoluble, trióxido de azufre, cloruros, sulfuros, óxido de aluminio y puzolanidad.

Los aditivos contarán con marcado CE en caso contrario se deberá aportar certificado de ensayo con antigüedad inferior a 6 meses según lo dispuesto en 85.3 EHE-08.

Para la recepción de aceros se comprobará que disponen de un distintivo de calidad con reconocimiento oficial en vigor, en caso contrario se realizarán ensayos según 87 EHE-08.

En caso de que las armaduras elaboradas o ferralla armada no cuente con un distintivo de calidad oficialmente reconocido conforme anejo 19 EHE-08 se realizará control experimental del para comprobar características mecánicas, adherencia, dimensiones o de soldadura.

Los ensayos del hormigón se realizarán según lo dispuesto en el programa de control y en el artículo 86 EHE-08. Los ensayos de docilidad serán según UNE-EN 12350 y los de resistencia y resistencia a la penetración de agua según UNE-EN 12390.

Se realizarán ensayos de hormigón previos y característicos si se dan las circunstancias especificadas en 86.4 y anejo 20 EHE-08.

Se hará un control de la ejecución por lotes según artículo 92 de la EHE-08, haciendo comprobaciones previas al comienzo de la ejecución, control de acopios, comprobaciones de replanteo y geométricas, cimbras y andamiajes, armaduras, encofrados, transporte, vertido y compactación, juntas de trabajo, contracción o dilatación, curado, desmoldeo y descimbrado, tolerancias y dimensiones finales.

Las tolerancias máximas admisibles serán:

- Dosificación: $\pm 3\%$ en cemento, áridos, agua y adiciones y $\pm 5\%$ en aditivos.
- Recubrimiento armaduras activas: ± 5 mm. en elementos prefabricado y ± 10 mm. in situ.
- Resistencia característica del hormigón según EHE-08.
- Consistencia del hormigón según tabla 86.5.2.1 de la EHE-08.
- Desviaciones admisibles según anejo 11 EHE-08.

Las características higrotérmicas de los materiales contemplados en el proyecto serán:

Material	Transmitancia (W/m ² K)	Absortividad
Hormigón armado	5,7	0,7
Hormigón en masa	4	0,7

Tabla 1. Características higrotérmicas de los materiales en el proyecto

Las características de los materiales puestos en obra, tendrán las prestaciones señaladas anteriormente o superiores, de otro modo, habrán de ser autorizados previamente por la dirección facultativa.



2.4. REVESTIMIENTOS

2.4.1. PARAMENTOS

2.4.1.1. CHAPADOS

Descripción

Revestimiento de paramentos de fábrica con placas de piedra natural o artificial, anclados al soporte o a un sistema de perfiles.

Materiales

- Piedra:

Puede ser natural (pizarra, granito, caliza, mármol o arenisca) o artificial. Las piedras serán compactas, homogéneas, no estarán fisuradas ni meteorizadas y en el caso del mármol no tendrá masas terrosas. Irán acompañadas de la declaración de prestaciones del marcado CE según la norma armonizada UNE-EN 1469, declarando expresamente la resistencia a la flexión, resistencia al anclaje, al choque térmico, a la heladicidad, permeabilidad, densidad aparente y características de comportamiento al fuego.

- Fijación:

Las placas pueden ir fijadas directamente al soporte mediante morteros de cemento, adhesivos o pueden anclarse a un sistema de perfiles de acero inoxidable, galvanizado, aluminio anodizado o lacado.

Las mezclas preparadas, envasadas o a granel de mortero llevarán el nombre del fabricante, la cantidad de agua a añadir para obtener las resistencias deseadas. Los adhesivos llevarán impreso en su embalaje, además de la especificación del propio marcado CE y el tipo y clase de adhesivo, las instrucciones de uso que al menos determinarán la proporción de mezcla, tiempo de maduración, vida útil, modo de aplicación, tiempo abierto, tiempo hasta rejuntado y ámbito de aplicación. Dispondrán de garantía documental del cumplimiento del marcado CE según las normas armonizadas UNE-EN 998-2 para morteros de albañilería o la UNE-EN 12004 para adhesivos. La determinación del tipo de adhesivo se realizará en función del tipo de soporte, su absorción y el formato de la baldosa según la recomendaciones publicadas por AFAM y del fabricante.

- Sellado:

Como material de sellado de juntas se utilizará lechada de cemento o materiales específicos empleando masilla de poliuretano en juntas de dilatación.

Las características higrotérmicas de los materiales contemplados en el proyecto son:

Material	Conductividad térmica (W/mK)	Densidad (Kg/m ³)	Factor de resistencia al Vapor de agua
Granito	2,800	2600	10000
Arenisca	3,000	2400	50
Caliza	1,700	2095	150
Mármol	3,500	2700	10000

Tabla 2. Características de los materiales contemplados para chapados.

Las características de los materiales puestos en obra, tendrán las prestaciones señaladas anteriormente o superiores, de otro modo, habrán de ser autorizados previamente por la dirección facultativa.

Para más detalle se tendrá en cuenta lo especificado en el Catálogo de Elementos Constructivos del Código Técnico de la Edificación.



Puesta en obra

La fábrica que sustente el chapado tendrá suficiente resistencia para soportar el peso de éste, estará limpia y sin deformaciones.

Para colocación con mortero, tras el replanteo se humedecerán las partes de fábrica que vayan a estar en contacto con mortero y las piezas de absorción mayor del 0,5 %.

El recibido de las placas con mortero se hará de forma que quede una capa continua y no queden huecos detrás del revestimiento. En el exterior, las juntas entre placas tendrán una anchura mínima de 4 mm. y se rellenarán con mortero de cal con arena fina o material de sellado específico.

Cuando la altura de la fachada a revestir sea mayor a la de una planta o se empleen placas grandes, éstas se recibirán además con anclajes vistos u ocultos. La unión entre la placa y el anclaje puede hacerse mediante un sistema de perfiles quedando vistos u ocultos, que a su vez irá sujeto al soporte de forma mecánica.

En fachadas con cámara de aire ventilada, si se hacen agujeros en el aislamiento habrá que volverlos a rellenar con el mismo aislamiento.

Se respetarán todas las juntas del edificio. No se anclarán al aplacado ningún elemento como carpinterías, barandillas... sin la aprobación de la dirección facultativa.

Control, criterios de aceptación y rechazo y verificaciones en el edificio terminado

Se identificarán las placas de piedra y se comprobarán sus medidas y tolerancias y que no tengan desperfectos. si la dirección de obra lo dispone se harán ensayos de absorción, peso específico, resistencia a heladas y a compresión.

Tan solo se permitirán grietas, inclusiones, cavidades, estiolitas y vetas en piedras en las que son propias de su naturaleza y además no afectan negativamente a sus características.

El recubrimiento anódico del aluminio llevará marca EWAA EURAS y los elementos de acero marca AENOR.

Si el cemento dispone de distintivo de calidad reconocido oficialmente se comprobará la identificación, clase, tipo, categoría y distintivos, de otro modo la dirección facultativa podrá requerir la realización de ensayos de resistencia a compresión, tiempos de fraguado, expansión, pérdida al fuego, residuo insoluble, trióxido de azufre, cloruros, sulfuros, óxido de aluminio y puzolanidad, según RC-08.

En aguas no potables sin experiencias previas se realizarán ensayos de exponente de hidrógeno pH, sustancias disueltas, sulfatos, ión cloruro, hidratos de carbono y sustancias orgánicas solubles en éter indicadas en el artículo 27 de la EHE-08.

Se comprobará la identificación, tipo, tamaño y distintivos de las arenas pudiendo realizar ensayos de materia orgánica, granulometría y finos que pasan por el tamiz 0,08 según EHE-08 si no disponen de sello de garantía. En cualquier caso, el árido dispondrá de marcado CE.

De los morteros preparados en obra se comprobará el tipo, dosificación y se realizarán ensayos de resistencia mecánica y consistencia con Cono de Abrams. Los morteros envasados o a granel se comprobará el marcado CE, el tipo y distintivos de calidad.

En el caso de utilizar adhesivos se requerirá marcado CE y en su caso los ditintivos de calidad que disponga.

Antes de comenzar la colocación de las placas se comprobará el replanteo y que el soporte esté liso, las características de los anclajes y que su colocación sea como lo indicado en proyecto y en las prescripciones del fabricante. Se comprobará el rejuntado, aplomado y planeidad de las piezas.



Las tolerancias máximas admisibles serán:

- Dimensiones: <600 mm. de lado +1 mm. y >60 mm. +- 1,5 mm.
- Espesor: +- 10 % entre 12 y 30 mm. / +- 3 mm. entre 30 y 80 mm. y +- 5mm. mayor 80 mm.
- Desplome: 1/1000 hacia el interior, nada hacia el exterior.
- Planeidad: 0,2 % de la longitud de la placa y siempre menor de 3 mm..
- Diámetro de taladro y anclaje: +1 mm.

Criterios de medición y valoración

En caso de que en el presupuesto del proyecto o el contrato de obra no se especifiquen otros criterios, se adoptarán las siguientes pautas de medición y valoración:

Se medirá la superficie ejecutada, deduciendo huecos mayores de 0,5 m².

Condiciones de conservación y mantenimiento

Se exponen a continuación las condiciones básicas y generales de conservación y mantenimiento. En el preceptivo "Libro de la construcción", a redactar tras la finalización de la obra, se incluirá mayor detalle de las mismas.

La fijación de pesos se realizará sobre el soporte, procurando realizar los taladros en medio de las piezas hasta alcanzar la base del chapado.

Para la limpieza de este tipo de revestimientos se utilizará agua y cepillo o en los casos en los que se necesiten limpiezas más profundas se pueden proyectar abrasivos o se realizar una limpieza con productos químicos.

Revisión del chapado para detectar posibles desconchados, fisuras, abombamientos, exfoliación... cada 5 años.

Ávila, 15 de agosto de 2014

Álvaro Jiménez González
Grado en Ing. Forestal y del Medio Natural

IV. Mediciones y presupuesto

Proyecto básico de actuación hidrológica en el arroyo de Los Santos, Herradón (Ávila).

Álvaro Jiménez González

Cuadro de Precios Simples

Unidad	Resumen	Precio
kg	A. corrugado preformado taller, B 500 S	0.89 €
m3	Agua de amasado	0.68 €
kg	Alambre de atado	1.07 €
u	Andamio tradicional y accesorios de acero epoxi	149.94 €
h	Apisonadora mano.	2.01 €
m3	Arena	15.20 €
m3	Arena fina 6 mm.	17.55 €
u	Arranque ac. galvanizado 1 m.	4.79 €
h	Ayudante carpintería	13.86 €
h	Bomba de agua 10 m3/h.	43.01 €
u	Botas altas de agua	6.03 €
u	Botas de seguridad c/puntera de acero	18.58 €
u	Botiquín de primeros auxilios	61.84 €
t	CEM II/B-P 32.5 R, Granel	86.03 €
u	Casco de obra ajustable c/rueda	4.89 €
u	Cascos protec. auditiva	15.03 €
u	Chaleco reflectante	8.59 €
u	Cinturón portaherramientas 10 bolsillos	14.45 €
u	Cuadro eléctrico prov. monofásico 10 kW.	299.52 €
u	Equipo antic. arnés dorsal y torsal	37.10 €
u	Extintor CO2 5 kg. eficacia 34B	82.20 €
u	Extintor polvo quím. ABC 6 kg. eficac. 21A-113B-C	24.57 €
u	Gafas protec. contra impactos	5.61 €
m3	Grava	13.95 €
m3	Gravillín	9.04 €
u	Guantes de lona protec. varias	1.00 €
h	Hormigonera 200 l.	1.40 €
m3	Hormigón de central HA-35/P/20/Ila	76.24 €
m3	Hormigón de central HA-35/P/40/Ila	73.45 €
m3	Hormigón de central HM-25/P/20/I	66.68 €
m3	Hormigón limpieza de central HL-150/P/20	60.50 €
m3	Hormigón para postes	52.87 €
m2	Malla ac. galvanizado plast. simple torsión 1 m.	2.75 €
u	Mandil de cuero protección soldadura	10.20 €
u	Mono de operario 100% algodón	8.79 €
h	Motosierra	2.58 €
h	Oficial 1ª	14.26 €
h	Oficial 1ª carpintería	17.23 €
h	Oficial 1ª encofrado	16.70 €
h	Oficial 1º albañilería	17.47 €
m3	P. granito mamp. ordinaria	59.66 €
h	Pala cargadora	36.17 €
m2	Panel encofrado visto	2.86 €
u	Panel señalizaciones varias de PVC 1 x 0.7 m.	2.51 €
u	Pantalla fija protec. partículas	9.64 €
m	Pasamanos y travesaño interm. tubo metálico	3.83 €
h	Peón	11.69 €
h	Peón especializado albañilería	13.51 €
h	Peón especializado encofrado	13.35 €
u	Poste 1m. ac. galvanizado diámetro 50 mm.	3.47 €
kg	Puntas	3.92 €
m2	Reja redondo acero macizo i/anclajes	59.48 €
h	Retro-cargadora	35.65 €
h	Retro-excavadora	35.65 €

Cuadro de Precios Simples

Unidad	Resumen	Precio
<i>h</i>	Retro-excavadora martillo rompedor.	38.12 €
<i>u</i>	Rodilleras de seguridad de poliester	6.36 €
<i>u</i>	Señal de advertencia de obra triangular c/soporte	26.18 €
<i>u</i>	Señal de stop octogonal c/soporte	29.87 €
<i>u</i>	Traje impermeable de poliester	4.55 €
<i>m</i>	Tub. PVC liso, color gris diám. 110 mm.	3.09 €
<i>m</i>	Tub. PVC liso, color gris diám. 250 mm.	12.24 €
<i>h</i>	Vibrador eléctrico p/hormigón	1.89 €

Cuadro de Precios Nº 1

Ud.	Descripción	Importe en cifra / (importe en letra)
CAPITULO I. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.		
m2	Limpieza y desbroce del terreno, ejecutado mecánicamente. Estimando superficie total realizada en su medición.	0.48 € (CERO CON CUARENTA Y OCHO Euros.)
m2	Retirada y acopio, para su posterior uso, de la capa de tierra vegetal, ejecutado mecánicamente. Estimando superficie total realizada en su medición.	0.48 € (CERO CON CUARENTA Y OCHO Euros.)
m2	Limpieza y desbroce del terreno, ejecutado mecánicamente, con serrado y retirada de árboles y arbustos, extracción de raíces. Estimando superficie total realizada en su medición.	3.31 € (TRES CON TREINTA Y UNO Euros.)
m3	Excavación de terrenos compactos en zanjas, ejecutada mecánicamente. Incluyendo replanteo, medios seguridad y salud, y perfilado paredes y fondos. Sin incluir carga ni transporte. Estimando volumen teórico sin esponjamiento en su medición.	10.02 € (DIEZ CON DOS Euros.)
m3	Excavación de roca dura en zanjas, ejecutada mecánicamente con martillo rompedor. Incluyendo replanteo, medios de seguridad y salud, y perfilado de paredes y fondos. Sin incluir carga ni transporte. Estimando volumen teórico sin esponjamiento en su medición.	48.83 € (CUARENTA Y OCHO CON OCHENTA Y TRES Euros.)
CAPITULO II. CIMENTACIÓN		
m3	Hormigón armado fabricado de central de resistencia 35 N/mm ² ., cualquier tipo de consistencia, con tamaño de árido hasta 40 mm. y para ambientes no agresivos y normales en zapatas, zanjas y vigas riostras. Incluyendo armado de acero corrugado B-500-S, vertido manual y vibrado. Estimando volumen teórico en su medición.	151.51 € (CIENTO CINCUENTA Y UNO CON CINCUENTA Y UNO Euros.)
m3	Hormigón de limpieza fabricado en central con dosificación mínima de cemento de 150 kg/m ³ ., cualquier tipo de consistencia, con tamaño de árido hasta 20 mm. y para ambientes no agresivos o normales en zapatas, zanjas y vigas riostras. Incluyendo vertido manual. Estimando planta teórica por profundidad real en su medición.	75.78 € (SETENTA Y CINCO CON SETENTA Y OCHO Euros.)
m3	Agotamiento de aguas en zanjas, pozos y vaciados de terrenos excavados, mediante bomba sumergible para un caudal máximo de 10 m ³ /h. Estimando volumen realizado.	4.42 € (CUATRO CON CUARENTA Y DOS Euros.)
CAPITULO III. MUROS		
m3	Hormigón armado fabricado de central de resistencia 35 N/mm ² ., cualquier tipo de consistencia, con tamaño de árido hasta 20 mm. y para ambientes no agresivos y normales en muros de cimentación. Incluyendo armado de acero corrugado B-500-S, encofrado y desencofrado metálico a 2 caras vistas, vertido con camión-bomba y vibrado. Estimando volumen teórico en su medición.	341.55 € (TRESCIENTOS CUARENTA Y UNO CON CINCUENTA Y CINCO Euros.)
m3	Hormigón armado fabricado de central de resistencia 35 N/mm ² ., cualquier tipo de consistencia, con tamaño de árido hasta 20 mm. y para ambientes no agresivos y normales en	267.16 € (DOSCIENTOS SESENTA Y SIETE CON DIECISEIS Euros.)

Cuadro de Precios Nº 1

Ud. Descripción

Importe en cifra / (importe en letra)

muros de cimentación. Incluyendo armado de acero corrugado B-500-S, encofrado y desencofrado metálico a 1 cara vista, vertido con camión-bomba y vibrado. Estimando volumen teórico en su medición.

CAPITULO IV. SOLERAS.

m3	Encachado de grava de entre 30 y 80 mm. de diámetro. Incluso extendido superficial y compactado mediante apisonadora manual. Estimando volumen teórico en su medición.	28.22 € (VEINTIOCHO CON VEINTIDOS Euros.)
m3	Hormigón en masa fabricado de central de resistencia 25 N/mm ² ., cualquier tipo de consistencia, con tamaño de árido hasta 20 mm. y para ambientes no agresivos y normales en soleras. Incluyendo vertido con camión-bomba y vibrado. Estimando volumen teórico en su medición.	110.61 € (CIENTO DIEZ CON SESENTA Y UNO Euros.)

CAPITULO V. ACABADOS

m3	Forrado de muro de hormigón, con piedra granítica, mampostería ordinaria a una cara vista, espesores hasta 55 cm., tomada con mortero M7.5 e incluyendo limpieza y medios auxiliares, descontado huecos superiores a 0.5 m ² en su medición.	218.76 € (DOSCIENTOS DIECIOCHO CON SETENTA Y SEIS Euros.)
-----------	---	--

CAPITULO VI. PROTECCIONES

m2	Reja metálica compuesta con redondos macizos de acero. Incluyendo anclajes. Estimando superficie realizada en su medición.	64.48 € (SESENTA Y CUATRO CON CUARENTA Y OCHO Euros.)
m	Cierre metálico de 1m. de altura compuesto por una malla a simple torsión de acero galvanizado plastificado, postes de tubo de diámetro 50 mm. y arranque poste de acero galvanizado, los postes tomados con mortero de cemento M-10. Estimando longitud realizada en su medición.	12.92 € (DOCE CON NOVENTA Y DOS Euros.)

CAPITULO VII. DRENAJE

m	Construcción de mechinales mediante tubos de PVC liso color gris de 110 mm. de diámetro, enmpotrados en muro, con pendiente hacia el exterior del muro de un 3 %. Con parte proporcional de piezas especiales de unión. Estimando longitud instalada en su medición.	10.90 € (DIEZ CON NOVENTA Euros.)
m	Construcción de mechinales mediante tubos de PVC liso color gris de 250 mm. de diámetro, enmpotrados en muro, con pendiente hacia el exterior del muro de un 3 %. Con parte proporcional de piezas especiales de unión. Estimando longitud instalada en su medición.	23.57 € (VEINTITRES CON CINCUENTA Y SIETE Euros.)

CAPITULO VIII. RESTAURACION AMBIENTAL

m2	Extensión, de la capa de tierra vegetal antes retirada, ejecutado manualmente. Estimando superficie total realizada en su medición.	4.94 € (CUATRO CON NOVENTA Y CUATRO Euros.)
-----------	---	--

Cuadro de Precios Nº 1

Ud.	Descripción	Importe en cifra / (importe en letra)
CAPITULO IX. GESTION DE RESIDUOS		
t	Tasa para el alquiler, transporte y gestión de un contenedor de 5 m3., para residuos inertes mezclados entre si, desde la obra hasta las instalaciones de un gestor autorizado por la comunidad autónoma para su tratamiento.	5.00 € (CINCO Euros.)
t	Tasa para el alquiler, transporte y gestión de un contenedor de 5 m3., para residuos mezclados con materiales no peligrosos (madera, plásticos...), desde la obra hasta las instalaciones de un gestor intermedio autorizado por la comunidad autónoma para su gestión.	26.67 € (VEINTISEIS CON SESENTA Y SIETE Euros.)
t	Tasa para el envío directo de residuos inertes mezclados entre sí exentos de materiales reciclables a un gestor final autorizado por la comunidad autónoma correspondiente, para su valorización. Sin incluir carga ni transporte. Según operación enumerada R5 de acuerdo con la orden MAM 304/2002 por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos.	18.96 € (DIECIOCHO CON NOVENTA Y SEIS Euros.)
CAPITULO X. SEGURIDAD Y SALUD		
me	Mes de caseta prefabricada de superficie de 15 m2 para oficina, que incluye un aseo con inodoro y lavabo. Fabricada en estructura de acero con cerramiento de chapa lacada en panel sándwich aislante. Paramentos interiores verticales y techo en chapa lacada y suelo de revestimiento vinílico sobre tablero. Incluye ventana corredera en aluminio lacado de 1,00x 1,75 con vidrio de cámara y puerta de 0,82 con cerradura de seguridad. Instalación de electricidad con línea de fuerza e iluminación y cuadro de corte y mando, e instalación de fontanería y desagües. Incluye transporte, instalación y retirada de obra sin incluir acometidas.	164.00 € (CIENTO SESENTA Y CUATRO Euros.)
me	Mes de caseta prefabricada superficie de 15 m2 para vestuario en obra. Fabricada en estructura de acero con cerramiento de chapa lacada en panel sándwich aislante. Paramentos interiores verticales y techo en chapa lacada y suelo de revestimiento vinílico sobre tablero. Incluye ventanas en aluminio lacado de 1,00x 1,00 con vidrio de cámara mateado y puerta de 0,82 con cerradura de seguridad. Dispone de instalación eléctrica. Incluye transporte, instalación y retirada de obra sin incluir acometidas.	94.26 € (NOVENTA Y CUATRO CON VEINTISEIS Euros.)
me	Mes de caseta prefabricada de una superficie 10- 15 m2, para el almacenamiento de herramientas y materiales de obra. Fabricada en estructura de acero con cerramiento de chapa lacada en panel sándwich aislante. Paramentos interiores verticales y techo en chapa lacada y suelo de revestimiento vinílico sobre tablero. Puerta de 0,82 m con cerradura de seguridad y ventana. Incluye transporte, instalación y retirada de obra sin incluir acometidas.	99.35 € (NOVENTA Y NUEVE CON TREINTA Y CINCO Euros.)
u	Extintor de polvo químico seco antibrasa de eficacia 21A-113-C, para fuegos de clase ABC, de 6 kg. de agente extintor, con anilla de seguridad obligatoria según normativa impidiendo su accionamiento involuntario, manómetro revisable y boquilla	26.52 € (VEINTISEIS CON CINCUENTA Y DOS Euros.)

Cuadro de Precios Nº 1

Ud.	Descripción	Importe en cifra / (importe en letra)
	difusora. Medido unidad instalada.	
u	Extintor de nieve carbónica CO2 para fuego de clase E, de eficacia 34B y de 5 kg. de agente extintor, con anilla de seguridad obligatoria según normativa impidiendo su accionamiento involuntario, manómetro revisable y boquilla difusora. Medido unidad instalada.	85.86 € (OCHENTA Y CINCO CON OCHENTA Y SEIS Euros.)
u	Casco de obra con marcado CE ajustable por sistema de rueda con 6 posiciones y acolchado interior, protege de impactos y del contacto eléctrico involuntario de una tensión máxima de 400 V.	5.04 € (CINCO CON CUATRO Euros.)
u	Pantalla con marcado CE para protección contra partículas de alta velocidad y baja energía, sujeta a la cabeza mediante arnés flexible.	1.99 € (UNO CON NOVENTA Y NUEVE Euros.)
u	Gafas incoloras panorámicas con marcado CE para protección contra impactos de partículas de alta velocidad y baja energía, ligeras y con patillas planas.	1.74 € (UNO CON SETENTA Y CUATRO Euros.)
u	Cascos para protección auditiva con marcado CE utilizado en ambiente sonoro de 95 dB., compuesto de arnés ancho almoadillado con dos puntos de anclaje para mejor fijación y cascos de orejera ajustables en sentido lateral y vertical con almohadillas de sellado.	5.11 € (CINCO CON ONCE Euros.)
u	Guantes de lona para protecciones varias con marcado CE.	1.03 € (UNO CON TRES Euros.)
u	Botas de seguridad con marcado CE, fabricadas en piel serraje con cordura trekking, puntera de acero, plantilla antiperforación de acero y suela antideslizante resistente a aceites e hidrocarburos.	6.31 € (SEIS CON TREINTA Y UNO Euros.)
u	Botas altas de agua de gran resistencia con marcado CE, lavables y con suela antideslizante. Estas botas no son de seguridad, no dispone ni de puntera ni plantilla antiperforación.	6.21 € (SEIS CON VEINTIUNO Euros.)
u	Rodilleras con marcado CE, ultraligeras de EVA con estructura de poliéster antirrotura, alta protección y absorción de golpes, con parte central antideslizante y doble cierre elástico regulable.	2.16 € (DOS CON DIECISEIS Euros.)
u	Chaleco reflectante con marcado CE para mayor visibilidad, con cierre de velcro.	2.92 € (DOS CON NOVENTA Y DOS Euros.)
u	Cinturón portaherramientas con marcado CE, fabricado en nylon cosidos de alta resistencia reforzados con remaches metálicos encapuchados, cinturón de nylon regulable, hebilla para su fijación y cinco bolsillos.	3.73 € (TRES CON SETENTA Y TRES Euros.)
u	Traje impermeable de poliéster con marcado CE, compuesto por chaqueta con capucha ajustable con dos bolsillos y pantalón con cintura ajustable.	4.70 € (CUATRO CON SETENTA Euros.)

Cuadro de Precios Nº 1

Ud.	Descripción	Importe en cifra / (importe en letra)
u	Mono de operario con marcado CE, 100% algodón, con cierre de cremallera, 4 bolsillos, ajuste elástico en la cintura/espalda y marga larga acabada en puño elástico.	9.06 € (NUEVE CON SEIS Euros.)
u	Mandil de cuero con marcado CE, en una sola pieza de 1.8 mm. de espesor, para protección frontal para trabajos de soldadura, ajustable en cintura y cuello mediante cintas regulables.	3.46 € (TRES CON CUARENTA Y SEIS Euros.)
u	Equipo de arnés anticaídas de seguridad con marcado CE, de amarre dorsal y torsal, compuesto por cinchas de nylon de 45 mm. de anchura y elementos metálicos de acero inoxidable, incluye dispositivo anticaídas de cierre y apertura de seguridad, cuerda de seguridad de 1 m. y mosquetones de amarre.	7.63 € (SIETE CON SESENTA Y TRES Euros.)
u	Señal triangular de advertencia de obra realizada en chapa metálica de 80 cm. de lado, con soporte tipo tubo rectangular de acero galvanizado de 2.15 m. de altura, cimentado al terreno con hormigón. Norma armonizada. Incluso colocación y retirada de obra. Medido unidad instalada.	11.13 € (ONCE CON TRECE Euros.)
u	Señal de stop octogonal metálica de 60 cm. de diámetro, con soporte tipo tubo rectangular de acero galvanizado de 2.15 m. de altura, cimentado al terreno con hormigón. Norma armonizada. Incluso colocación y retirada de obra. Medido unidad instalada.	11.89 € (ONCE CON OCHENTA Y NUEVE Euros.)
u	Panel para señalizaciones varias de obligación, prohibición y advertencia, impresos sobre planchas de PVC de 1 x 0.7 m. y 0,8 mm. de espesor. Incluso colocación y retirada de obra. Medido unidad instalada.	0.76 € (CERO CON SETENTA Y SEIS Euros.)
u	Botiquín de obra para asistencia de primeros auxilios, con los contenidos mínimos requeridos por la normativa vigente. Incluso instalación y desinstalación en obra.	64.90 € (SESENTA Y CUATRO CON NOVENTA Euros.)

CAPITULO XI. CONTROL DE CALIDAD

u	Ensayo para comprobar la calidad del hormigón destinado a uso estructural obteniendo; consistencia en estado fresco mediante cono de Abrams, fabricación de 4 probetas cilíndricas, posterior conservación para curado en cámara húmeda durante un período de 28 días, refrentado y rotura a compresión.	112.31 € (CIENTO DOCE CON TREINTA Y UNO Euros.)
---	--	--

CAPITULO I. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.

m2	Limpieza y desbroce del terreno, ejecutado mecánicamente. Estimando superficie total realizada en su medición.			
Maquinaria y medios aux.				
	Pala cargadora	0.01 h	36.17 €	0.36 €
Mano de obra				
	Peón	0.01 h	11.69 €	0.12 €
Resto de obra y materiales				
			Total:	0.48 €
m2	Retirada y acopio, para su posterior uso, de la capa de tierra vegetal, ejecutado mecánicamente. Estimando superficie total realizada en su medición.			
Maquinaria y medios aux.				
	Pala cargadora	0.01 h	36.17 €	0.36 €
Mano de obra				
	Peón	0.01 h	11.69 €	0.12 €
Resto de obra y materiales				
			Total:	0.48 €
m2	Limpieza y desbroce del terreno, ejecutado mecánicamente, con serrado y retirada de árboles y arbustos, extracción de raíces. Estimando superficie total realizada en su medición.			
Maquinaria y medios aux.				
	Motosierra	0.20 h	2.58 €	0.52 €
	Retro-cargadora	0.01 h	35.65 €	0.36 €
Mano de obra				
	Peón	0.20 h	11.69 €	2.34 €
Resto de obra y materiales				
	Costes indirectos		3 %	0.09 €
			Total:	3.31 €
m3	Excavación de terrenos compactos en zanjas, ejecutada mecánicamente. Incluyendo replanteo, medios seguridad y salud, y perfilado paredes y fondos. Sin incluir carga ni transporte. Estimando volumen teórico sin esponjamiento en su medición.			
Maquinaria y medios aux.				
	Retro-excavadora	0.23 h	35.65 €	8.20 €
Mano de obra				
	Peón	0.13 h	11.69 €	1.52 €
Resto de obra y materiales				
	Costes indirectos		3 %	0.30 €
			Total:	10.02 €
m3	Excavación de roca dura en zanjas, ejecutada mecánicamente con martillo rompedor. Incluyendo replanteo, medios de seguridad y salud, y perfilado de paredes y fondos. Sin incluir carga ni transporte. Estimando volumen teórico sin esponjamiento en su medición.			
Maquinaria y medios aux.				
	Retro-cargadora	0.27 h	35.65 €	9.63 €
	Retro-excavadora martillo rompedor.	0.70 h	38.12 €	26.68 €
Mano de obra				

Cuadro de Precios Nº 2

Peón	0.95 <i>h</i>	11.69 €	11.11 €
Resto de obra y materiales			
Costes indirectos		3 %	1.41 €
Total:			48.83 €

CAPITULO II. CIMENTACIÓN

m3 Hormigón armado fabricado de central de resistencia 35 N/mm²., cualquier tipo de consistencia, con tamaño de árido hasta 40 mm. y para ambientes no agresivos y normales en zapatas, zanjas y vigas riostras. Incluyendo armado de acero corrugado B-500-S, vertido manual y vibrado. Estimando volumen teórico en su medición.

Resto de obra y materiales

BARRAS ACERO CORRUGADO B-500-S	40.00 <i>kg</i>	1.31 €	52.40 €
Costes indirectos		3 %	4.41 €
HORM. HA-35 TM. 40 mm. NORMAL V.	1.00 <i>m3</i>	94.70 €	94.70 €
Total:			151.51 €

m3 Hormigón de limpieza fabricado en central con dosificación mínima de cemento de 150 kg/m³., cualquier tipo de consistencia, con tamaño de árido hasta 20 mm. y para ambientes no agresivos o normales en zapatas, zanjas y vigas riostras. Incluyendo vertido manual. Estimando planta teórica por profundidad real en su medición.

Materiales

Hormigón limpieza de central HL-150/P/20	1.10 <i>m3</i>	60.50 €	66.55 €
--	----------------	---------	---------

Mano de obra

Peón	0.60 <i>h</i>	11.69 €	7.01 €
------	---------------	---------	--------

Resto de obra y materiales

Costes indirectos		3 %	2.22 €
Total:			75.78 €

m3 Agotamiento de aguas en zanjas, pozos y vaciados de terrenos excavados, mediante bomba sumergible para un caudal máximo de 10 m³/h. Estimando volumen realizado.

Maquinaria y medios aux.

Bomba de agua 10 m ³ /h.	0.10 <i>h</i>	43.01 €	4.30 €
-------------------------------------	---------------	---------	--------

Resto de obra y materiales

Costes indirectos		3 %	0.12 €
Total:			4.42 €

CAPITULO III. MUROS

m3 Hormigón armado fabricado de central de resistencia 35 N/mm²., cualquier tipo de consistencia, con tamaño de árido hasta 20 mm. y para ambientes no agresivos y normales en muros de cimentación. Incluyendo armado de acero corrugado B-500-S, encofrado y desencofrado metálico a 2 caras vistas, vertido con camión-bomba y vibrado. Estimando volumen teórico en su medición.

Resto de obra y materiales

Costes indirectos		3 %	9.96 €
ENCOFRADO VISTO 2 CARAS MURO	4.00 <i>m2</i>	36.90 €	147.60 €
H. ARM. HA-35 TM. 20mm. NORMAL V.BOMB	1.06 <i>m3</i>	173.58 €	183.99 €
Total:			341.55 €

Cuadro de Precios Nº 2

m3 Hormigón armado fabricado de central de resistencia 35 N/mm²., cualquier tipo de consistencia, con tamaño de árido hasta 20 mm. y para ambientes no agresivos y normales en muros de cimentación. Incluyendo armado de acero corrugado B-500-S, encofrado y desencofrado metálico a 1 cara vista, vertido con camión-bomba y vibrado. Estimando volumen teórico en su medición.

Resto de obra y materiales

Costes indirectos		3 %	7.77 €
ENCOFRADO VISTO 1 CARA MURO	4.00 m ²	18.85 €	75.40 €
H. ARM. HA-35 TM. 20mm. NORMAL V.BOMB	1.06 m ³	173.58 €	183.99 €
Total:			267.16 €

CAPITULO IV. SOLERAS.

m3 Encachado de grava de entre 30 y 80 mm. de diámetro. Incluso extendido superficial y compactado mediante apisonadora manual. Estimando volumen teórico en su medición.

Materiales

Grava	1.00 m ³	13.95 €	13.95 €
-------	---------------------	---------	---------

Maquinaria y medios aux.

Aplonadora mano.	0.30 h	2.01 €	0.60 €
------------------	--------	--------	--------

Mano de obra

Peón	1.10 h	11.69 €	12.86 €
------	--------	---------	---------

Resto de obra y materiales

Costes indirectos		3 %	0.81 €
Total:			28.22 €

m3 Hormigón en masa fabricado de central de resistencia 25 N/mm²., cualquier tipo de consistencia, con tamaño de árido hasta 20 mm. y para ambientes no agresivos y normales en soleras. Incluyendo vertido con camión-bomba y vibrado. Estimando volumen teórico en su medición.

Materiales

Hormigón de central HM-25/P/20/l	1.10 m ³	66.68 €	73.35 €
----------------------------------	---------------------	---------	---------

Maquinaria y medios aux.

Vibrador eléctrico p/hormigón	0.50 h	1.89 €	0.95 €
-------------------------------	--------	--------	--------

Mano de obra

Peón	0.50 h	11.69 €	5.85 €
Oficial 1ª	0.50 h	14.26 €	7.13 €

Resto de obra y materiales

Costes indirectos		3 %	3.21 €
Bombeado hormigón	1.00 m ³	10.70 €	10.70 €
Desplazamiento camión-bomba	0.10 h	94.20 €	9.42 €
Total:			110.61 €

CAPITULO V. ACABADOS

m3 Forrado de muro de hormigón, con piedra granítica, mampostería ordinaria a una cara vista, espesores hasta 55 cm., tomada con mortero M7.5 e incluyendo limpieza y medios auxiliares, descontado huecos superiores a 0.5 m² en su medición.

Materiales

P. granito mamp. ordinaria	1.27 m ³	59.66 €	75.77 €
----------------------------	---------------------	---------	---------

Mano de obra

Cuadro de Precios Nº 2

Peón especializado albañilería	3.50 <i>h</i>	13.51 €	47.29 €
Oficial 1º albañilería	3.50 <i>h</i>	17.47 €	61.15 €
Resto de obra y materiales			
Costes indirectos		3 %	6.36 €
Medios auxiliares		3 %	6.18 €
Mortero cemento 7.5	0.33 <i>m3</i>	66.71 €	22.01 €
			Total: 218.76 €

CAPITULO VI. PROTECCIONES

m2 Reja metálica compuesta con redondos macizos de acero. Incluyendo anclajes. Estimando superficie realizada en su medición.

Materiales

Reja redondo acero macizo i/anclajes	1.00 <i>m2</i>	59.48 €	59.48 €
--------------------------------------	----------------	---------	---------

Mano de obra

Ayudante carpintería	0.10 <i>h</i>	13.86 €	1.39 €
Oficial 1ª carpintería	0.10 <i>h</i>	17.23 €	1.72 €

Resto de obra y materiales

Costes indirectos		3 %	1.89 €
-------------------	--	-----	--------

Total: 64.48 €

m Cierre metálico de 1m. de altura compuesto por una malla a simple torsión de acero galvanizado plastificado, postes de tubo de diámetro 50 mm. y arranque poste de acero galvanizado, los postes tomados con mortero de cemento M-10. Estimando longitud realizada en su medición.

Materiales

Malla ac. galvanizado plast. simple torsión 1	1.00 <i>m2</i>	2.75 €	2.75 €
Poste 1m. ac. galvanizado diámetro 50 mm.	0.30 <i>u</i>	3.47 €	1.04 €
Arranque ac. galvanizado 1 m.	0.08 <i>u</i>	4.79 €	0.38 €

Mano de obra

Ayudante carpintería	0.25 <i>h</i>	13.86 €	3.47 €
Oficial 1ª carpintería	0.25 <i>h</i>	17.23 €	4.31 €

Resto de obra y materiales

Costes indirectos		3 %	0.24 €
Mortero cemento 10.	0.01 <i>m3</i>	73.42 €	0.73 €

Total: 12.92 €

CAPITULO VII. DRENAJE

m Construcción de mechinales mediante tubos de PVC liso color gris de 110 mm. de diámetro, empotrados en muro, con pendiente hacia el exterior del muro de un 3 %. Con parte proporcional de piezas especiales de unión. Estimando longitud instalada en su medición.

Materiales

Tub. PVC liso, color gris diám. 110 mm.	1.05 <i>m</i>	3.09 €	3.24 €
Gravillín	0.11 <i>m3</i>	9.04 €	0.99 €
Arena fina 6 mm.	0.06 <i>m3</i>	17.55 €	1.05 €

Mano de obra

Peón	0.20 <i>h</i>	11.69 €	2.34 €
Oficial 1ª	0.20 <i>h</i>	14.26 €	2.85 €

Resto de obra y materiales

Cuadro de Precios Nº 2

Otros pequeños materiales	1 %	0.10 €
Costes indirectos	3 %	0.33 €
		Total: 10.90 €

- m** Construcción de mechinales mediante tubos de PVC liso color gris de 250 mm. de diámetro, empotrados en muro, con pendiente hacia el exterior del muro de un 3 %. Con parte proporcional de piezas especiales de unión. Estimando longitud instalada en su medición.

Materiales

Gravillín	0.20 m ³	9.04 €	1.81 €
Tub. PVC liso, color gris diám. 250 mm.	1.05 m	12.24 €	12.85 €
Arena fina 6 mm.	0.10 m ³	17.55 €	1.76 €

Mano de obra

Peón	0.24 h	11.69 €	2.81 €
Oficial 1ª	0.24 h	14.26 €	3.42 €

Resto de obra y materiales

Otros pequeños materiales	1 %	0.23 €
Costes indirectos	3 %	0.69 €
		Total: 23.57 €

CAPITULO VIII. RESTAURACION AMBIENTAL

- m2** Extensión, de la capa de tierra vegetal antes retirada, ejecutado manualmente. Estimando superficie total realizada en su medición.

Mano de obra

Peón	0.41 h	11.69 €	4.79 €
------	--------	---------	--------

Resto de obra y materiales

Costes indirectos	3 %	0.15 €
		Total: 4.94 €

CAPITULO IX. GESTION DE RESIDUOS

- t** Tasa para el alquiler, transporte y gestión de un contenedor de 5 m³., para residuos inertes mezclados entre si, desde la obra hasta las instalaciones de un gestor autorizado por la comunidad autónoma para su tratamiento.

Resto de obra y materiales

Costes indirectos	3 %	0.15 €	
Tasa gestión residuos mezcl. entre si conten.	1.00 t	4.85 €	4.85 €
		Total: 5.00 €	

- t** Tasa para el alquiler, transporte y gestión de un contenedor de 5 m³., para residuos mezclados con materiales no peligrosos (madera, plásticos...), desde la obra hasta las instalaciones de un gestor intermedio autorizado por la comunidad autónoma para su gestión.

Resto de obra y materiales

Costes indirectos	3 %	0.78 €	
Tasa gestión residuos mezcl. c/mater.	1.00 t	25.89 €	25.89 €
		Total: 26.67 €	

- t** Tasa para el envío directo de residuos inertes mezclados entre sí exentos de materiales reciclables a un gestor final autorizado por la comunidad autónoma correspondiente, para su valorización. Sin incluir carga ni transporte. Según operación enumerada R5 de acuerdo con la orden MAM 304/2002 por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos.

Cuadro de Precios Nº 2

Resto de obra y materiales

Costes indirectos		3 %	0.54 €
Tasa residuos mezclados para su	1.00 t	18.42 €	18.42 €
			Total: 18.96 €

CAPITULO X. SEGURIDAD Y SALUD

mes Mes de caseta prefabricada de superficie de 15 m2 para oficina, que incluye un aseo con inodoro y lavabo. Fabricada en estructura de acero con cerramiento de chapa lacada en panel sándwich aislante. Paramentos interiores verticales y techo en chapa lacada y suelo de revestimiento vinílico sobre tablero. Incluye ventana corredera en aluminio lacado de 1,00x 1,75 con vidrio de cámara y puerta de 0,82 con cerradura de seguridad. Instalación de electricidad con línea de fuerza e iluminación y cuadro de corte y mando, e instalación de fontanería y desagües. Incluye transporte, instalación y retirada de obra sin incluir acometidas.

Resto de obra y materiales

Costes indirectos		3 %	4.77 €
Oficina+ aseo 15 m2. i/transp.	1.00 mes	159.23 €	159.23 €
			Total: 164.00 €

mes Mes de caseta prefabricada superficie de 15 m2 para vestuario en obra. Fabricada en estructura de acero con cerramiento de chapa lacada en panel sándwich aislante. Paramentos interiores verticales y techo en chapa lacada y suelo de revestimiento vinílico sobre tablero. Incluye ventanas en aluminio lacado de 1,00x 1,00 con vidrio de cámara mateado y puerta de 0,82 con cerradura de seguridad. Dispone de instalación eléctrica. Incluye transporte, instalación y retirada de obra sin incluir acometidas.

Resto de obra y materiales

Costes indirectos		3 %	2.76 €
Vestuario 15 m2.	1.00 mes	91.50 €	91.50 €
			Total: 94.26 €

mes Mes de caseta prefabricada de una superficie 10- 15 m2, para el almacenamiento de herramientas y materiales de obra. Fabricada en estructura de acero con cerramiento de chapa lacada en panel sándwich aislante. Paramentos interiores verticales y techo en chapa lacada y suelo de revestimiento vinílico sobre tablero. Puerta de 0,82 m con cerradura de seguridad y ventana. Incluye transporte, instalación y retirada de obra sin incluir acometidas.

Resto de obra y materiales

Costes indirectos		3 %	2.88 €
Almacén 10- 15 m2. i/transp.	1.00 mes	96.47 €	96.47 €
			Total: 99.35 €

u Extintor de polvo químico seco antibrasa de eficacia 21A-113-C, para fuegos de clase ABC, de 6 kg. de agente extintor, con anilla de seguridad obligatoria según normativa impidiendo su accionamiento involuntario, manómetro revisable y boquilla difusora. Medido unidad instalada.

Materiales

Extintor polvo quím. ABC 6 kg. eficac. 21A-	1.00 u	24.57 €	24.57 €
---	--------	---------	---------

Mano de obra

Peón	0.10 h	11.69 €	1.17 €
------	--------	---------	--------

Resto de obra y materiales

Costes indirectos		3 %	0.78 €
-------------------	--	-----	--------

Cuadro de Precios Nº 2

		Total:	26.52 €
u	Extintor de nieve carbónica CO2 para fuego de clase E, de eficacia 34B y de 5 kg. de agente extintor, con anilla de seguridad obligatoria según normativa impidiendo su accionamiento involuntario, manómetro revisable y boquilla difusora. Medido unidad instalada.		
Materiales			
	Extintor CO2 5 kg. eficacia 34B	1.00 <i>u</i>	82.20 €
			82.20 €
Mano de obra			
	Peón	0.10 <i>h</i>	11.69 €
			1.17 €
Resto de obra y materiales			
	Costes indirectos	3 %	2.49 €
			Total: 85.86 €
u	Casco de obra con marcado CE ajustable por sistema de rueda con 6 posiciones y acolchado interior, protege de impactos y del contacto eléctrico involuntario de una tensión máxima de 400 V.		
Materiales			
	Casco de obra ajustable c/rueda	1.00 <i>u</i>	4.89 €
			4.89 €
Resto de obra y materiales			
	Costes indirectos	3 %	0.15 €
			Total: 5.04 €
u	Pantalla con marcado CE para protección contra partículas de alta velocidad y baja energía, sujeta a la cabeza mediante arnés flexible.		
Materiales			
	Pantalla fija protec. partículas	0.20 <i>u</i>	9.64 €
			1.93 €
Resto de obra y materiales			
	Costes indirectos	3 %	0.06 €
			Total: 1.99 €
u	Gafas incoloras panorámicas con marcado CE para protección contra impactos de partículas de alta velocidad y baja energía, ligeras y con patillas planas.		
Materiales			
	Gafas protec. contra impactos	0.30 <i>u</i>	5.61 €
			1.68 €
Resto de obra y materiales			
	Costes indirectos	3 %	0.06 €
			Total: 1.74 €
u	Cascos para protección auditiva con marcado CE utilizado en ambiente sonoro de 95 dB., compuesto de arnés ancho almoadillado con dos puntos de anclaje para mejor fijación y cascos de orejera ajustables en sentido lateral y vertical con almohadillas de sellado.		
Materiales			
	Cascos protec. auditiva	0.33 <i>u</i>	15.03 €
			4.96 €
Resto de obra y materiales			
	Costes indirectos	3 %	0.15 €
			Total: 5.11 €

Cuadro de Precios Nº 2

u Guantes de lona para protecciones varias con marcado CE.

Materiales

Guantes de lona protec. varias	1.00 <i>u</i>	1.00 €	1.00 €
--------------------------------	---------------	--------	--------

Resto de obra y materiales

Costes indirectos		3 %	0.03 €
-------------------	--	-----	--------

		Total:	1.03 €
--	--	--------	--------

u Botas de seguridad con marcado CE, fabricadas en piel serraje con cordura trekking, puntera de acero, plantilla antiperforación de acero y suela antideslizante resistente a aceites e hidrocarburos.

Materiales

Botas de seguridad c/puntera de acero	0.33 <i>u</i>	18.58 €	6.13 €
---------------------------------------	---------------	---------	--------

Resto de obra y materiales

Costes indirectos		3 %	0.18 €
-------------------	--	-----	--------

		Total:	6.31 €
--	--	--------	--------

u Botas altas de agua de gran resistencia con marcado CE, lavables y con suela antideslizante. Estas botas no son de seguridad, no dispone ni de puntera ni plantilla antiperforación.

Materiales

Botas altas de agua	1.00 <i>u</i>	6.03 €	6.03 €
---------------------	---------------	--------	--------

Resto de obra y materiales

Costes indirectos		3 %	0.18 €
-------------------	--	-----	--------

		Total:	6.21 €
--	--	--------	--------

u Rodilleras con marcado CE, ultraligeras de EVA con estructura de poliéster antirrotura, alta protección y absorción de golpes, con parte central antideslizante y doble cierre elástico regulable.

Materiales

Rodilleras de seguridad de poliéster	0.33 <i>u</i>	6.36 €	2.10 €
--------------------------------------	---------------	--------	--------

Resto de obra y materiales

Costes indirectos		3 %	0.06 €
-------------------	--	-----	--------

		Total:	2.16 €
--	--	--------	--------

u Chaleco reflectante con marcado CE para mayor visibilidad, con cierre de velcro.

Materiales

Chaleco reflectante	0.33 <i>u</i>	8.59 €	2.83 €
---------------------	---------------	--------	--------

Resto de obra y materiales

Costes indirectos		3 %	0.09 €
-------------------	--	-----	--------

		Total:	2.92 €
--	--	--------	--------

u Cinturón portaherramientas con marcado CE, fabricado en nylon cosidos de alta resistencia reforzados con remaches metálicos encapuchados, cinturón de nylon regulable, hebilla para su fijación y cinco bolsillos.

Materiales

Cinturón portaherramientas 10 bolsillos	0.25 <i>u</i>	14.45 €	3.61 €
---	---------------	---------	--------

Resto de obra y materiales

Costes indirectos		3 %	0.12 €
-------------------	--	-----	--------

Cuadro de Precios Nº 2

		Total:	3.73 €
u	Traje impermeable de poliester con marcado CE, compuesto por chaqueta con capucha ajustable con dos bolsillos y pantalón con cintura ajustable.		
Materiales			
	Traje impermeable de poliester	1.00 <i>u</i>	4.55 €
Resto de obra y materiales			
	Costes indirectos		3 %
			0.15 €
			Total: 4.70 €
u	Mono de operario con marcado CE, 100% algodón, con cierre de cremallera, 4 bolsillos, ajuste elástico en la cintura/espalda y marga larga acabada en puño elástico.		
Materiales			
	Mono de operario 100% algodón	1.00 <i>u</i>	8.79 €
Resto de obra y materiales			
	Costes indirectos		3 %
			0.27 €
			Total: 9.06 €
u	Mandil de cuero con marcado CE, en una sola pieza de 1.8 mm. de espesor, para protección frontal para trabajos de soldadura, ajustable en cintura y cuello mediante cintas regulables.		
Materiales			
	Mandil de cuero protección soldadura	0.33 <i>u</i>	10.20 €
Resto de obra y materiales			
	Costes indirectos		3 %
			0.09 €
			Total: 3.46 €
u	Equipo de arnés anticaídas de seguridad con marcado CE, de amarre dorsal y torsal, compuesto por cinchas de nylon de 45 mm. de anchura y elementos metálicos de acero inoxidable, incluye dispositivo anticaídas de cierre y apertura de seguridad, cuerda de seguridad de 1 m. y mosquetones de amarre.		
Materiales			
	Equipo antic. arnés dorsal y torsal	0.20 <i>u</i>	37.10 €
Resto de obra y materiales			
	Costes indirectos		3 %
			0.21 €
			Total: 7.63 €
u	Señal triangular de advertencia de obra realizada en chapa metálica de 80 cm. de lado, con soporte tipo tubo rectangular de acero galvanizado de 2.15 m. de altura, cimentado al terreno con hormigón. Norma armonizada. Incluso colocación y retirada de obra. Medido unidad instalada.		
Materiales			
	Señal de advertencia de obra triangular	0.20 <i>u</i>	26.18 €
	Hormigón para postes	0.05 <i>m3</i>	52.87 €
Mano de obra			
	Peón	0.25 <i>h</i>	11.69 €
Resto de obra y materiales			
	Costes indirectos		3 %
			0.33 €

Cuadro de Precios Nº 2

		Total:	11.13 €
u	Señal de stop octogonal metálica de 60 cm. de diámetro, con soporte tipo tubo rectangular de acero galvanizado de 2.15 m. de altura, cimentado al terreno con hormigón. Norma armonizada. Incluso colocación y retirada de obra. Medido unidad instalada.		
Materiales			
	Señal de stop octogonal c/soporte	0.20 <i>u</i>	29.87 €
	Hormigón para postes	0.05 <i>m3</i>	52.87 €
Mano de obra			
	Peón	0.25 <i>h</i>	11.69 €
Resto de obra y materiales			
	Costes indirectos	3 %	0.36 €
		Total:	11.89 €
u	Panel para señalizaciones varias de obligación, prohibición y advertencia, impresos sobre planchas de PVC de 1 x 0.7 m. y 0,8 mm. de espesor. Incluso colocación y retirada de obra. Medido unidad instalada.		
Materiales			
	Panel señalizaciones varias de PVC 1 x 0.7	0.20 <i>u</i>	2.51 €
Mano de obra			
	Peón	0.02 <i>h</i>	11.69 €
Resto de obra y materiales			
	Costes indirectos	3 %	0.03 €
		Total:	0.76 €
u	Botiquín de obra para asistencia de primeros auxilios, con los contenidos mínimos requeridos por la normativa vigente. Incluso instalación y desinstalación en obra.		
Materiales			
	Botiquín de primeros auxilios	1.00 <i>u</i>	61.84 €
Mano de obra			
	Peón	0.10 <i>h</i>	11.69 €
Resto de obra y materiales			
	Costes indirectos	3 %	1.89 €
		Total:	64.90 €

CAPITULO XI. CONTROL DE CALIDAD

u	Ensayo para comprobar la calidad del hormigón destinado a uso estructural obteniendo; consistencia en estado fresco mediante cono de Abrams, fabricación de 4 probetas cilíndricas, posterior conservación para curado en cámara húmeda durante un período de 28 días, refrentado y rotura a compresión.		
Resto de obra y materiales			
	Costes indirectos	3 %	3.27 €
	Consistencia horm. fresco cono de Abrams	4.00 <i>u</i>	4.55 €
	Ensayo resistencia compresión 1 probeta	4.00 <i>u</i>	22.71 €
		Total:	112.31 €

	Uds	Largo	Ancho	Alto	Parciales	Totales	Precio	Importe
CAPITULO I. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.								9,988.12 €

m2 DESBROCE y LIMPIEZA TERRENO C/MÁQUINA

Limpieza y desbroce del terreno, ejecutado mecánicamente. Estimando superficie total realizada en su medición.

Entorno dique nº1 aguas arriba	1.00	50.00	50.00		2,500.00			
Entorno dique nº1 aguas abajo	1.00	50.00	20.00		1,000.00			
Entorno dique nº2 aguas arriba y aguas abajo	2.00	50.00	15.00		1,500.00			
					5,000.00		0.48 €	2,400.00 €

m2 RETIRADA CAPA VEGETAL C/MÁQUINA

Retirada y acopio, para su posterior uso, de la capa de tierra vegetal, ejecutado mecánicamente. Estimando superficie total realizada en su medición.

	1.00	50.00	4.00		200.00			
	1.00	15.00	10.00		150.00			
	1.00	25.00	2.00		50.00			
	1.00	15.00	10.00		150.00			
					550.00		0.48 €	264.00 €

m2 LIMPIEZA, TALA y RETIRADA ÁRBOLES

Limpieza y desbroce del terreno, ejecutado mecánicamente, con serrado y retirada de árboles y arbustos, extracción de raíces. Estimando superficie total realizada en su medición.

	2.00	5.00	5.00		50.00			
					50.00		3.31 €	165.50 €

m3 EXCAVACIÓN ZANJAS T. COMPACTO C/MÁQUINA

Excavación de terrenos compactos en zanjas, ejecutada mecánicamente. Incluyendo replanteo, medios seguridad y salud, y perfilado paredes y fondos. Sin incluir carga ni transporte. Estimando volumen teórico sin esponjamiento en su medición.

Dique Nº 1: Muro y Alas	1.00	44.00	5.50	1.70	411.40			
Dique Nº 1: Cuenco	1.00	10.50	8.00	0.70	58.80			
Dique Nº 1: Muros cajeros	2.00	13.50	1.00	1.70	45.90			
Dique Nº 2: Muro y Alas	1.00	23.00	4.00	1.20	110.40			
Dique Nº 2: Cuenco	1.00	10.00	7.50	0.70	52.50			
Dique Nº 2: Muros Cajeros	2.00	12.50	1.00	0.70	17.50			
					696.50		10.02 €	6,978.93 €

m3 EXCAV. ZANJAS R. DURA C/MÁQUINA + MART.

Excavación de roca dura en zanjas, ejecutada mecánicamente con martillo rompedor. Incluyendo replanteo, medios de seguridad y salud, y perfilado de paredes y fondos. Sin incluir carga ni transporte. Estimando volumen teórico sin esponjamiento en su medición.

Dique Nº 2: Ala izquierda.	1.00	3.50	1.50	0.70	3.68			
					3.68		48.83 €	179.69 €

	Uds	Largo	Ancho	Alto	Parciales	Totales	Precio	Importe
CAPITULO II. CIMENTACIÓN								97,714.15 €

m3 H. ARM. HA-35 TM. 40mm. NORMAL V.MAN. ZAPATA

Hormigón armado fabricado de central de resistencia 35 N/mm²., cualquier tipo de consistencia, con tamaño de árido hasta 40 mm. y para ambientes no agresivos y normales en zapatas, zanjas y vigas riostras. Incluyendo armado de acero corrugado B-500-S, vertido manual y vibrado. Estimando volumen teórico en su medición.

Dique Nº 1: Muro y Alas	1.00	44.00	5.50	1.50	363.00			
Dique Nº 1: Cuenco	1.00	10.50	8.00	0.50	42.00			
Dique Nº 1: Muros cajeros	2.00	13.50	1.00	1.50	40.50			
Dique Nº 2: Muro y Alas	1.00	23.00	4.00	1.00	92.00			
Dique Nº 2: Cuenco	1.00	10.00	7.50	0.50	37.50			
Dique Nº 2: Muros Cajeros	2.00	12.50	1.00	0.50	12.50			
						587.50	151.51 €	89,012.13 €

m3 H. LIMPEZA HL-150 TM. 20 mm. NORMAL V. MANUAL

Hormigón de limpieza fabricado en central con dosificación mínima de cemento de 150 kg/m³., cualquier tipo de consistencia, con tamaño de árido hasta 20 mm. y para ambientes no agresivos o normales en zapatas, zanjas y vigas riostras. Incluyendo vertido manual. Estimando planta teórica por profundidad real en su medición.

Dique Nº 1: Muro y Alas	1.00	44.00	5.50	0.20	48.40			
Dique Nº 1: Cuenco	1.00	10.50	8.00	0.20	16.80			
Dique Nº 1: Muros cajeros	2.00	13.50	1.00	0.20	5.40			
Dique Nº 2: Muro y Alas	1.00	23.00	4.00	0.20	18.40			
Dique Nº 2: Cuenco	1.00	10.00	7.50	0.20	15.00			
Dique Nº 2: Muros Cajeros	2.00	12.50	1.00	0.20	5.00			
						109.00	75.78 €	8,260.02 €

m3 AGOTAMIENTO AGUAS BOMBA 10 m3/h.

Agotamiento de aguas en zanjas, pozos y vaciados de terrenos excavados, mediante bomba sumergible para un caudal máximo de 10 m³/h. Estimando volumen realizado.

	2.00	10.00	10.00	0.50	100.00			
						100.00	4.42 €	442.00 €

	Uds	Largo	Ancho	Alto	Parciales	Totales	Precio	Importe
CAPITULO III. MUROS								200,637.84 €

m3 H.ARM. HA-35 TM20mm NORM V.B MURO B500S

Hormigón armado fabricado de central de resistencia 35 N/mm²., cualquier tipo de consistencia, con tamaño de árido hasta 20 mm. y para ambientes no agresivos y normales en muros de cimentación. Incluyendo armado de acero corrugado B-500-S, encofrado y desencofrado metálico a 2 caras vistas, vertido con camión-bomba y vibrado. Estimando volumen teórico en su medición.

Dique Nº 1: Muro	1.00	8.00	2.35	5.00	94.00			
Dique Nº 2: Muro	1.00	7.50	2.00	3.50	52.50			
						146.50	341.55 €	50,037.08 €

m3 H.ARM. HA-35 TM20mm NORM V.B MURO B500S

Hormigón armado fabricado de central de resistencia 35 N/mm²., cualquier tipo de consistencia, con tamaño de árido hasta 20 mm. y para ambientes no agresivos y normales en muros de cimentación. Incluyendo armado de acero corrugado B-500-S, encofrado y desencofrado metálico a 1 cara vista, vertido con camión-bomba y vibrado. Estimando volumen teórico en su medición.

Dique Nº 1: Ala Izquierda	1.00	17.45	1.50	3.50	91.61			
	1.00	16.45	2.80	2.00	92.12			
Dique Nº 1: Ala Derecha	1.00	18.22	1.50	3.50	95.65			
	1.00	17.22	2.85	2.00	98.15			
Dique Nº 1: Muros cajeros	2.00	13.20	1.00	2.50	66.00			
Dique Nº 2: Ala Izquierda	1.00	3.41	1.00	2.60	8.87			
	1.00	2.41	0.65	1.40	2.19			
Dique Nº 2: Ala Derecha	1.00	11.84	1.00	2.60	30.78			
	1.00	10.84	2.00	0.80	17.34			
Dique Nº 2: Muros cajeros	2.00	12.20	1.00	2.50	61.00			
						563.71	267.16 €	150,600.76 €

	Uds	Largo	Ancho	Alto	Parciales	Totales	Precio	Importe
CAPITULO IV. SOLERAS.								5,635.11 €

m3 ENCACHADO GRAVA COMPACTADO

Encachado de grava de entre 30 y 80 mm. de diámetro. Incluso extendido superficial y compactado mediante apisonadora manual. Estimando volumen teórico en su medición.

Cuenca 1	1.00	11.20	8.00	0.25	22.40			
Cuenca 2	1.00	9.70	7.50	0.25	18.19			
						40.59	28.22 €	1,145.45 €

m3 HORM. HM-25 TM. 20 mm. NORMAL V. BOMBA SOLERA

Hormigón en masa fabricado de central de resistencia 25 N/mm²., cualquier tipo de consistencia, con tamaño de árido hasta 20 mm. y para ambientes no agresivos y normales en soleras. Incluyendo vertido con camión-bomba y vibrado. Estimando volumen teórico en su medición.

Cuenca 1	1.00	11.20	8.00	0.25	22.40			
Cuenca 2	1.00	9.70	7.50	0.25	18.19			
						40.59	110.61 €	4,489.66 €

	Uds	Largo	Ancho	Alto	Parciales	Totales	Precio	Importe
CAPITULO V. ACABADOS								69,366.61 €

m3 MAMP. ORDINARIA CV. P. GRANITO

Forrado de muro de hormigón, con piedra granítica, mampostería ordinaria a una cara vista, espesores hasta 55 cm., tomada con mortero M7.5 e incluyendo limpieza y medios auxiliares, descontado huecos superiores a 0.5 m2 en su medición.

Dique Nº 1: Muro	1.00	8.00		5.00	40.00			
Dique Nº 1: Ala Izquierda	1.00	17.45		3.35	58.46			
Dique Nº 1: Ala Derecha	1.00	18.22		3.35	61.04			
Dique Nº 1: Muros cajeros	2.00	13.20		2.00	52.80			
Dique Nº 2: Muro	1.00	7.50		3.50	26.25			
Dique Nº 2: Ala Izquierda	1.00	3.41		1.95	6.65			
Dique Nº 2: Ala Derecha	1.00	11.84		1.95	23.09			
Dique Nº 2: Muros cajeros	2.00	12.20		2.00	48.80			
						317.09	218.76 €	69,366.61 €

	Uds	Largo	Ancho	Alto	Parciales	Totales	Precio	Importe
CAPITULO VI. PROTECCIONES								683.97 €
<hr/>								
m2 REJA ACERO MACIZO								
Reja metálica compuesta con redondos macizos de acero. Incluyendo anclajes. Estimando superficie realizada en su medición.								
Reja dique 1	2.00	1.20		1.50	3.60			
Reja dique 2	2.00	1.00		1.50	3.00			
						6.60	64.48 €	425.57 €
<hr/>								
m MALLA AC. PLASTIFICADO 1 m. P/CIERRE EXTERIOR								
Cierre metálico de 1m. de altura compuesto por una malla a simple torsión de acero galvanizado plastificado, postes de tubo de diámetro 50 mm. y arranque poste de acero galvanizado, los postes tomados con mortero de cemento M-10. Estimando longitud realizada en su medición.								
Dique1	2.00	5.00			10.00			
Dique 2	2.00	5.00			10.00			
						20.00	12.92 €	258.40 €

	Uds	Largo	Ancho	Alto	Parciales	Totales	Precio	Importe
CAPITULO VII. DRENAJE								567.41 €

m MECHINALES PVC LISO C. GRIS DIÁM. 110 mm.

Construcción de mechinales mediante tubos de PVC liso color gris de 110 mm. de diámetro, empotrados en muro, con pendiente hacia el exterior del muro de un 3 %. Con parte proporcional de piezas especiales de unión. Estimando longitud instalada en su medición.

Dique 1	3.00	2.00			6.00			
	3.00	2.50			7.50			
	2.00	3.00			6.00			
	1.00	3.50			3.50			
Dique 2	1.00	1.50			1.50			
	3.00	2.00			6.00			
	3.00	2.50			7.50			
					38.00		10.90 €	414.20 €

m MECHINALES PVC LISO C. GRIS DIÁM. 250 mm.

Construcción de mechinales mediante tubos de PVC liso color gris de 250 mm. de diámetro, empotrados en muro, con pendiente hacia el exterior del muro de un 3 %. Con parte proporcional de piezas especiales de unión. Estimando longitud instalada en su medición.

Dique 1	1.00	3.50			3.50			
Dique 2	1.00	3.00			3.00			
					6.50		23.57 €	153.21 €

	Uds	Largo	Ancho	Alto	Parciales	Totales	Precio	Importe
CAPITULO VIII. RESTAURACION AMBIENTAL								2,717.00 €
<hr/>								
m2 EXTENSION CAPA VEGETAL MANUAL								
Extensión, de la capa de tierra vegetal antes retirada, ejecutado manualmente.								
Estimando superficie total realizada en su medición.								
	1.00	50.00	4.00		200.00			
	1.00	25.00	2.00		50.00			
	1.00	15.00	10.00		150.00			
	1.00	15.00	10.00		150.00			
					550.00		4.94 €	2,717.00 €

	Uds	Largo	Ancho	Alto	Parciales	Totales	Precio	Importe
CAPITULO IX. GESTION DE RESIDUOS								450.66 €
<hr/>								
†	GESTIÓN RESIDUOS INERT. MEZ. CONTENED. 5							
	Tasa para el alquiler, transporte y gestión de un contenedor de 5 m3., para residuos inertes mezclados entre si, desde la obra hasta las instalaciones de un gestor autorizado por la comunidad autónoma para su tratamiento.							
						15.00	5.00 €	75.00 €
<hr/>								
†	GESTIÓN RESIDUOS MEZ.C/MAT. NP CONTEN. 5m3.							
	Tasa para el alquiler, transporte y gestión de un contenedor de 5 m3., para residuos mezclados con materiales no peligrosos (madera, plásticos...), desde la obra hasta las instalaciones de un gestor intermedio autorizado por la comunidad autónoma para su gestión.							
						2.00	26.67 €	53.34 €
<hr/>								
†	GESTIÓN RESIDUOS INERTES MEZCL. VALORIZACIÓN							
	Tasa para el envío directo de residuos inertes mezclados entre sí exentos de materiales reciclables a un gestor final autorizado por la comunidad autónoma correspondiente, para su valorización. Sin incluir carga ni transporte. Según operación enumerada R5 de acuerdo con la orden MAM 304/2002 por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos.							
						17.00	18.96 €	322.32 €

	Uds	Largo	Ancho	Alto	Parciales	Totales	Precio	Importe
CAPITULO X. SEGURIDAD Y SALUD								1,603.10 €
mes CASETA DE OFICINA+ ASEO 15 m2.								
Mes de caseta prefabricada de superficie de 15 m2 para oficina, que incluye un aseo con inodoro y lavabo. Fabricada en estructura de acero con cerramiento de chapa lacada en panel sándwich aislante. Paramentos interiores verticales y techo en chapa lacada y suelo de revestimiento vinílico sobre tablero. Incluye ventana corredera en aluminio lacado de 1,00x 1,75 con vidrio de cámara y puerta de 0,82 con cerradura de seguridad. Instalación de electricidad con línea de fuerza e iluminación y cuadro de corte y mando, e instalación de fontanería y desagües. Incluye transporte, instalación y retirada de obra sin incluir acometidas.								
	3.00				3.00			
						3.00	164.00 €	492.00 €
mes CASETA VESTUARIO 15 m2.								
Mes de caseta prefabricada superficie de 15 m2 para vestuario en obra. Fabricada en estructura de acero con cerramiento de chapa lacada en panel sándwich aislante. Paramentos interiores verticales y techo en chapa lacada y suelo de revestimiento vinílico sobre tablero. Incluye ventanas en aluminio lacado de 1,00x 1,00 con vidrio de cámara mateado y puerta de 0,82 con cerradura de seguridad. Dispone de instalación eléctrica. Incluye transporte, instalación y retirada de obra sin incluir acometidas.								
						3.00	94.26 €	282.78 €
mes CASETA ALMACÉN 10- 15 m2								
Mes de caseta prefabricada de una superficie 10- 15 m2, para el almacenamiento de herramientas y materiales de obra. Fabricada en estructura de acero con cerramiento de chapa lacada en panel sándwich aislante. Paramentos interiores verticales y techo en chapa lacada y suelo de revestimiento vinílico sobre tablero. Puerta de 0,82 m con cerradura de seguridad y ventana. Incluye transporte, instalación y retirada de obra sin incluir acometidas.								
						3.00	99.35 €	298.05 €
u PROT. INCEND. EXTINTOR POLVO QUÍMICO ABC 6 kg.								
Extintor de polvo químico seco antibrasa de eficacia 21A-113-C, para fuegos de clase ABC, de 6 kg. de agente extintor, con anilla de seguridad obligatoria según normativa impidiendo su accionamiento involuntario, manómetro revisable y boquilla difusora. Medido unidad instalada.								
	1.00				1.00			
						1.00	26.52 €	26.52 €
u PROT. INCEND. EXTINTOR CO2 5 kg.								
Extintor de nieve carbónica CO2 para fuego de clase E, de eficacia 34B y de 5 kg. de agente extintor, con anilla de seguridad obligatoria según normativa impidiendo su accionamiento involuntario, manómetro revisable y boquilla difusora. Medido unidad instalada.								
	1.00				1.00			
						1.00	85.86 €	85.86 €

	Uds	Largo	Ancho	Alto	Parciales	Totales	Precio	Importe
u CASCO de OBRA AJUST. RUEDA								
Casco de obra con marcado CE ajustable por sistema de rueda con 6 posiciones y acolchado interior, protege de impactos y del contacto eléctrico involuntario de una tensión máxima de 400 V.								
						10.00	5.04 €	50.40 €
u PANTALLA FIJA PROTEC. PARTÍCULAS								
Pantalla con marcado CE para protección contra partículas de alta velocidad y baja energía, sujeta a la cabeza mediante arnés flexible.								
	2.00				2.00			
						2.00	1.99 €	3.98 €
u GAFAS PROTEC. IMPACTOS								
Gafas incoloras panorámicas con marcado CE para protección contra impactos de partículas de alta velocidad y baja energía, ligeras y con patillas planas.								
	3.00				3.00			
						3.00	1.74 €	5.22 €
u CASCOS PROTEC. AUDITIVA								
Cascos para protección auditiva con marcado CE utilizado en ambiente sonoro de 95 dB., compuesto de arnés ancho almoadillado con dos puntos de anclaje para mejor fijación y cascos de orejera ajustables en sentido lateral y vertical con almohadillas de sellado.								
	3.00				3.00			
						3.00	5.11 €	15.33 €
u GUANTES LONA PROTEC. VARIAS								
Guantes de lona para protecciones varias con marcado CE.								
						10.00	1.03 €	10.30 €
u BOTAS de SEGURIDAD C/PUNTERA ACERO								
Botas de seguridad con marcado CE, fabricadas en piel serraje con cordura trekking, puntera de acero, plantilla antiperforación de acero y suela antideslizante resistente a aceites e hidrocarburos.								
	10.00				10.00			
						10.00	6.31 €	63.10 €
u BOTAS ALTAS de AGUA								
Botas altas de agua de gran resistencia con marcado CE, lavables y con suela antideslizante. Estas botas no son de seguridad, no dispone ni de puntera ni plantilla antiperforación.								
						2.00	6.21 €	12.42 €

	Uds	Largo	Ancho	Alto	Parciales	Totales	Precio	Importe
u RODILLERAS de SEGURIDAD POLIESTER								
Rodilleras con marcado CE, ultraligeras de EVA con estructura de poliéster antirrotura, alta protección y absorción de golpes, con parte central antideslizante y doble cierre elástico regulable.								
	2.00				2.00			
						2.00	2.16 €	4.32 €
u CHALECO REFLECTANTE								
Chaleco reflectante con marcado CE para mayor visibilidad, con cierre de velcro.								
						2.00	2.92 €	5.84 €
u CINTURÓN PORTAHERRAMIENTAS 10 BOSILLOS								
Cinturón portaherramientas con marcado CE, fabricado en nylon cosidos de alta resistencia reforzados con remaches metálicos encapuchados, cinturón de nylon regulable, hebilla para su fijación y cinco bolsillos.								
	4.00				4.00			
						4.00	3.73 €	14.92 €
u TRAJE IMPERMEABLE POLIESTER								
Traje impermeable de poliéster con marcado CE, compuesto por chaqueta con capucha ajustable con dos bolsillos y pantalón con cintura ajustable.								
	4.00				4.00			
						4.00	4.70 €	18.80 €
u MONO de OPERARIO 100% ALGODÓN								
Mono de operario con marcado CE, 100% algodón, con cierre de cremallera, 4 bolsillos, ajuste elástico en la cintura/espalda y marga larga acabada en puño elástico.								
						10.00	9.06 €	90.60 €
u MANDIL CUERO PROTEC. SOLDADURA								
Mandil de cuero con marcado CE, en una sola pieza de 1.8 mm. de espesor, para protección frontal para trabajos de soldadura, ajustable en cintura y cuello mediante cintas regulables.								
	1.00				1.00			
						1.00	3.46 €	3.46 €
u EQUIPO ANTIC. ARNÉS DORSAL y TORSAL								
Equipo de arnés anticaídas de seguridad con marcado CE, de amarre dorsal y torsal, compuesto por cinchas de nylon de 45 mm. de anchura y elementos metálicos de acero inoxidable, incluye dispositivo anticaídas de cierre y apertura de seguridad, cuerda de seguridad de 1 m. y mosquetones de amarre.								
	4.00				4.00			
						4.00	7.63 €	30.52 €

	Uds	Largo	Ancho	Alto	Parciales	Totales	Precio	Importe
u SEÑAL OBRA TRIANGULAR C/SOPORTE								
Señal triangular de advertencia de obra realizada en chapa metálica de 80 cm. de lado, con soporte tipo tubo rectangular de acero galvanizado de 2.15 m. de altura, cimentado al terreno con hormigón. Norma armonizada. Incluso colocación y retirada de obra. Medido unidad instalada.								
						1.00	11.13 €	11.13 €
u SEÑAL STOP OCTOGONAL C/SOPORTE								
Señal de stop octogonal metálica de 60 cm. de diámetro, con soporte tipo tubo rectangular de acero galvanizado de 2.15 m. de altura, cimentado al terreno con hormigón. Norma armonizada. Incluso colocación y retirada de obra. Medido unidad instalada.								
						1.00	11.89 €	11.89 €
u PANEL SEÑALIZACIONES VARIAS PVC 1 x 0.7 m.								
Panel para señalizaciones varias de obligación, prohibición y advertencia, impresos sobre planchas de PVC de 1 x 0.7 m. y 0,8 mm. de espesor. Incluso colocación y retirada de obra. Medido unidad instalada.								
						1.00	0.76 €	0.76 €
u BOTIQUÍN PRIMEROS AUXILIOS								
Botiquín de obra para asistencia de primeros auxilios, con los contenidos mínimos requeridos por la normativa vigente. Incluso instalación y desinstalación en obra.								
						1.00	64.90 €	64.90 €

	Uds	Largo	Ancho	Alto	Parciales	Totales	Precio	Importe
CAPITULO XI. CONTROL DE CALIDAD								449.24 €

u ENSAYO CONSISTENCIA y 4 PROBETAS HORMIGÓN

Ensayo para comprobar la calidad del hormigón destinado a uso estructural obteniendo; consistencia en estado fresco mediante cono de Abrams, fabricación de 4 probetas cilíndricas, posterior conservación para curado en cámara húmeda durante un período de 28 días, refrentado y rotura a compresión.

						4.00	112.31 €	449.24 €
--	--	--	--	--	--	-------------	-----------------	-----------------

Total: 389,813.21 €

Resumen de Capítulos

Resumen	Importe
1 CAPITULO I. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.	9,988.12 €
2 CAPITULO II. CIMENTACIÓN	97,714.15 €
3 CAPITULO III. MUROS	200,637.84 €
4 CAPITULO IV. SOLERAS.	5,635.11 €
5 CAPITULO V. ACABADOS	69,366.61 €
6 CAPITULO VI. PROTECCIONES	683.97 €
7 CAPITULO VII. DRENAJE	567.41 €
8 CAPITULO VIII. RESTAURACION AMBIENTAL	2,717.00 €
9 CAPITULO IX. GESTION DE RESIDUOS	450.66 €
10 CAPITULO X. SEGURIDAD Y SALUD	1,603.10 €
11 CAPITULO XI. CONTROL DE CALIDAD	449.24 €
Total Ejecución Material	389,813.21 €
	6% Beneficio Industrial 23,388.79 €
	6% Gastos Generales 23,388.79 €
Total Presupuesto Contrata	436,590.80 €
	21% I.V.A. 91,684.07 €
Total Presupuesto Contrata con Impuestos	528,274.86 €
Asciende el siguiente presupuesto a la expresada suma de QUINIENTOS VEINTIOCHO MIL DOSCIENTOS SETENTA Y CUATRO CON OCHENTA Y SEIS Euros	
Honorarios	
	4% Proyecto Ingeniero 15,592.53 €
	3% Dirección Ingeniero 11,694.40 €
Subtotal Honorarios	27,286.92 €
	21% I.V.A. 5,730.25 €
Total Honorarios con Impuestos	33,017.18 €

Ávila, 24 de agosto de 2014

Álvaro Jiménez González
Grado en Ing. Forestal y del Medio Natural