



Trabajo final de grado

Análisis de la problemática de inundabilidad en el municipio de Lorcha (Alicante) y propuesta de actuaciones.

Valencia, septiembre de 2017

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Obras Públicas
Curso: 2016/17

AUTOR: Alberola Casanova, Arnau
TUTOR: García Bartual, Rafael Luis



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA DE
INUNDABILIDAD EN EL MUNICIPIO DE
LORCHA (ALICICANTE) Y PROPUESTA DE
ACTUACIONES.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Grado en Ingeniería de Obras Públicas

MEMORIA

AUTOR: ARNAU ALBEROLA CASANOVA

TUTOR: RAFAEL LUIS GARCÍA BARTUAL



ÍNDICE

1-INTRODUCCIÓN.....	9
2-EMPLAZAMIENTO.....	10
3-PROBLEMÁTICA.....	14
4-ANTECEDENTES.....	15
5-RÍO SERPIS.....	16
6-EMBALSE DE BENIARRÉS.....	17
7-ENCAUZAMIENTO.....	18
8-ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO.....	19
8.1-Geología Local.....	19
8.1.1-Estratigrafía de la zona.....	20
8.2-Geotecnia de la zona de estudio.....	22
8.2.1-Formaciones superficiales y sustrato.....	23
9-CLIMA.....	24
9.1-Precipitaciones.....	24
9.2-Regimenes estacionales.....	25
9.3-Seqúias.....	26
9.4-Temperaturas.....	26
10-VEGETACIÓN Y USOS DEL SUELO.....	27
11-ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	29
11.1- Periodos de retorno.....	29
11.2-Precipitaciones diarias.....	29
11.3-Cálculo del factor de amplificación 'Ye'.....	30
11.4-Definición de las cuencas vertientes.....	33
11.4.1-Cuenca 1. Barranco dels Bassiets.....	33



11.4.2-Cuenca 2. Barranco de les Foyes.....	34
11.4.3-Cuenca 3.....	37
11.4.4-Cuenca 4.....	37
11.5-Tiempos de concentración.....	38
11.6-Tormentas de diseño.....	39
11.7-Umbral de escorrentía.....	42
11.8-Determinación de caudales de crecida.....	42
11.8.1-Caudales de crecida sin considerar los diques del barranco dels Bassiets y el barranco de les Foyes.....	42
11.8.1.1-Método del HMS.....	43
11.8.1.2-Método de las Isocronas.....	45
11.8.1.3-Método racional.....	47
12-ESTUDIO HIDRÁULICO.....	51
12.1-Estudio hidráulico sin considerar los diques de los barrancos dels Bassiets y de les Foyes.....	51
12.2-Estudio hidráulico considerando los diques de los barrancos dels Bassiets y de les Foyes.....	59
13-CONCLUSIONES.....	61
14-BIBLIOGRAFÍA.....	63

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Situación del encauzamiento en la población de Lorcha.....	9
Imagen 2: .Situación Lorcha.....	10
Imagen 3: Situación de Lorcha y el Embalse de Beniarrés.....	11
Imagen 4: .Situación de Lorcha.....	11
Imagen 5:Situación de Lorcha respecto el embalse de Beniarrés.....	12
Imagen 6: Río Serpis a su paso por el municipio de Lorcha.....	12
Imagen 7: Situación de Lorcha y los barrancos delsBassiets y de les Foyes.....	13
Imagen 8: Fragmento hoja 821 PATRICOVA.....	14
Imagen 9: Unión de los barrancos antes del municipio.....	14
Imagen 10: Situación de la cuenca del Serpis dentro de la cuenca del Júcar.....	16
Imagen 11: Presa de Beniarrés.....	17
Imagen 12: Presa de Beniarrés con el desagüe de fondo en funcionamiento.....	17
Imagen 13. Encauzamiento Lorcha.....	18
Imagen 14: Hoja 795-Xàtiva del mapa geológico de España.....	19
Imagen 15: Fragmento del Mapa geológico de España.....	20
Imagen 16: Leyenda Mapa Geotécnico de España.....	21
Imagen 17: Hoja 8-8 Mapa Geotécnico General.....	22
Imagen 18: Atlas climatológico de la Comunidad Valenciana.....	25
Imagen 19: .Usosdelsuelo.....	28
Imagen 20: Isoyetas de PMDA.....	30
Imagen 21: Isolneas del Coeficiente de variación Cv.....	31
Imagen 22: .Barranco delsBasiets y situación del dique.....	33
Imagen 23: Barranco de les Foyes y situación del dique.....	34
Imagen 24: Dique del barranco de les Foyes.....	35



Imagen 25: Cuenca vertiente del barranco de Bassiets.....	36
Imagen 26: Cuencas vertientes.....	36
Imagen 27: Cuenca 4.....	37
Imagen 28: Modelo de análisis de las cuencas en el HMS.....	43
Imagen 29: .Hidrograma a la salida de las cuencas para periodo de retorno de 10 años...44	
Imagen 30: Datos obtenidos para T=10 años en el HMS.....	44
Imagen 31: Encauzamiento y pasarela.....	51
Imagen 32: Cuencas vertientes y cauce.....	52
Imagen 33: Modelización de la zona en Civil 3D.....	52
Imagen 34: Cauce digitalizado con perfiles cada 20 metros.....	53
Imagen 35: Cauce modelado en HEC-RAS.....	53
Imagen 36: Resultado de la simulación para T=10 años.....	54
Imagen 37: Sección para T=10 años.....	54
Imagen 38: Resultado de la simulación para T=50 años.....	55
Imagen 39: Sección para T=50 años.....	55
Imagen 40: Resultado de la simulación para T=500 años.....	56
Imagen 41: Sección para T=10 años.....	56
Imagen 42: Sección para T=50 años.....	57
Imagen 43: Sección T=100 años.....	57
Imagen 44: Sección para T=200 años.....	58
Imagen 45: Sección para T=500 años.....	58
Imagen 46: Dique del barranco dels Bassiets.....	61



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Precipitaciones diarias máximas para los periodos de retorno considerados.....	32
Tabla2. Cuencas vertientes.....	37
Tabla 3. Tiempos de concentración de las cuencas.....	38
Tabla 4. Curvas Intensidad-Duración Frecuencia.....	39
Tabla 5. Umbrales de escorrentía para las diferentes cuencas.....	42
Tabla 6. Caudales obtenidos mediante HMS.....	45
Tabla 7. Caudales obtenidos mediante método de las isócronas.....	47
Tabla 8. Coeficientes de escorrentía.....	49
Tabla 9. Calados máximos alcanzados en cada periodo de retorno.....	59
Tabla 10. Caudales procedentes de los barrancos dels Bassiets y de les Foyes teniendo en cuenta los diques.....	60

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Hietograma de bloques alternos para periodo de retorno de 10 años.....	40
Gráfica 2. Hietograma de bloques alternos para periodo de retorno de 50 años.....	40
Gráfica 3. Hietograma de bloques alternos para periodo de retorno de 100 años.....	41
Gráfica 4. Hietograma de bloques alternos para periodo de retorno de 200 años.....	41
Gráfica 5. Hietograma de bloques alternos para periodo de retorno de 500 años.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuantiles Y_t de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Amplificación KT, en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” (1997).....	32
Figura 2. Información dique del barranco dels Basiets.....	34
Figura 3. Dique les Foyes.....	35
Figura 4. Curva hipsométrica del barranco de les Foyes.....	36



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA DE
INUNDABILIDAD EN EL MUNICIPIO DE
LORCHA (ALICANTE) Y PROPUESTA DE
ACTUACIONES.



1.-INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objeto el análisis de los riesgos de inundabilidad del municipio de Lorcha, situado en el norte de la provincia de Alicante, en la comarca del Comtat.

Dicho trabajo analiza el riesgo de inundación mediante el estudio de las cuencas vertientes que desaguan al encauzamiento norte de la población.



Imagen 1. Situación del encauzamiento en la población de Lorcha. Fuente: Google Earth

No se ha tenido en cuenta el análisis de las crecidas del Río Serpis ya que por una parte no hay datos recientes que indiquen un riesgo para la población de Lorcha y además entraría dentro de otro estudio complementario al que aquí se desarrolla.

La documentación y programas utilizados para el desarrollo del presente trabajo han sido:

- Cartografía digitalizada del IGNE
- Máximos de precipitaciones diarias, CEDEX
- PATRICOVA
- Instrucción 5.2-IC 2016 Drenaje superficial.
- HEC-HMS
- HEC-RAS
- CIVIL3D
- INFRAWORKS

2.-EMPLAZAMIENTO

El municipio de Lorcha se encuentra al Este de la Península Ibérica, dentro de la comarca del Comtat, al norte de la provincia de Alicante, a una distancia de aproximadamente 90 kilómetros de la ciudad de Alicante y unos 150 kilómetros de la ciudad de Valencia. El municipio se ubica a una altitud de 268 metros. Su posición geográfica es: [38°50'37"N 0°18'43"O](#) y su término municipal ocupa una superficie de unos 32km² aproximadamente.

El término municipal de Lorcha limita al norte con los términos municipales de Salem, Castelló de Rugat, Ayelo de Rugat, Montichelvo y Terrateig, al este con el término municipal de Villalonga, al sur con los de Planes y Vall de Gallinera y al oeste con el término municipal de Beniarrés.



Imagen 2. Situación Lorcha. Fuente: Google Earth

Se accede a la localidad por la autovía A7 y la carretera comarcal CV-7010, la cual sigue el curso del río Serpis desde el embalse de Beniarrés que controla su curso.

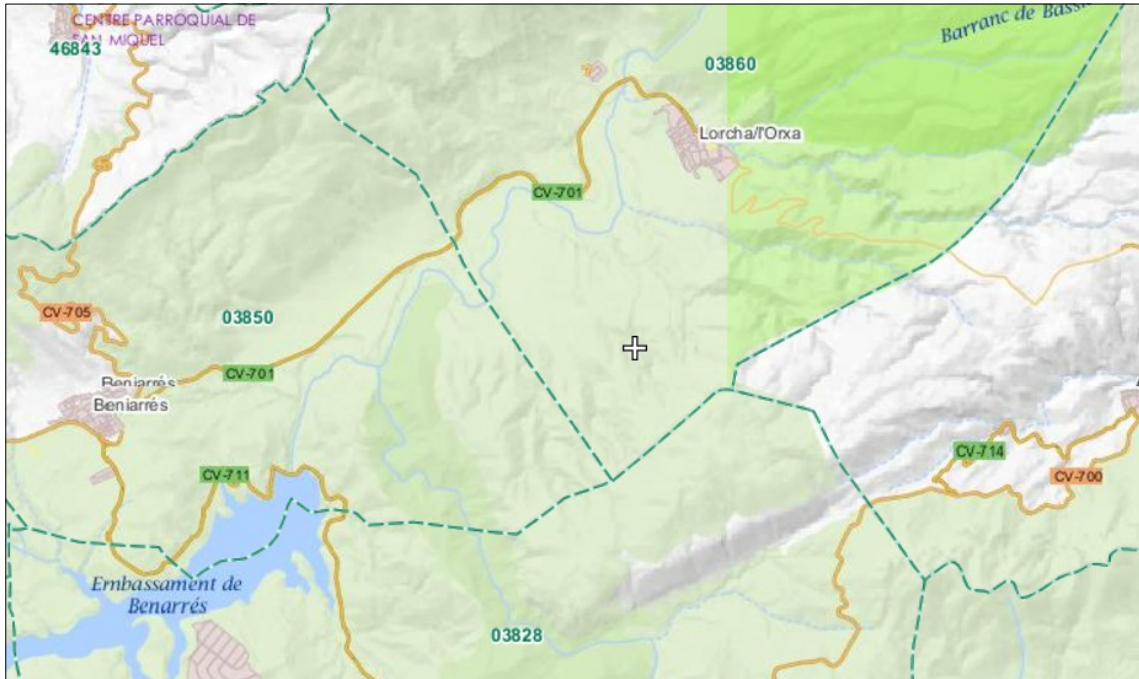


Imagen 3. Situación de Lorcha y el Embalse de Beniarres.Fuente:Igne

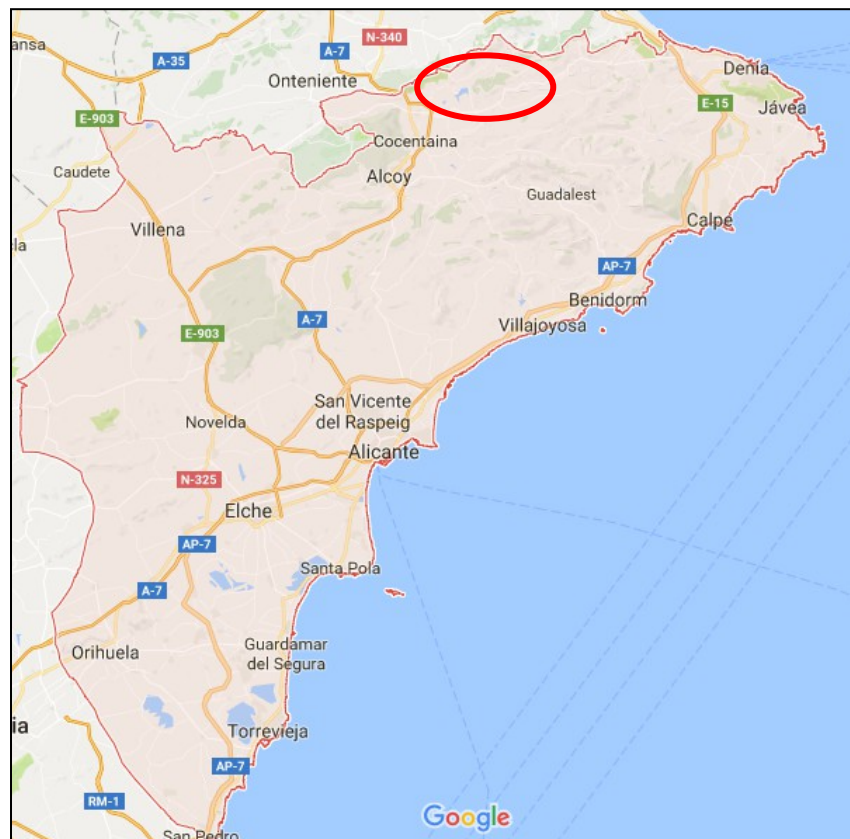


Imagen4. Situación de Lorcha.Fuente: Elaboración propia

Un elemento importante en la zona de estudio es el embalse de Beniarrés, cuya presa regula el caudal transportado por el río Serpis a su paso por el municipio de Lorcha. El embalse de Beniarrés se sitúa aguas arriba del municipio de Lorcha, dentro del término municipal de Beniarrés.



Imagen 5. Situación de Lorcha respecto el embalse de Beniarrés. Fuente: Google Earth.

Otro elemento característico del municipio, es el paso del río Serpis por un punto muy próximo al mismo.



Imagen 6. Río Serpis a su paso por el municipio de Lorcha. Fuente: Google Earth.

No obstante, los elementos considerados más importantes son los barrancos que se encuentran alrededor del municipio de Lorcha, que son el barranco dels Bassiets, el barranco de les Foyes y la ladera de la Fonteta.



Imagen 7. Situación de Lorcha y los barrancos dels Bassiets y de les Foyes.

Tanto el barranco de les Foyes como el dels Bassiets cuentan con diques de corrección hidrológica-forestal. En la descripción de las cuencas vertientes se volverá a hablar de ellos.

3.-PROBLEMÁTICA

Como ya se ha mencionado, el río Serpis pasa muy próximo al pueblo. No obstante, no es un elemento que genere riesgo de inundabilidad en la zona, ya que como se puede observar en el Plan de Acción Territorial de Carácter Sectorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación de la Comunidad Valenciana (PATRICOVA), no hay riesgos de inundación en la zona en cuestión.

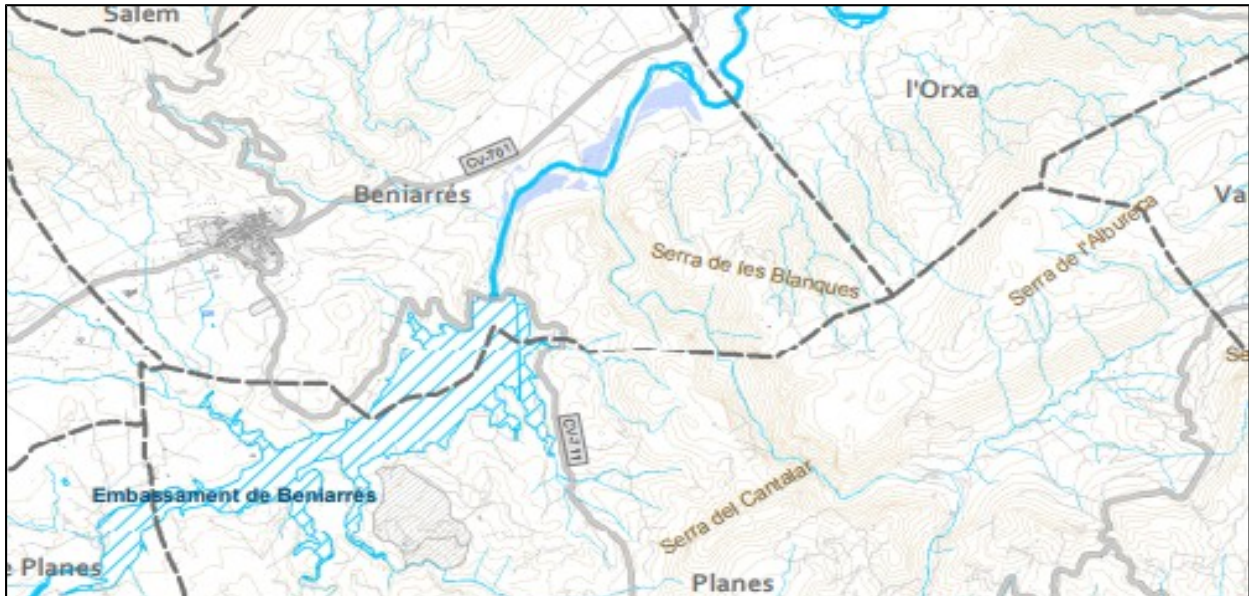


Imagen 8. Fragmento hoja 821 PATRICOVA. Fuente: PATRICOVA.

No obstante existe cierto riesgo de inundación en función de los caudales procedentes de los barrancos mencionados, ya que van a desembocar directamente al municipio. Es por eso, que en el punto donde terminan los barrancos se procedió a la construcción de un encauzamiento, con el objetivo de conducir los caudales procedentes de estos barrancos hacia el río Serpis, uniéndose con el mismo aguas abajo del municipio.

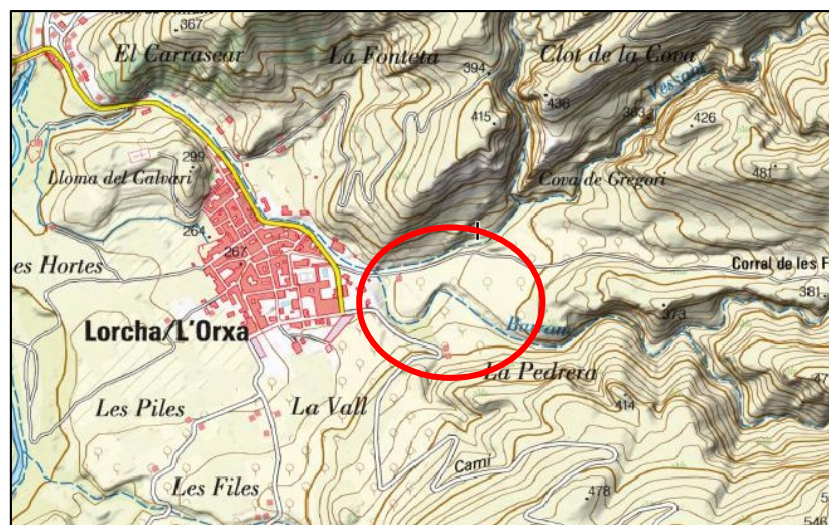


Imagen 9. Unión de los barrancos antes del municipio. Fuente: Instituto Geográfico Nacional



4.-ANTECEDENTES

Tal y como aparece en el PATRICOVA, el municipio de Lorcha no se encuentra catalogado como zona con riesgo de inundación, por lo que no se encuentran referencias a inundaciones en el municipio de Lorcha, al contrario que en otros municipios del curso bajo del río Serpis como Gandia, por ejemplo.

Uno de los motivos por los que no se catalogan inundaciones por desbordamiento del río en el municipio es la situación del municipio respecto del río, ya que se encuentra a una considerable elevación sobre el cauce del mismo.

Otro de los motivos por los que no se encuentran referencias a inundaciones en el municipio de Lorcha es la correcta instalación de diques de corrección hidrológica-forestal en los barrancos de les Foyes y dels Bassiets.

5-RÍO SERPIS

El río Serpis, también conocido como río Blanco o río de Alcoy, nace en Alcoy, más concretamente en el puerto de la Carrasqueña, al sureste de Alcoy, por la unión de los barrancos de Polop y el Troncal, a 1.020 metros sobre el nivel del mar, y desemboca al mar Mediterráneo en el municipio de Gandia. Pertenece a la cuenca del río Júcar, la cual abarca una extensión de 42.989 kilómetros cuadrados, de los cuales 752.8 kilómetros cuadrados conforman la cuenca del río Serpis.

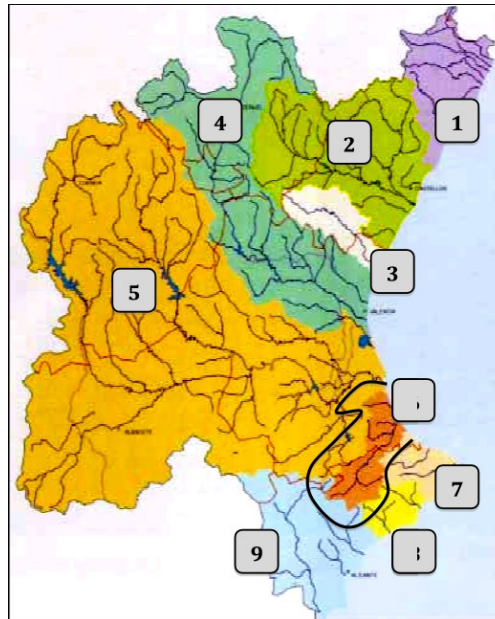


Imagen 10. Situación de la cuenca del Serpis dentro de la cuenca del Júcar.

- | | |
|-------------------------|-------------------------------|
| 1.-Cenia-Maestrazgo | 2.-Mijares-Plana de Castellón |
| 3.-Palencia -Los Valles | 4.-Turia |
| 5.-Júcar | 6.-Serpis |
| 7.-Marina Alta | 8.-Marina Baja |
| 9.-Vinalopó | |

Aguas debajo de Alcoy, el río Serpis atraviesa Cocentaina, la Alquería de Aznar y Muro de Alcoy, hasta llegar a Beniarrés, pasando por Alcocer de Planes, donde se va ampliando hasta llegar al embalse de Beniarrés.

Por otro lado, el régimen fluvial del río Serpis es un régimen típicamente mediterráneo, alcanzando sus máximos en enero y sus mínimos en agosto, durante el seco periodo estival.

6-EMBALSE DE BENIARRÉS

El embalse de Beniarrés se encuentra situado en el término municipal del municipio de Beniarrés (Alicante). El embalse tiene una capacidad máxima de 27 hectómetros cúbicos, teniendo actualmente un volumen embalsado de 17 hectómetros cúbicos, estando a un 63 por ciento de su capacidad. La superficie total ocupada por el embalse es de 268 hectáreas.



Imagen 11. Presa de Beniarrés. Fuente propia

Por otro lado, la presa de Beniarrés es una presa de gravedad, construida en el año 1958, con una altura desde los cimientos de 53 metros y una longitud de coronación de 395,3 metros. Posee un desagüe capaz de verter 56 metros cúbicos por segundo y las compuertas vertiendo a su máxima capacidad son capaces de verter un caudal de 1050 metros cúbicos por segundo.



Imagen 12. Presa de Beniarrés con el desagüe de fondo en funcionamiento. Fuente propia.

7-ENCAUZAMIENTO

El encauzamiento mencionado discurre por el límite del pueblo, comenzando en la zona en la que desembocan los barranos dels Bassiets y de les Foyes, hasta desembocar el mismo en el río Serpis en un punto aguas abajo del municipio.

El encauzamiento es de hormigón y tiene una longitud de aproximadamente de 150 metros, teniendo un ancho en su embocadura de unos 20 metros, estrechándose a medida que avanza y volviéndose a ensanchar en su desembocadura.

El funcionamiento del encauzamiento no se verá influenciado por el río Serpis debido a que se sitúa a una cota mayor. La pendiente media del encauzamiento es del 2.2%.



Imagen 13. Encauzamiento Lorcha. Fuente: propia.

8-ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

En este apartado se pretende dar una visión general del encuadre geológico y geotécnico del área de estudio así como un análisis de las características de los suelos de la zona.

Para su realización se tomarán como referencia los mapas geológicos y geotécnicos elaborados por el Instituto Geológico y Minero de España.

8.1- Geología local

La geología viene detallada por la hoja 795-Játiva, del Mapa Geológico de España, elaborado por el IGME a escala 1:50.000.

La zona de estudio se encuentra en la parte sur de la hoja. Los materiales aquí encontrados pertenecen en su gran mayoría al Pleistoceno y al Holoceno, dentro del periodo Cuaternario. No obstante, también se observan materiales pertenecientes al Neogeno, en el periodo terciario, y materiales pertenecientes al periodo Cretácico. Estos materiales son:

- Q₁₋₂Lpf: Limos pardos fluviales. Limos arenosos con cantos redondeados sueltos.
- Q₂Cd: Cono de deyección. Reciente. Arcillas rojas con cantos subredondeados.
- Q₂Al: Aluvial. Arenas y cantos redondeados.
- Tc₁₂₋₁: Arcillas, arenas y conglomerados de tonos rojos.
- C₂₃₋₂₄: Calizas marmóreas blancas con pasadas de dolomía.

En la zona en la que se encuentra el área de estudio, es decir, al norte de la provincia de Alicante, y muy próxima al sur de la provincia de Valencia, los dominios paleogeográficos que se distinguen son el Prebético externo y el Prebético interno.

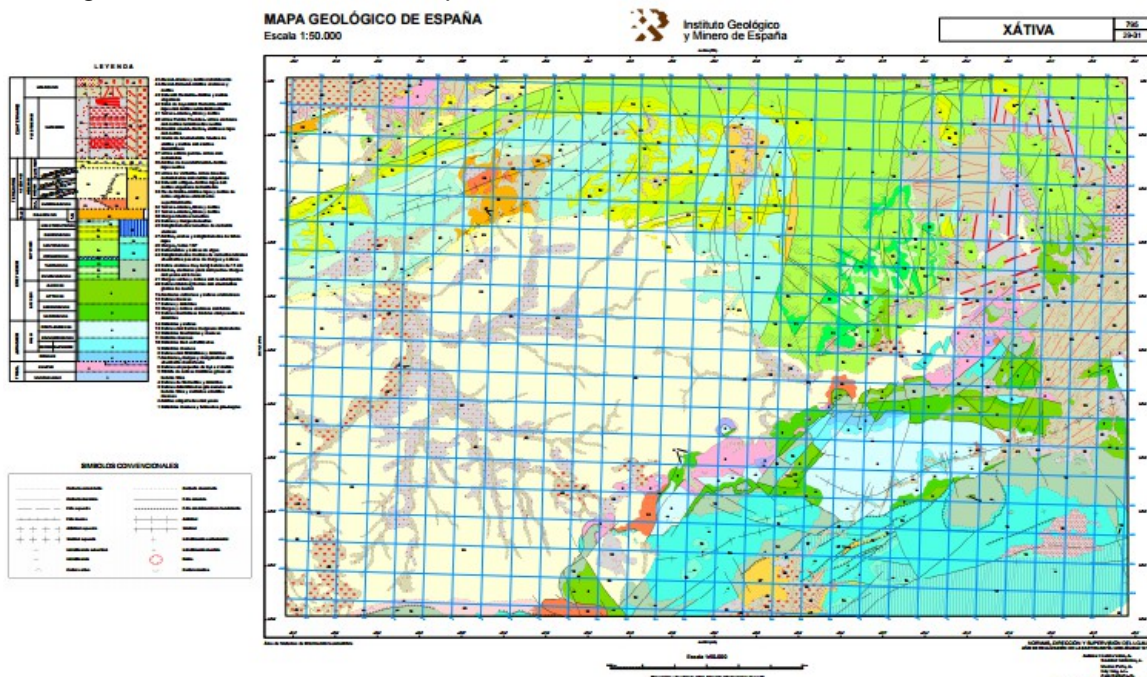


Imagen 14. Hoja 795-Xàtiva del mapa geológico de España. Fuente: IGME

8.1.1. Estratigrafía de la zona

El dominio Prebético externo presenta una cobertura mesozoica poco potente con una laguna estratigráfica que afecta al cretácico inferior. La columna litológica sintética es:

-Triásico: presenta materiales detríticos rojos con intercalaciones de niveles de calizas y lutitas.

-Jurásico: formado por un potente paquete de dolomías en la base, calizas y margas.

-Terciario: Todos los afloramientos pertenece al Neogeno, y ocupa la parte noroeste de la zona de estudio. Se presentan materiales detríticos rojos con intercalaciones de niveles de calizas y lutitas.

-Cretácico: Aflora una pequeña sección entre la zona perteneciente al cuaternario y, junto a esta zona, se extiende hasta el noreste. En la base está formado por materiales detríticos y calizas en la base superior de la serie, existiendo importantes lagunas estratigráficas.

En el dominio Prebético interno se desarrolla paralela a la anterior hacia el Sur y se caracteriza por una serie más potente y con menos lagunas estratigráficas que la anterior.

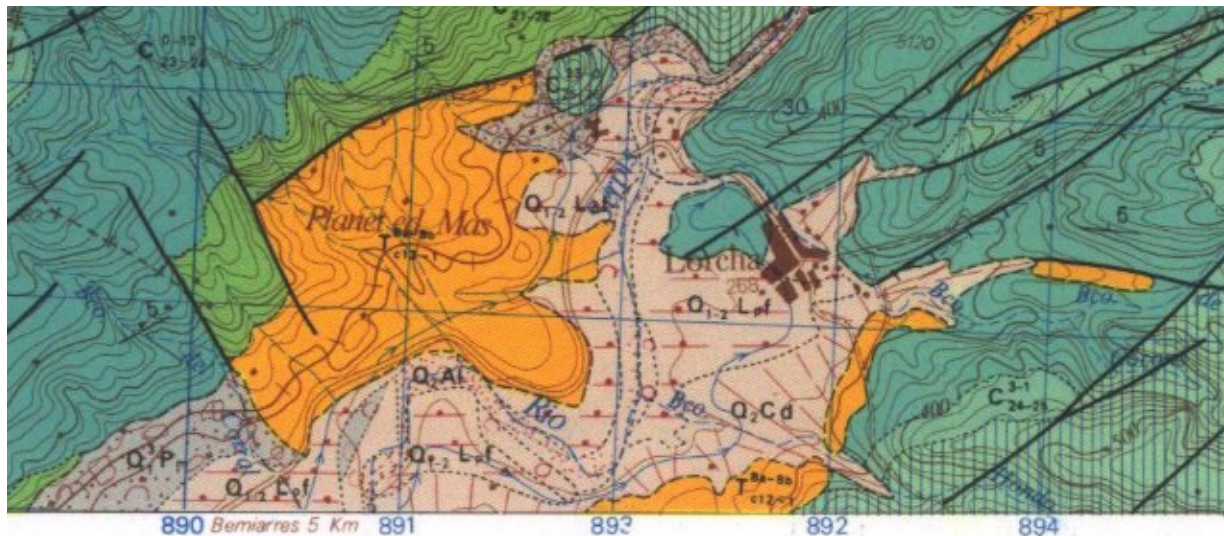


Imagen 15. Fragmento del Mapa geológico de España. Fuente: IGME

No obstante, y como se puede observar en el mapa extraído del IGME, en la zona concreta del municipio en cuestión, se observan afloramientos del periodo Cuaternario, con materiales pertenecientes a los sistemas Pleistocenos y al actual Holoceno. Los materiales pertenecientes al periodo Cuaternario son los materiales más recientes y están constituidos por gravas, arenas, lutitas, depósitos medios continentales o de transición marino-continental.

LEYENDA

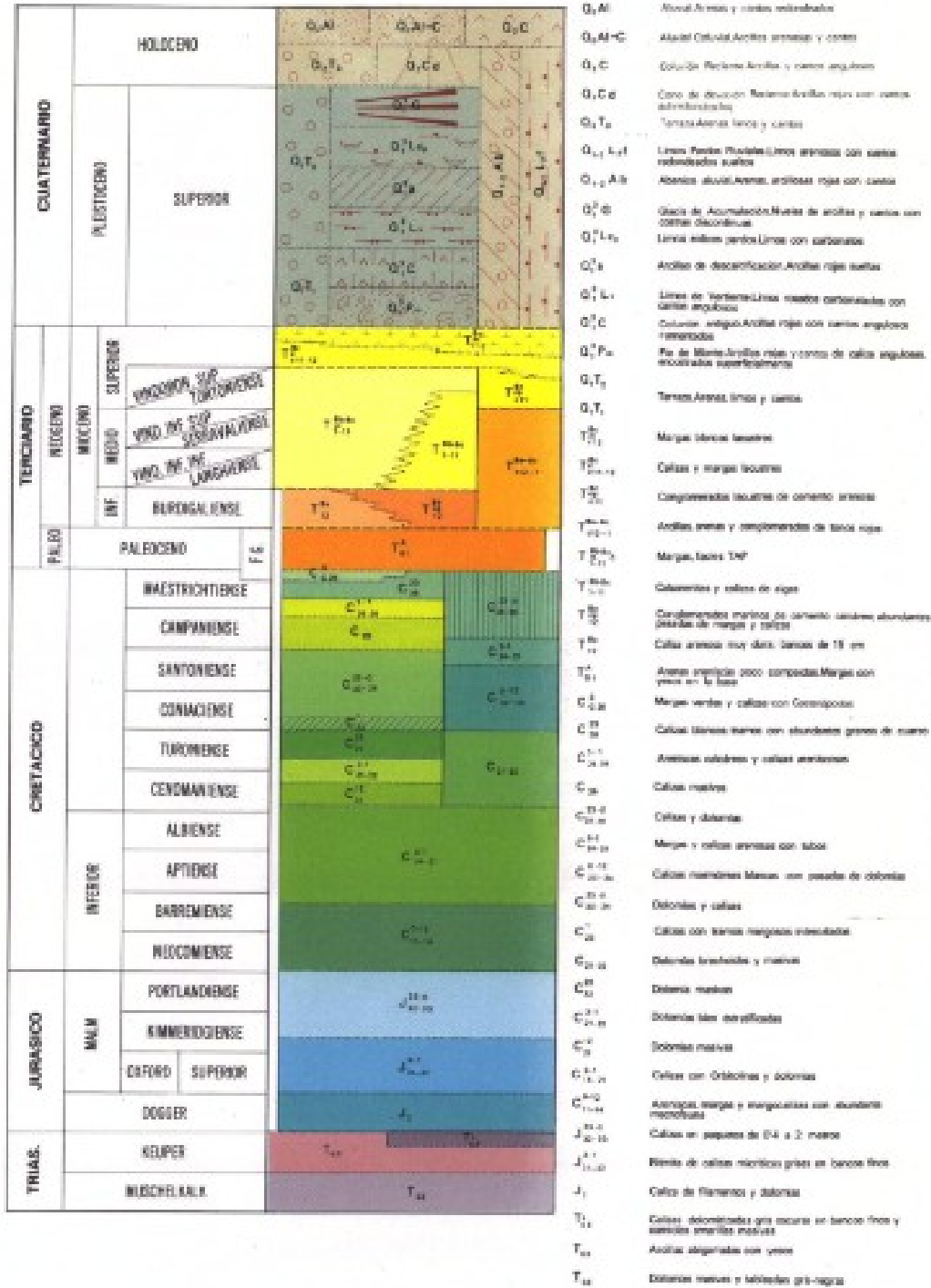


Imagen 16. Leyenda Mapa Geotécnico de España. Fuente: IGME.

8.2. Geotecnia de la zona de estudio

Las coordenadas del municipio son:

-Latitud: 38° 51' 0"

-Longitud: 0° 18' 0"

Para el estudio geotécnico hemos utilizado el Mapa Geotécnico General. Entre los aspectos fisiográficos, la hoja en cuestión, la 8-8, y se encuentra situada próxima a la costa oriental de la Península Ibérica.

Nuestra área de estudio, se observa en el mapa que es la II₂. Situada en la interferencia Ibérico-Bética, aunque predomina la dirección típicamente bética.

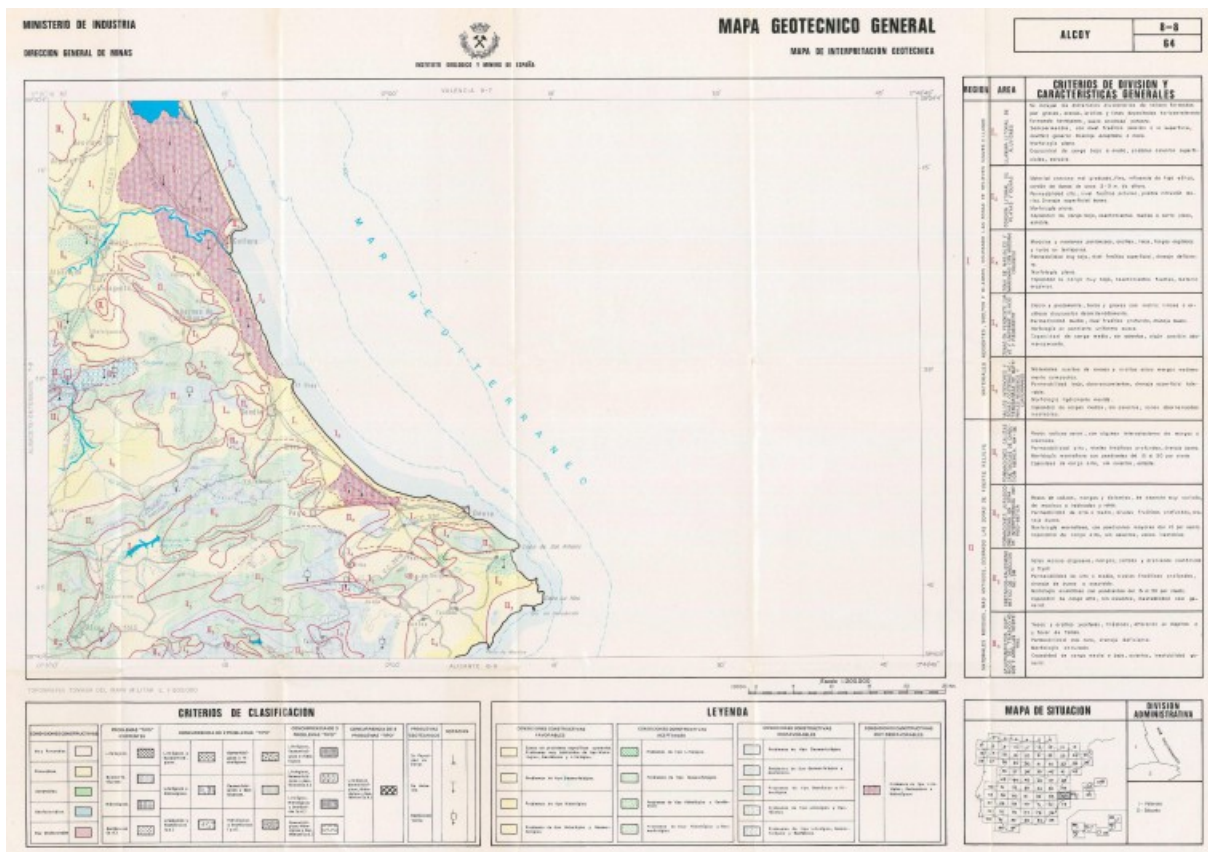


Imagen 17. Hoja 8-8 Mapa Geotécnico Genral. Fuente: IGME.

La litología del área está formada por rocas calizas, margas y dolomías, de aspecto muy variado, de masivas a tableadas y rotas.

La topografía se caracteriza por zonas de fuerte relieve, con pendientes superiores al 15 por ciento.

Abundan los materiales semipermeables en conjunto

La capacidad de carga de los terrenos es alta, sin asientos ni zonas inestables.

8.2.1. Formaciones superficiales y sustrato

Los conjuntos litológicos dominantes son:

-Depósitos aluviales: Morfología por superposición de horizontes sin relación genética, que se diferencian por las características texturales y por el decrecimiento de la materia orgánica en profundidad. Utilización muy frecuente en la agricultura, huertas, cítricos...

-Depósitos aluviales-coluviales: Presentan caliza pulverulenta, nódulos carbonatados, costras laminares y masivas...manifestando de forma distinta acumulación de CaCO_3 . Son suelos con limitaciones como el escaso en contenido de materia orgánica, pedregosidad superficial y, ocasionalmente un espesor reducido. Utilizados principalmente en agricultura, dedicados a cultivos de cítricos con regadío o a cultivos de secano.

-Glacis: Ampliamente distribuidos, en su forma de acumulación o en su forma de erosión. Son suelos con características más desfavorables que los que se forman a partir de depósitos aluviales-coluviales, presentando baja materia orgánica, escasa estabilidad estructural y poco espesor.

-Enclaves calizos y silíceos: Sobre materiales silíceos, como areniscas y argilitas del Buntsandstein, se desarrollan suelos con perfil poco diferenciado, de aspecto coluvial, en pendientes más o menos acentuadas. Sobre materiales calizos se desarrollan un suelo de escaso espesor, Terras Rosas, muy desgragadas y erosionadas, en fase lítica. Cuando el grado de compactación de la caliza disminuye, alternando su composición con margas y/o margocalizas, el desarrollo de los suelos es mayor, destacando como propiedad más importante la aparición de horizontes humíferos superficiales que alcanzan fácilmente los 30 o 40 centímetros de profundidad.

-Materiales calcáreos poco consolidados: El material es generalmente margoso, y aparecen suelos poco evolucionados con características muy semejantes a las rocas madre, destacando que en esta litología, la escasa vegetación apenas incorpora humus.

9-CLIMA

La cuenca del río Serpis se encuentra localizada en la Comunidad Valenciana, donde el clima que predomina es típicamente mediterráneo. Este clima es característico de la zona subtropical, con veranos cálidos y secos y los inviernos suaves y relativamente húmedos. La configuración de los mares introduce grandes variaciones estacionales del tiempo y el clima.

En el Mediterráneo el invierno hace su aparición de forma bastante brusca, cuando desaparece la extensión estival hacia el este del anticiclón de las Azores. Este fenómeno puede observarse en los barógrafos de toda la región, donde aproximadamente el 20 de octubre tiene lugar una súbita caída de las presiones, que va acompañado de un acusado aumento de las probabilidades de lluvia pasando del 50-70% a primeros de octubre a un 90% a finales del mismo mes.

Cabe destacar que, dentro de la Comunidad Valenciana, se distinguen diferentes zonas climáticas. Así, la cuenca del río Serpis queda dividida en dos que a continuación se detallan.

De este a oeste, desde la desembocadura del Serpis al mar Mediterráneo hasta el embalse de Beniarrés aguas arriba, el clima se define de llanura litoral lluviosa. Este tipo de clima se caracteriza por tener unas precipitaciones alrededor de los 650 mm anuales. Este aumento pluviométrico se explica por la orientación de la costa, casi perpendicular a los flujos NE que generan la ciclogénesis o más conocida como "gota fría".

Los veranos son muy secos, predominan los pantanos barométricos en superficie, bajo las altas presiones subtropicales que agudizan la sequía. Las temperaturas no presentan oscilaciones bruscas.

Aguas arriba del embalse de Beniarrés y hasta el final de la cuenca a la altura de la sierra de Alcoy predomina un clima típico de la fachada lluviosa del macizo de Alcoy. Corresponde a la vertiente norte del extremo oriental de las Béticas y origina un tipo de clima similar al de la llanura litoral lluviosa (unos 600 mm de promedio anual) pero las temperaturas, por la altitud y la continentalidad, son más frías y con mayor oscilación. En el ritmo pluviométrico persiste el máximo otoñal respecto al conjunto invierno - primavera, muy similar, y la sequía estival afecta de junio a agosto.

9.1-Precipitaciones

Aguas arriba del embalse de Beniarrés y hasta el final de la cuenca a la altura de la sierra de Alcoy predomina un clima típico de la fachada lluviosa del macizo de Alcoy. Corresponde a la vertiente norte del extremo oriental de las Béticas y origina un tipo de clima similar al de la llanura litoral lluviosa (unos 600 mm de promedio anual) pero las temperaturas, por la altitud y la continentalidad, son más frías y con mayor oscilación. En el ritmo pluviométrico persiste el máximo otoñal respecto al conjunto invierno - primavera, muy similar, y la sequía estival afecta de junio a agosto.

Es en el núcleo húmedo de la Safor – Marina Alta donde se alcanzan los valores pluviométricos anuales más elevados. Se trata de un área que ocupa todo el extremo sur del Golfo de Valencia. Su polo máximo se centra sobre las estribaciones más orientales del Sistema Bético y en los relieves próximos a la Safor y a la Valldigna. Estas elevaciones favorecen que la zona esté muy bien expuesta a los temporales de levante, mejor que cualquier otra área de la fachada mediterránea ibérica.

A continuación se adjunta un croquis perteneciente al “Atlas Climático de la Comunidad Valenciana” donde se puede observar claramente la distribución espacial de las precipitaciones media anual en toda la comunidad valenciana.

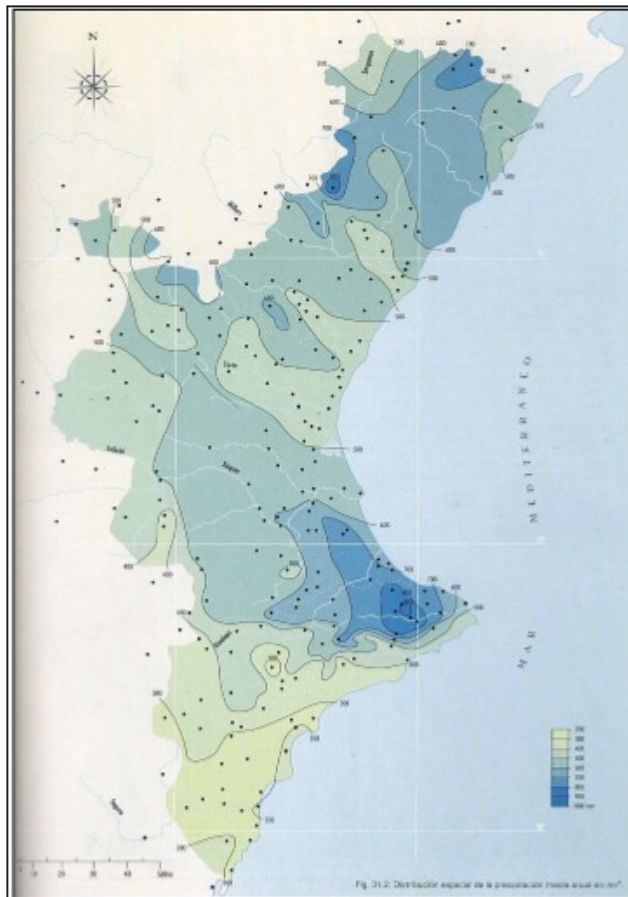


Imagen 18. Atlas climatológico de la Comunidad Valenciana. Fuente: Internet.

9.2-Regímenes estacionales

Los caracteres más sobresalientes del régimen estacional en la zona de estudio son el máximo otoñal y el acusado mínimo estival. Este último se debe al establecimiento de una marcada estabilidad atmosférica durante los meses de verano, gracias al dominio de las situaciones de tipo anticiclónico.

El máximo otoñal se explica por la conjunción de dos factores:

- En esta estación se dan con frecuencia situaciones de temporales de levante.

- En este momento del año indicado la temperatura de las aguas del Mediterráneo es aún alta, de manera que la humedad de los flujos y la energía termo - conectiva aportada por el mar a la atmósfera son potencialmente mayores.

El máximo otoñal viene dado más por una mayor copiosidad de las situaciones lluviosas que por su mayor frecuencia. Algunas zonas limítrofes del interior muestran un régimen de máximo primaveral, propio de la Meseta y de otras regiones mediterráneas de clima continentalizado.

9.3-Sequías.

Son periodos con precipitaciones inferiores a lo normal con efectos en el caudal de los ríos, en las cosechas, en el abastecimiento de aguas... Dentro de la climatología mediterránea es importante destacar que para que una sequía produzca disfunciones graves por falta de agua, ésta debe tener periodos prolongados. Esto es porque los seres vivos se adaptan a la falta de agua en el momento del año con mayor vitalidad biológica. Por ello en el clima Mediterráneo es más importante la duración de la sequía que la intensidad

La sequía de 1978 - 82 fue generalizada en la Península. La Comunidad Valenciana sufrió importantes desequilibrios donde los efectos hidrológicos principales fueron el descenso de los niveles en acuíferos, por la necesidad de recurrir a las reservas de agua. Otro fue el descenso considerable de las cotas de los embalses que vieron descender sus volúmenes hasta el 5-10% y otros extremos de quedarse vacío.

La principal causa de sequía en la zona de estudio es la falta de lluvias otoñales. La recuperación de los embalses más pequeños se da, en gran medida, a partir de la lluvia de uno o más aguaceros intensos, mientras que las lluvias primaverales son comparativamente más importantes para recargar los acuíferos.

9.4-Temperaturas

Cabe destacar la temperatura media anual relativamente alta del sector costero de la cuenca, Gandía - 18° C, debido a la combinación de un invierno afable, con 11° C en enero y mínima media para este mes de 6,3° C, y de un verano caluroso, agosto - 26,5° C. Las heladas son raras y más aún las nevadas

Los contrastes de temperatura de la franja costera se da con la serranía alcoyana. El incremento de altitud refresca el verano, y sobre todo, endurece el invierno. Las medias anuales quedan entre 13° y 15° C, a consecuencia de veranos más suaves, agosto, 21,4° C, y del frío invernal, enero, 6° - 8° C.

El periodo habitual de heladas abarca de noviembre a abril, por más que puedan anticiparse o retrasarse.



10-VEGETACIÓN Y USOS DEL SUELO

La cuenca de estudio se encuentra sometida una notoria sequía estival, que viene acompañada de escasas precipitaciones medias anuales y unos suelos que soportan procesos de degradación importantes. A ello tenemos que añadir la proliferación de incendios que han assolado año tras año la comarca y que han dejado despoblada la zona arbolada.

En la provincia de Alicante, debido a un clima más seco y acusado, se dan formaciones de *Chamaerops* y *Rhamnus* lycioides. En altitudes superiores a 700 m. Y en suelos calizos, el dominio climático es para los quejigares destacando la presencia de: *Acer opalus*, ssp. *granatense*, *Paeonia officinalis* ssp. *humilis*, *Quercus faginea* y *Viola willkommii*.

Atendiendo al Mapa de Series de Vegetación de España (Rivas Martínez), la cuenca del río Serpis se encuentra situada en la región Mediterránea, y dentro de ella la mayor parte se localiza en el piso meso-Mediterráneo.

La vegetación natural ha sufrido notables modificaciones debido a la expansión de la superficie cultivada así como a los incendios ocurridos en la zona. La mayor extensión la ocupan las masas de matorral sin arbolado. Se trata, en general, de zonas en las que se hace prácticamente imposible la repoblación, o bien, en las zonas donde existía pinares, se han producido incendios y posteriormente se han visto invadidos por matorral.

En cuanto a las superficie forestal, destacan los pinares de pino carrasco (*P. halepensis*) en la zona de estudio de Lorcha. Es la especie dominante en toda la cuenca, su fácil y rápido crecimiento hace que tenga una presencia notable en todo el territorio.

Los cultivos leñosos de secano ocupan también una gran extensión. Las plantaciones suelen realizarse en bancales, con lo que la mecanización de las labores se dificultan. Esto, unido a la baja rentabilidad de los cultivos, ha terminado en un progresivo abandono.

En cuanto a los cultivos herbáceos de secano, las parcelas dedicadas a estos cultivos aparecen diseminadas entre las plantaciones de frutales y viñedos.

MAPA DE USOS DEL SUELO

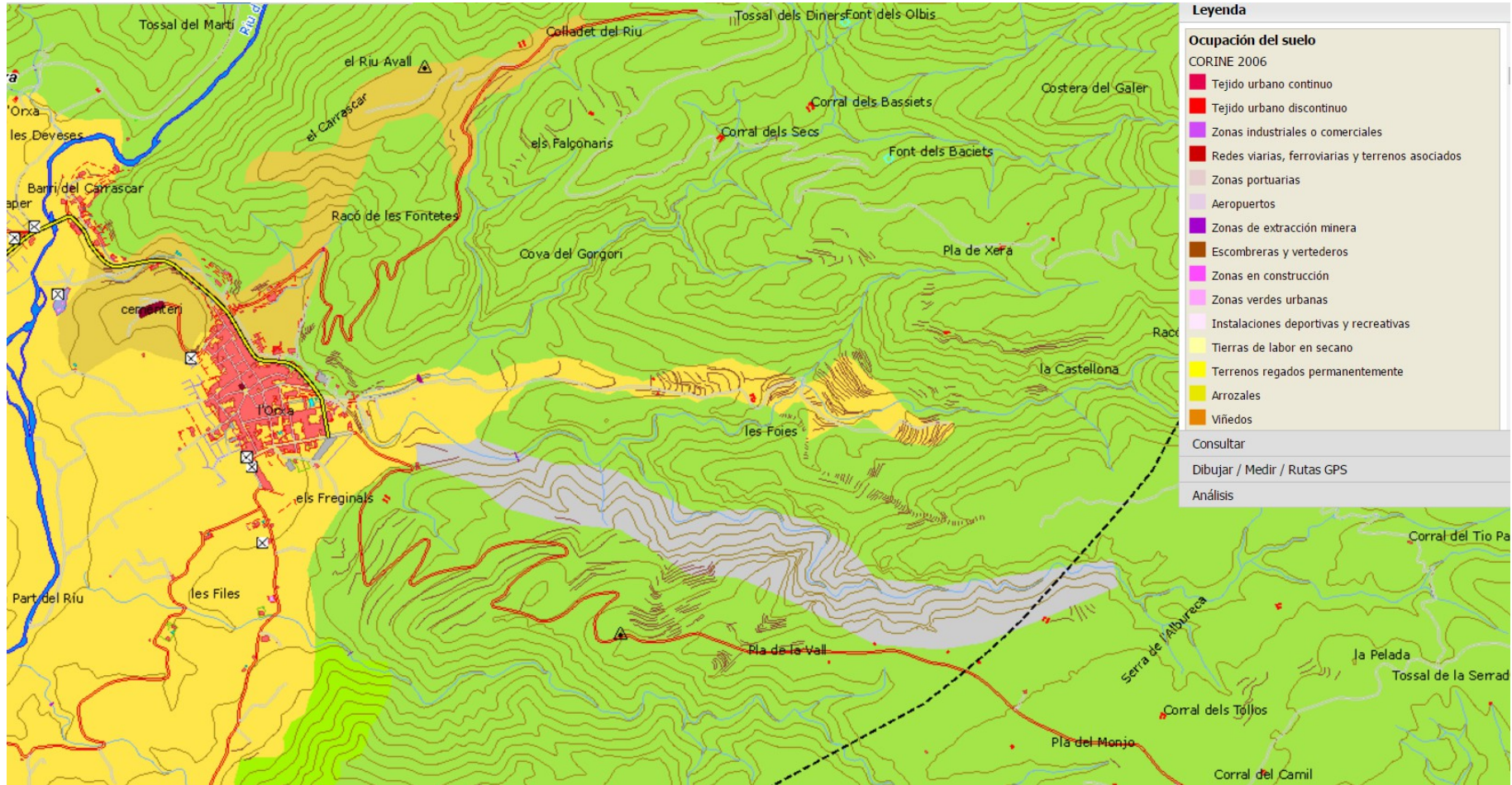


Imagen19. Usos del suelo. Fuente: PATRICOVA.

11-ESTUDIO HIDROLÓGICO

El estudio hidrológico tiene por finalidad determinar los caudales de máximos de las crecidas que se pueden producir en las cuencas vertientes de la población de Lorcha.

Se puede resumir en los siguientes pasos:

1. Determinación de las precipitaciones diarias máximas anuales
2. Definición de las cuencas vertientes
3. Determinación de los tiempos de concentración de las cuencas vertientes
4. Tormentas de diseño
5. Análisis del caudal de crecida para los periodos de retorno considerados

11.1.-Periodos de Retorno

Debido a que se está analizando el riesgo de inundación, según el Real Decreto 638/2016 de Gestión y Evaluación de Riesgos de Inundación se define zona inundable:

*“Se considera zona inundable los terrenos que puedan resultar inundados por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo período estadístico de **retorno sea de 500 años**, atendiendo a estudios geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos, así como de series de avenidas históricas y documentos o evidencias históricas de las mismas en los lagos, lagunas, embalses, ríos o arroyos, así como las inundaciones en las zonas costeras y las producidas por la acción conjunta de ríos y mar en las zonas de transición. Estos terrenos cumplen labores de retención o alivio de los flujos de agua y carga sólida transportada durante dichas crecidas o de resguardo contra la erosión”*

Por lo tanto en basa a la normativa existente consideraremos para su análisis los siguientes periodos de retorno: **10,50,100,200 y 500 años**.

11.2.- Precipitaciones diarias

Para el cálculo de la precipitación diaria asociada nos basamos en el Documento “Máximas Precipitaciones Diarias de la España Peninsular”, editadas por el Servicio de Geotecnia de la Dirección General de Carreteras con la colaboración del Centro de Estudios Hidrográficos del C.E.D.E.X.

El procedimiento de cálculo es el siguiente:

Se obtiene la Precipitación diaria media máxima anual que en el caso de la zona de Lorcha corresponde a un valor:

$$PMDA = 114 \text{ mm}$$

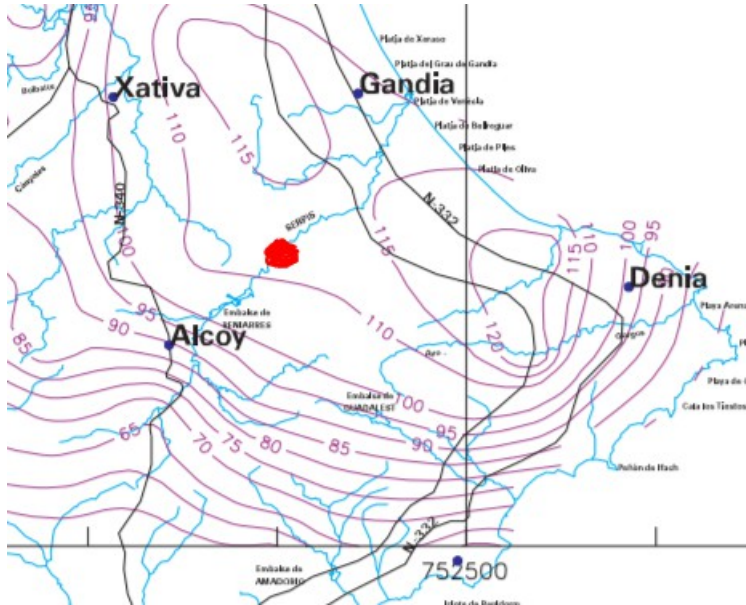


Imagen 20. Isoyetas de PMDA. Fuente: Ministerio de Fomento

11.3-Cálculo del Factor de Amplificación Y_t

El documento realizado por el CEDEX y la Dirección General de Carreteras frente a anteriores trabajos a escala nacional en que se empleaban exclusivamente los datos locales en cada una de las distintas estaciones pluviométricas, se ha optado por un enfoque regional que trata de reducir la varianza de los parámetros estimados con una única muestra, empleando la información de estaciones con similar comportamiento. El enfoque tradicional de estos métodos asume la existencia de una región homogénea respecto a ciertas características estadísticas, lo que permite aprovechar el conjunto de información disponible en dicha región. El método regional adoptado, denominado tradicionalmente "índice de avenida", asume que la variable Y resultante de dividir en cada estación los valores máximos anuales por su media.

$$Y = \frac{P}{P_{\text{media}}}$$

Sigue idéntica distribución de frecuencia en toda la región considerada. Los parámetros de dicha distribución, una vez seleccionado el modelo de ley, son obtenidos a partir del conjunto de datos de las estaciones de la región, mientras que el valor local de la media P se estima exclusivamente a partir de los datos de cada una de las estaciones. La estimación de los cuantiles locales X_t (PT en el "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" de 1997) en un determinado punto se reduce a reescalar los cuantiles regionales Y_t (denominados Factores de Amplificación K_T en la referida publicación) con la media local P según la siguiente expresión:

$$X_t = Y_t * P_{\text{med}}$$

De forma que al final la PMDA para el periodo de retorno considerado se podrá calcular como:

$$PMDA_T = Y_t * PMDA_{\square}$$

Para el cálculo de Y_t necesitamos conocer el Coeficiente de variación C_v y el periodo de retorno.

Para C_v recurrimos al mapa de isolíneas del CEDEX



Imagen 21. Isolíneas del Coeficiente de variación C_v . Fuente: Ministerio de Fomento.

Se observa que para la zona de Lorcha **$C_v=0.51$**

Los periodos de retorno considerados son **$T=10, 25, 50, 100, 200$ y 500 años**

De la siguiente tabla podemos obtener el factor de amplificación Y_t :

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

Figura 1. Cuantiles Y_t de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Amplificación KT, en el "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" (1997).

Para los datos considerados se tienen las precipitaciones diarias máximas para los periodos de retorno considerados:

Periodo de Retorno(años)	Y_t	Pdmax(mm)
10	1.625	185.25
50	2.434	277.5
100	2.851	325
200	3.220	367
500	3.799	433

Tabla 1. Precipitaciones diarias máximas para los periodos de retorno considerados.

11.4-Definición de las cuencas vertientes

Debido a la existencia de los diques del Bassiets y de les Foyes se ha decidido dividir la cuenca en 4 subcuencas vertientes.

11.4.1- Cuenca 1. Barranco de Bassiets

Son afluentes del río Serpis por su margen derecho, se unen inmediatamente antes de su paso por el municipio de Lorcha.

Transcurren por zonas de caliza, formando gargantas profundas entre grandes peñas. Se van uniendo diferentes barrancos que recogen las aguas de la Sierra Azafor, pasando por el pueblo de Lorcha y desembocando en zona de vega del río Serpis, aguas debajo de la presa de Beniarrés.

La vega está poblada por choperas (*Populus* sp.), baladres (*Nerium oleander*) y diferentes especies de gramíneas, así como huertas y frutales de verano, muy típicas a esta altura de la cuenca.

En la zona media y alta de su cuenca la vegetación es abundante, con pinares, matorral y otras especies

Los cauces llevan abundantes acarreo con existencias de bolos y dinámica latente, puesto que aguas arriba la pendiente es mayor que la que puede haber aguas abajo.

Aguas debajo de los barrancos existen obras hidráulicas para la contención de los caudales de avenida compuestas por diques de mampostería.

En el estudio hidrológico dicha cuenca vertiente se denominará subcuenca 1



Imagen 22. Barranco del Bassiets y situación del dique

La cuenca del barranco del Bassiets tiene 4.2 km² y una fuerte pendiente que hace que en épocas de lluvias la velocidad de esta agua se incremente considerablemente. La pendiente aguas arriba es del 12% y aguas abajo es del 3,6%.

La construcción del dique vino dada por la peligrosidad que mostraba el barranco en épocas de crecidas, ya que atraviesa de norte a oeste la población de Lorcha. La fuerza y torrencialidad

que las aguas encauzadas tomaban a la altura de la población, provocaron años atrás grandes pérdidas materiales cuando éstas se desbordaban.

Los datos del dique facilitados por el Servicio Forestal de Alicante se muestran en la siguiente tabla:

CUENCA	RÍO JÚCAR	SUBCUENCA	29 - RÍO SERPIS	129				
BARRANCO / MONTE	BASSIETS							
MUNICIPIO	LORCHA	FECHA DE REVISIÓN	JUNIO 2008					
ACCESOS	SIN ACCESO. POSIBLE ACCESO POR DENTRO DEL BARRANCO							
OBRA	D03	LONG. CORONACIÓN (Lc)	27,80	ALTURA VERTEDERO (Hv)	1,50			
D DIQUE		ALTURA ÚTIL ACTUAL (Ha)	8,00	LONGITUD VERTEDERO (Lv)	9,80			
En: ENCAUZAMIENTO		ALTURA ÚTIL INICIAL (Hu)	8,00	ESPESOR CORONACIÓN (e)	1,45			
Es: ESCOLLERA		ALTURA COLMATADA (Hc)	0,00	MATERIAL	MAMPOSTERÍA HIDRÁULICA			
MURO	ALTURA	0,00	ANCHURA	0,00	LONGITUD	0,00	MATERIAL	0
POSICIÓN SEGÚN COORDENADAS UTM (EUROPEAN DATUM 1950 UTM HUSO 30N)								
X:	734.042	Y:	4.303.127					
DESCRIPCIÓN DE DAÑOS								
ANCLAJES	5							
HOMBROS:	5							
BALSETA:	5							
FOTOGRAFÍAS	4							
COMENTARIO								

Figura 2. Información dique del barranco delsBasiets. Fuente: Servicio Forestal de Alicante

11.4.2-Cuenca 2. Barranco de les Foyes

Se encuentra situado aguas abajo del embalse de Beniarrés y se une al Barranco de Basiets, anteriormente nombrado, para atravesar el pueblo de Lorcha.

Situado al este de la población de Lorcha, el dique construido en el barranco de les Foyes se encuentra más arriba que la obra anteriormente citada. Para llegar hasta él hay que caminar 400 metros por el cauce seco, aguas arriba desde la carretera CV-701 que nos indica el final de Lorcha.

De la misma forma que en el barranco de les Baisets se planteó la construcción de un dique a 700 m del anterior para controlar las enormes crecidas que se producían.



Imagen 23. Barranco de les Foyes y situación del dique. Fuente: Google Earth



Imagen 24. Dique del barranco de les Foyes. Fuente: Servicio forestal de Alicante

Los datos del dique son los siguientes:

CUENCA	RÍO JÚCAR	SUBCUENCA	29 - RÍO SERPIS	128				
BARRANCO / MONTE	FOIES							
MUNICIPIO	LORCHA	FECHA DE REVISIÓN	JUNIO 2008					
ACCESOS	SIN ACCESO. POR BARRANCO							
OBRA	D01	LONG. CORONACIÓN (Lc)	30,10	ALTURA VERTEDERO (Hv)	1,50			
D: DIQUE		ALTURA ÚTIL ACTUAL (Ha)	11,00	LONGITUD VERTEDERO (Lv)	7,80			
En: ENCAUZAMIENTO		ALTURA ÚTIL INICIAL (Hu)	11,00	ESPESOR CORONACIÓN (e)	2,10			
Es: ESCOLLERA		ALTURA COLMATADA (Hc)	0,00	MATERIAL	MAMPOSTERÍA HIDRÁULICA			
MURO	ALTURA	0,00	ANCHURA	0,00	LONGITUD	0,00	MATERIAL	0
POSICIÓN SEGÚN COORDENADAS UTM (EUROPEAN DATUM 1950 UTM HUSO 30N)								
	X:	734.377	Y:	4.302.854				
DESCRIPCIÓN DE DAÑOS								
ANCLAJES	5	DESCALCE DEL FRENTE DE LA BALSETA DEBIDO AL GOLPEO DEL AGUA DESDE EL VERTEDERO						
HOMBROS:	5							
BALSETA:	4							
FOTOGRAFÍAS	6							
COMENTARIO	PRESENTA MUROS LATERALES EN SOLERA CÓDIGO: SP-020							

Figura 3. Dique les Foyes. Fuente: Servicio Forestal de Alicante

La cuenca correspondiente al barranco de les Foyes tiene una superficie de 7.1 km² con una pendiente media aguas arriba del dique del 7,2 % y aguas abajo del 6%. La longitud del cauce principal es de 4.4km.

BARRANCO DE LES FOYES.
Superficie: 12,74 km²
Altura media: 283 m.

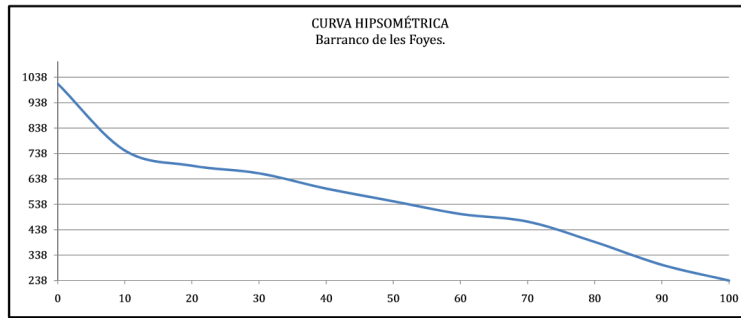


Figura 4. Curva hipsométrica del barranco de les Foyes. Fuente: Servicio forestal de Alicante.

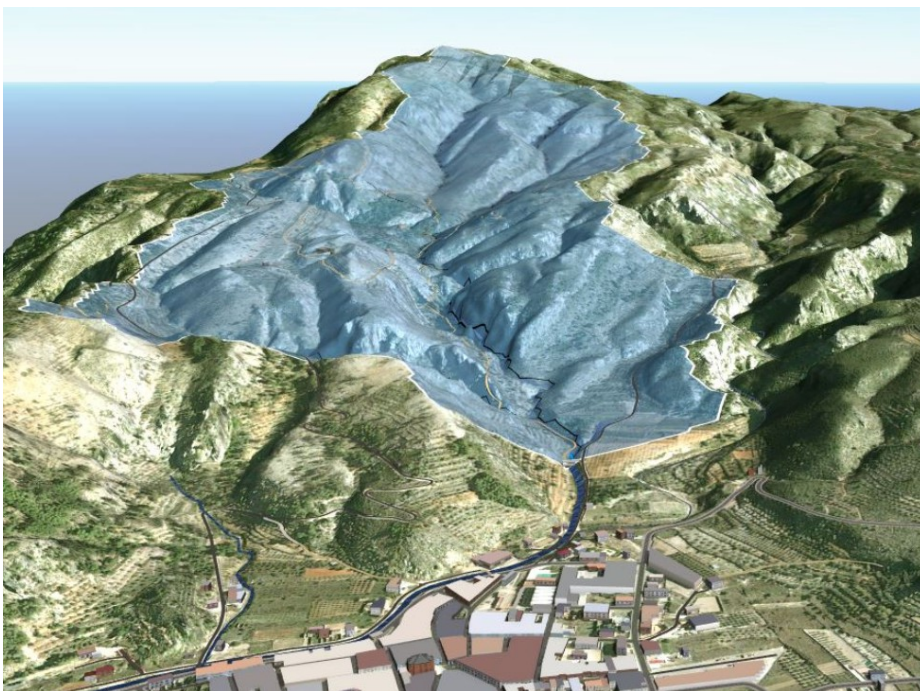


Imagen 25. Cuenca vertiente del barranco de Bassiets. Fuente: Elaboración propia Infracworks

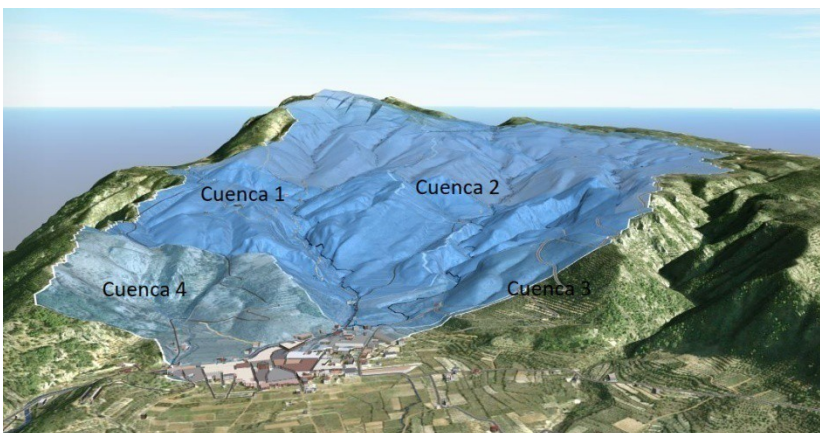


Imagen 26. Cuencas vertientes. Fuente: elaboración propia

Las cuencas 1 y 2 se corresponden a los barrancos de Bassiets y Les Foyes respectivamente.

Subcuenca	Área(km ²)	Longitud cauce principal(m)	Pendiente media (%)	Observaciones
1	4.2	3798	12	Bassiets
2	6.7	4880	6.3	Les Foyes
3	0.38	881	14	
4	0.6	1100	17.5	

Tabla2. Cuencas vertientes. Fuente: elaboración propia

11.4.3-Cuenca 3

Se sitúa al sur-este de la localidad de Lorcha comprendiendo la ladera de “la Pedreta” que baja desde la cota 414 metros hasta la entrada a la población. Parte de la cuenca corresponde a la ladera situada al norte del encauzamiento, dividiendo la cuenca en dos partes.

Los usos del suelo son de matorral y arbusto bajo aunque aparecen terrenos agrícolas y suelo sin clasificar.

11.4.4-Cuenca 4

Se sitúa al norte de Lorcha, su superficie es de 0,6 km² estando constituida por la ladera que baja desde la elevación del Calvario(502m) por el barranco de la Fonteta hasta alcanzar el encauzamiento situado al norte de la localidad.

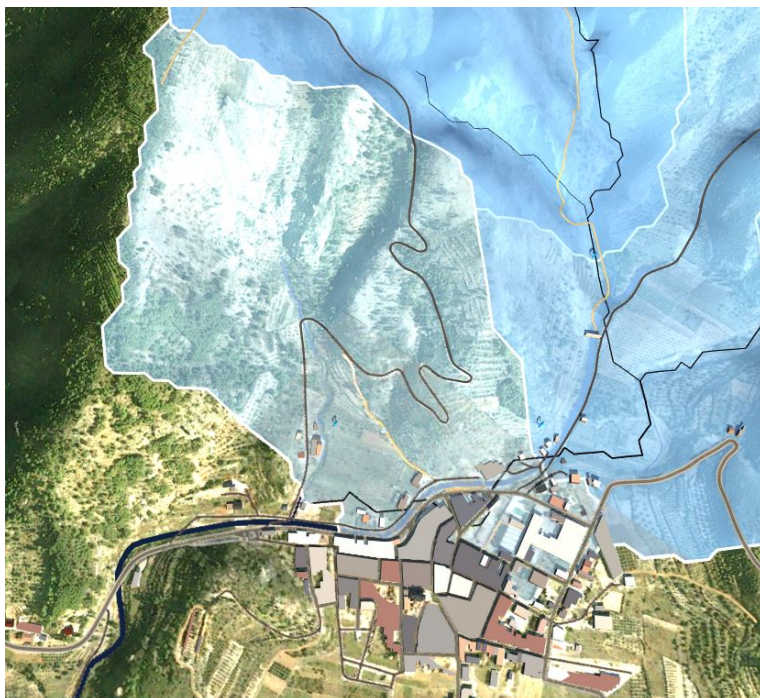


Imagen 27. Cuenca 4. Fuente: elaboración propia

Se caracteriza por terrenos de arbustos y matorral bajo y sobre todo por su fuerte pendiente del cauce principal.

11.5-Tiempos de concentración

Tiempo de concentración t_c , es el tiempo mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escorrentía en el punto de desagüe. Se obtiene calculando el tiempo de recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca hasta el punto de desagüe.

Su cálculo es fundamental ya que consideramos que las lluvias más desfavorables son aquellas que se producen para una duración igual a dicho tiempo de concentración.

Para cuencas principales:

$$t_c = 0,3 \cdot L_c^{0,76} \cdot J_c^{-0,19}$$

dónde:

t_c (horas) Tiempo de concentración

L_c (km) Longitud del cauce

J_c (adimensional) Pendiente media del cauce

Con los datos de las cuencas se pueden determinar los tiempos de concentración a de cada una de ellas que resultan:

SUBCUENCA	L(KM)	J	Tc(h)
1	3.8	0.12	1.24
2	4.88	0.063	1.69
3	0.885	0.14	0.40
4	1.1	0.175	0.45

Tabla 3. Tiempos de concentración de las cuencas.

De todos ellos consideramos que el más desfavorable es el de 1,69 horas, ya que inicialmente vamos a calcular el caudal máximo de crecida sin considerar los diques, los cuales efectuarán un efecto de laminación que disminuye el riesgo de inundación en la zona.

Una vez que hemos determinado el tiempo de concentración podemos definir las tormentas de diseño.

11.6-Tormentas de diseño

En el anejo de cálculos hidrológicos se recoge la determinación de las curvas IDF para la determinación de las tormentas de diseño, para la consecución de dichas curvas se ha empleado el método de la Instrucción 5.2-IC de Drenaje, de 2016.

Para la zona de Levante en la que nos encontramos y considerando un factor de reducción areal con el área total de la cuenca los resultados obtenidos son:

Nos queda la expresión para las curvas IDF de la zona de estudio como:

$$I(T, t) = i(d) \cdot K_A \cdot 11^{(3.5287 - 2.5287t^{0.1})}$$

Para los periodos de retorno considerados las curvas IDF resultan:

T=10 años	$I(T, t) = 7.14 \cdot 11^{(3.5287 - 2.5287t^{0.1})}$
T=25 años	$I(T, t) = 9 \cdot 11^{(3.5287 - 2.5287t^{0.1})}$
T=50 años	$I(T, t) = 10.7 \cdot 11^{(3.5287 - 2.5287t^{0.1})}$
T=100 años	$I(T, t) = 12.5 \cdot 11^{(3.5287 - 2.5287t^{0.1})}$
T=200 años	$I(T, t) = 14.2 \cdot 11^{(3.5287 - 2.5287t^{0.1})}$
T=500 años	$I(T, t) = 16.7 \cdot 11^{(3.5287 - 2.5287t^{0.1})}$

Tabla 4. Curvas Intensidad-Duración Frecuencia.

Una vez determinadas las curvas IDF asociadas a los distintos periodos de retorno se ha procedido al cálculo de los hietogramas de diseño mediante el método de los bloques alternos, de esta forma obtenemos los datos de precipitación bruta para la lluvia más desfavorable en toda la cuenca de estudio.

Trabajaremos con hietogramas de bloques alternos asociados a los periodos de retorno definidos anteriormente.

En primer lugar se fijan n intervalos de tiempo de duración Δt , de manera que la duracion total de la tormenta sea igual a $n \cdot \Delta t$. Seguidamente, se obtienen, a partir de la curva IDF empleada, las intensidades de precipitación correspondientes a cada una de las duraciones, $i(k\Delta t)$.

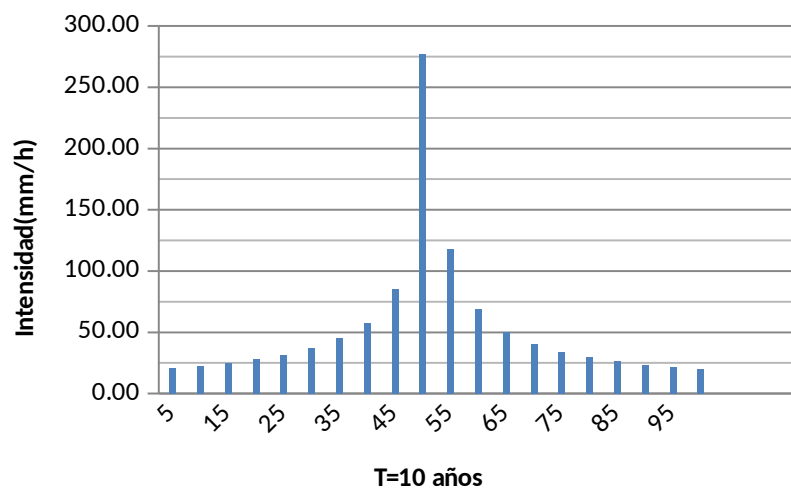
El valor de intensidad correspondiente a cada uno de los n bloques que conforman la tormenta se define de la siguiente forma:

$$b_k = k \cdot i(k \cdot \Delta t) - \sum_{j=1}^{k-1} b_j$$

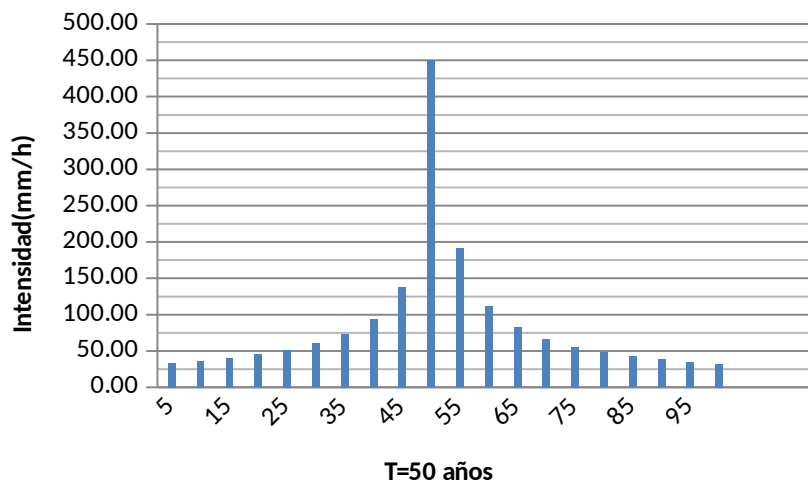
Teniendo en cuenta que la duración más desfavorable es la del tiempo de concentración de la cuenca 2 que es de 1,69 horas calcularemos las tormentas de diseño para este tiempo y los diferentes periodos de retorno elegidos.

Los intervalos de tiempo elegidos son de 5 minutos

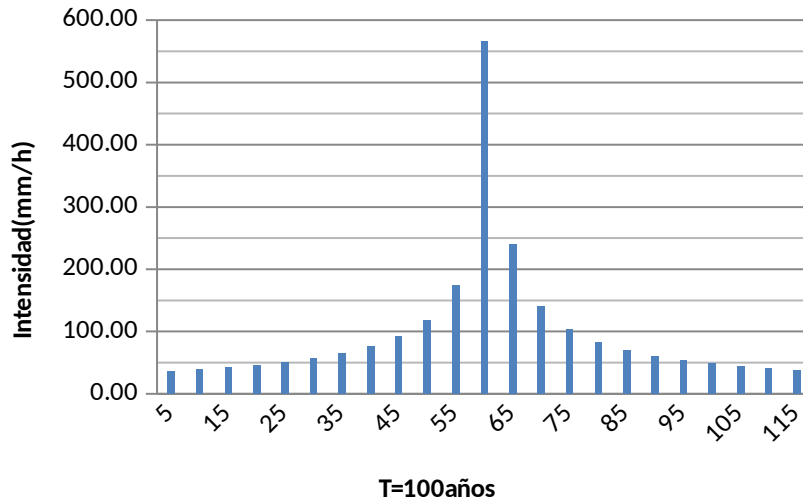
En el Anejo Hidrológico se pueden ver los cálculos realizados para la determinación de los hietogramas, los cuales resultan ser:



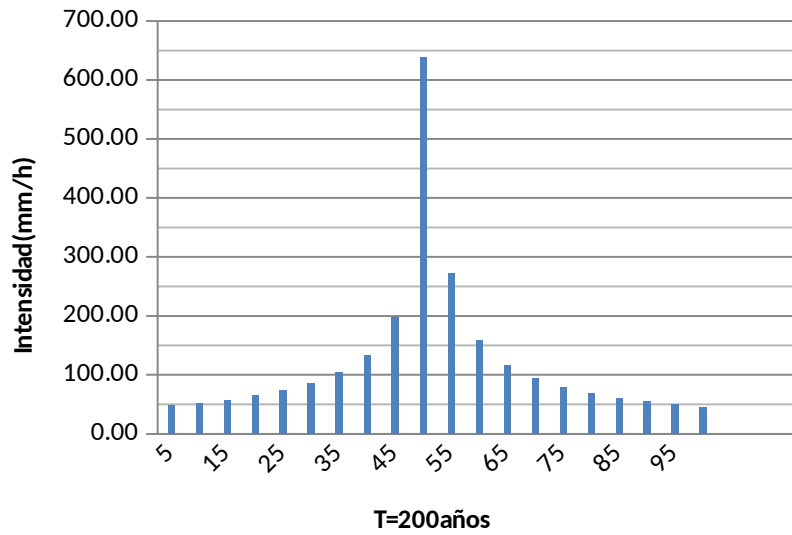
Gráfica 1. Hietograma de bloques alternos para periodo de retorno de 10 años.



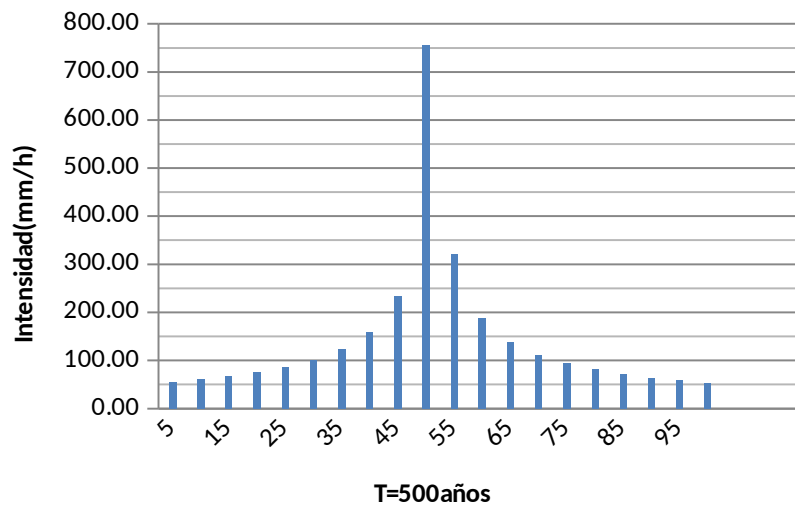
Gráfica 2. Hietograma de bloques alternos para periodo de retorno de 50 años.



Gráfica 3. Hietograma de bloques alternos para periodo de retorno de 100 años.



Gráfica 4. Hietograma de bloques alternos para periodo de retorno de 200 años.



Gráfica 5. Hietograma de bloques alternos para periodo de retorno de 500 años.

11.7-Umbrales de Escorrentía

Para el cálculo de los caudales de crecida debemos conocer que parte de ella precipitación se infiltra o evapotranspira y que parte es la responsable del encharcamiento y por lo tanto de circular sobre la superficie de ella cuenca en forma de escorrentía superficial.

Para ello debemos de separar el hietograma de lluvia bruta y convertirlo en precipitación neta de esta forma obtenemos la escorrentía superficial.

El modelo elegido en este trabajo dentro de los posibles es el del SoilConservationService, el cual se basa en determinar el parámetro de Umbrales de Escorrentía (P_o), es decir, la parte inicial de la precipitación que se infiltra y a partir de la cual empieza a generarse escorrentía superficial sobre la cuenca.

La mayor parte del uso del suelo corresponde a matorral bajo con algunas superficies de olivos.

Para su cálculo se ha utilizado la instrucción de drenaje 5.2IC mediante los usos del suelo de las cuencas obteniéndose los siguientes valores para cada una de las cuencas:

Cuenca	Poi	β	Po(mm)
1	17	2.4	40.8
2	19.5	2.4	46.8
3	11.2	2.4	26.88
4	10	2.4	24

Tabla 5. Umbrales de escorrentía para las diferentes cuencas.

En el anejo Hidrológico se pueden ver los cálculos realizados para su determinación.

11.8-Determinación de los caudales de crecida

11.8.1- Caudales de crecida sin contemplar el funcionamiento de los diques

Primero se ha considerado el cálculo de los caudales máximos en el caso de que no funcionaran los diques como efecto laminador de las avenidas. En este caso se podría plantear un hipotético caso de varía simultanea de ambos diques, lo cual no resulta probable, pero aun así determinamos el máximo caudal posible en la cuenca vertiente.

Para la determinación de los caudales de crecida se han empleado tres métodos:

- Hec-HMS
- Método de las isocronas
- Método Racional

11.8.1.1-Método del HMS

El programa Hec-HMS desarrollado por el US Army Corps Engineers permite obtener los hidrogramas de la crecidas asociadas a un periodo de retorno mediante la definición de las cuencas vertientes e introduciendo los distintos parámetros que modelizan el flujo.

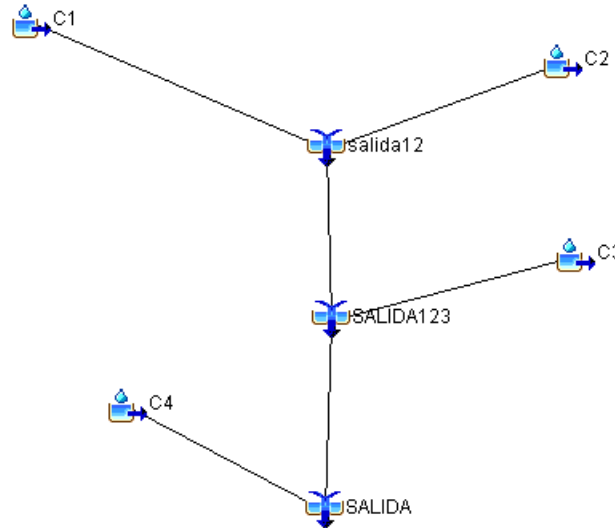


Imagen 28. Modelo de análisis de las cuencas en el HMS. Fuente: elaboración propia

Los parámetros a introducir son:

1. Áreas de las cuencas
2. Pluviogramas: se han introducido 5 pluviogramas correspondientes a las precipitaciones asociadas a 10,50, 100,200 y 500 años.
3. El método de análisis es el de Muskingun
4. Para la separación de la lluvia bruta y obtención de la lluvia neta se introducen los siguientes parámetros:
 - (a) Umbral de escorrentía
 - (b) Tiempo de retardo, se suele considerar $0.35 t_c$, siendo t_c el tiempo de concentración de cada cuenca.
 - (c) Porcentaje de la cuenca impermeabilizada.
 - (d) CN, curva del modelo del SCS que se calcula con la siguiente expresión:

$$CN = \frac{25400}{254 + \frac{P_0}{0.2}}$$

Para la discretización de las lluvias hemos elegido el tiempo de 5 minutos calculado antes en las tormentas de diseño, mientras que para la distribución de los caudales de escorrentía se ha elegido una discretización diez minutil.

Para un periodo de retorno de 10 años el Hidrograma a la salida de la cuenca es:

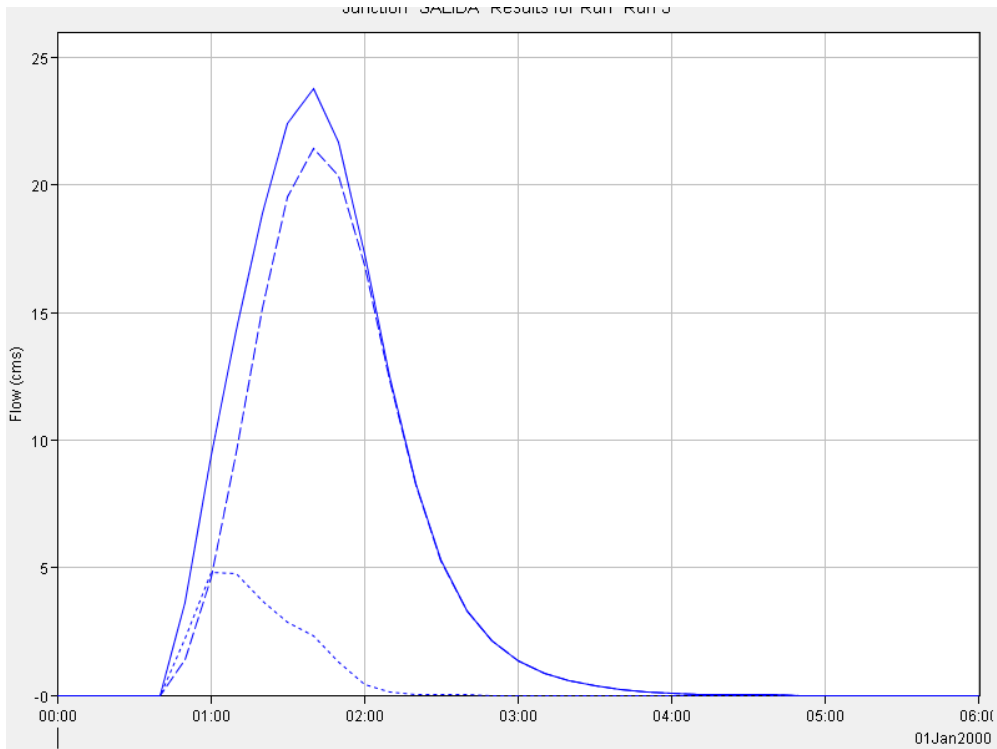


Imagen 29. Hidrograma a la salida de las cuencas para periodo de retorno de 10 años.



Imagen 30. Datos obtenidos para T=10 años en el HMS

Obteniéndose como se ve un caudal máximo de 23,8 m³/s

En el anejo hidrológico se tienen todas las tablas y gráficos correspondientes a los distintos periodos de retorno.

Los caudales obtenidos por el análisis efectuado en el HMS son:

Periodo de Retorno (años)	Q(M ³ /S)
10	23.8
50	91.8
100	131
200	197
500	273.5

Tabla 6. Caudales obtenidos mediante HMS.

11.8.1.2-Método de las Isocronas

Conocidas las curvas tiempo área acumulada, es decir el mapa de isócronas de la cuenca, que representan puntos de esta en los que una gota de agua tiene de a tardar el mismo tiempo en salir de la cuenca, se pueden determinar los hidrogramas asociados a los distintos tiempos de concentración y periodos de retorno.

El procedimiento consiste en obtener el hidrograma en S a partir de la curva tiempo área acumulada y desde ahí calcular el hidrograma para un tiempo de duración igual al tiempo de concentración de la cuenca.

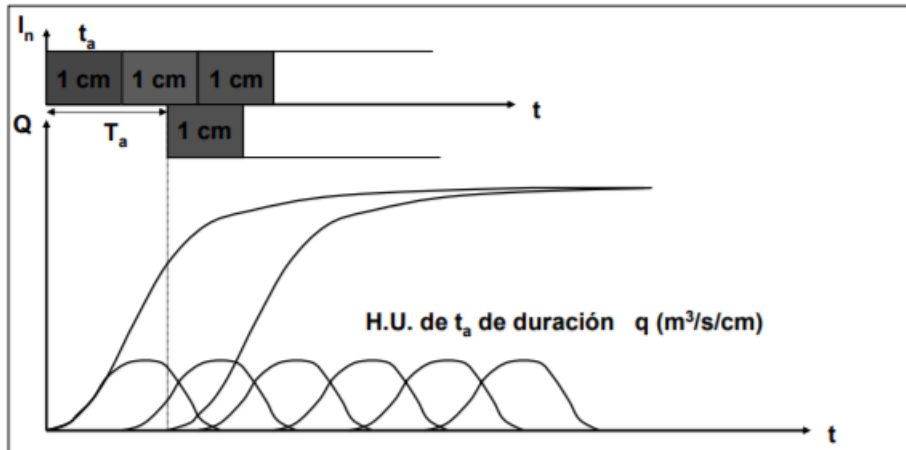
El procedimiento de cálculo ha sido el siguiente:

1. A partir de las curvas tiempo área acumulada obtenemos el Hidrograma en S de la cuenca

Un hidrograma en S es la respuesta de la cuenca frente a lluvias de tiempo de duración infinito e intensidad 1mm/h, la relación entre el área de la cuenca en km² y los caudales del hidrograma en S en m³/s es:

$$S = \frac{A}{3.6}$$

2.-Conocido el hidrograma en S, se desfasa el tiempo de duración del hidrograma que buscamos, de esta forma tenemos dos lluvias de duración indefinida e intensidad 1mm/h desfasadas en el tiempo un valor td



La resta de $S(t)-S(t+td)$ da como resultado un hidrograma que representa la respuesta de la cuenca ante una lluvia neta de duración td horas e intensidad 1mm/h , basta con multiplicar dicha intensidad por la intensidad neta que buscamos para obtener el hidrograma resultante.

Obviamente estos hidrogramas comienzan cada uno en los tiempos de encharcamiento respectivos de las cuencas, por lo que estarán desfasados en el tiempo, en el caso de las cuencas 1 y 2 los tiempos de encharcamiento son prácticamente iguales por lo que sus hidrogramas están en fase.

El método resulta más laborioso ya que hay que aplicar el modelo del SCS para determinar los hietogramas de lluvia neta y a partir de estos calcular los hidrogramas desfasándolos en el tiempo.

Determinadas tormentas de diseño aplicaremos el modelo del **SoilConservationService(SCS)** para el cálculo de la escorrentía superficial y la precipitación neta.

Conocida la Precipitación acumulada P desde que empieza a llover hasta un tiempo t y el valor del umbral de escorrentía de la cuenca P_0 podemos determinar la escorrentía superficial acumulada desde el inicio de la lluvia hasta el tiempo t .

$$E = \frac{(P - P_0)^2}{P + 4P_0}$$

Previamente se determina el **tiempo de encharcamiento** (t_e), el cual determina el inicio de la escorrentía superficial, dicho tiempo es el que tarda en caer una precipitación igual al umbral de escorrentía P_0 .

Es decir, el modelo del SCS lleva a cabo la separación del hidrograma de forma directa.

Los valores de abstracciones hidrológicas en la cuenca son irrelevantes y por otra parte dado el tiempo de duración de las lluvias la Evapotranspiración no se tiene en cuenta, más si cabe si tenemos en consideración que en las zonas con vegetación se ha considerado un umbral de escorrentía que tiene el efecto de las plantas.

Todos los cálculos correspondientes a este apartado pueden encontrarse en el anejo hidrológico-

Los resultados obtenidos por este modelo son:

Periodo de Retorno	Q(m ³ /s)
10	50.3
50	135.6
100	172.1
200	203.6
500	258.3

Tabla 7. Caudales obtenidos mediante método de las isocronas

11.8.1.3-Método Racional

Ya que la cuenca es menor de 50 km² el método racional puede ser aplicado para el cálculo del caudal de crecidas pero no es aconsejable su aplicación si se disponen de otros datos o modelos hidrometeorológicos que suelen ser más exactos.

El método se basa en considerar que la lluvia más desfavorable es la del tiempo de concentración de la cuenca y determina un coeficiente de escorrentía que realiza la separación del hietograma de lluvia bruta.

Se ha determinado únicamente el caudal para un periodo de retorno de 500 años para compararlo con los resultados obtenidos en los modelos anteriores.

FÓRMULA GENERAL DE CÁLCULO

Siguiendo el método racional, el caudal máximo anual Q, correspondiente a un período de retorno T, se calcula mediante la fórmula:

$$Q_r = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6}$$

donde:

- QT (m³/s) Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca
- I (T, tc) (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración tc, de la cuenca.
- C (adimensional) Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.
- A (km²) Área de la cuenca o superficie considerada.

- K_t (adimensional) Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación

En nuestro caso el tiempo de concentración es de 1,69 horas correspondiente a la cuenca 2 y la intensidad de lluvia para el periodo de retorno de 500 años para dicho tiempo de concentración ha sido calculada anteriormente $i(500,1,69)=135.5\text{mm/h}$

El coeficiente de escorrentía C , define la parte de la precipitación de intensidad I (T , t_c) que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca. El coeficiente de escorrentía C , se obtendrá mediante la siguiente formula:

$$\begin{aligned} \text{Si } P_d \cdot K_A > P_0 & \quad C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1\right) \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11\right)^2} \\ \text{Si } P_d \cdot K_A \leq P_0 & \quad C = 0 \end{aligned}$$

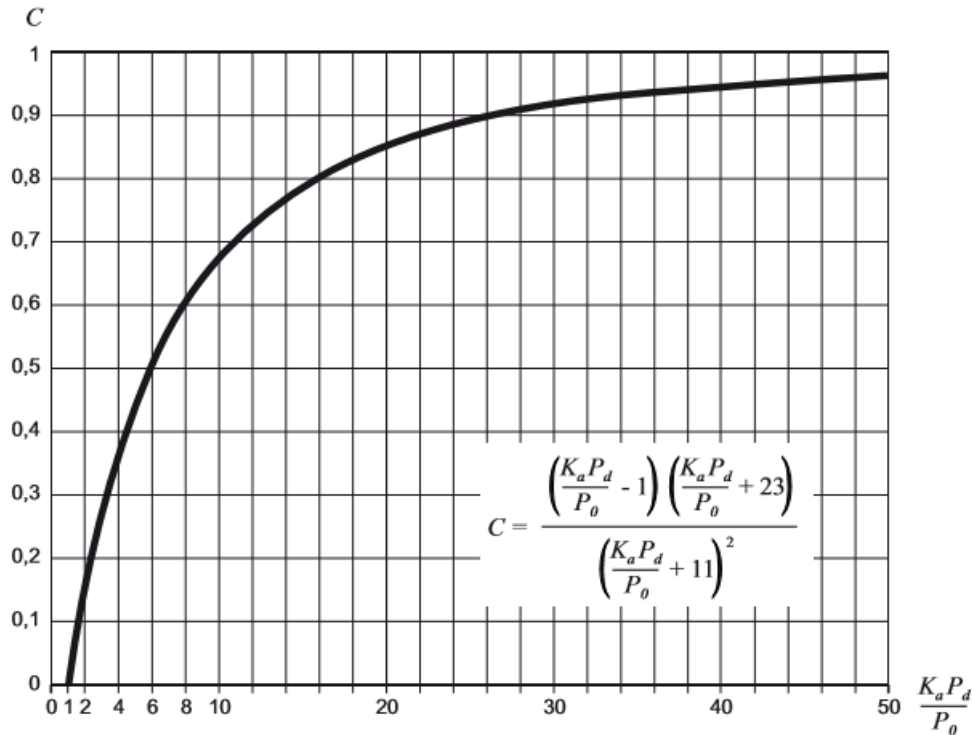
Dónde:

C (adimensional) Coeficiente de escorrentía

P_d (mm) Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T considerado

K_A (adimensional) Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

P_0 (mm) Umbral de escorrentía.



Determinación gráfica del Coeficiente de escorrentía. Fuente: IC-5.2

Donde P_o es el umbral de escorrentía y $P_d * K_a$ la precipitación diaria areal para $T=500$ años

Cuenca	C
1	0.675
2	0.666
3	0.4
4	0.42

Tabla 8. Coeficientes de escorrentía

K_t se calcula con la siguiente expresión:

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14}$$

Para $t_c=1,69$ $k_t=1.12$

A partir de los valores calculados se obtiene el caudal para $T=500$ años

$$Q = k_t \frac{(C_1 * A_1 + C_2 * A_2 + C_3 * A_3 + C_4 * A_4) * i_{T,tc}}{3.6} = 303 \text{ m}^3/\text{s}$$



T=500 años Q=303 m³/s

Se observa que es el método más conservador de los tres.

Para la realización de los cálculos hidráulicos se utilizarán los resultados obtenidos mediante el programa HEC-HMS, ya que las curvas de isócronas han sido obtenidas mediante el programa CIVIL 3D sin una exactitud elevada.

12-ESTUDIO HIDRÁULICO

12.1- Estudio hidráulico sin considerar los diques de los barrancos

Se pretende analizar el comportamiento del flujo en el cauce en el que confluyen las cuencas vertientes.

El encauzamiento es de naturaleza irregular aunque a su paso por la parte norte de la población se han construido cajeros de una altura de 2 metros sobre la solera por lo que su capacidad hidráulica está limitada a esta altura.



Imagen 31. Encauzamiento y pasarela. Fuente: Ineternet

Existen dos pasarelas peatonales, sin estribos de 1,9 metros de gálibo.

Para el cálculo hidráulico se ha utilizado la siguiente metodología:

- 1.- Se ha obtenido la cartografía digital del Instituto Geográfico Nacional en Modelo Digital del Terreno - MDT05.
- 2.- Con esta cartografía se ha creado un modelo digitalizado con el programa Infracore de Autodesk, como se observa en la imagen.



Imagen32. Cuencas vertientes y cauce. Infracworks.Fuente: Elaboración propia

3.- Dicho programa permite fijar las cuencas vertientes y poder analizar el curso del río a su paso por la localidad de Lorcha.

4.-El modelo digitalizado se ha importado a Civil 3D obteniendo la superficie de la zona, con la cual se ha realizado la alineación del cauce y los perfiles transversales correspondientes.



Imagen33. Modelización de la zona en Civil 3D. Fuente: Elaboración propia



Imagen34. Cauce digitalizado con perfiles cada 20 metros. Fuente: Elaboración propia

4.-Una vez definida la alineación del cauce y los perfiles transversales cada 20 metros se ha procedido a su exportación al programa HEC-RAS, del US Army Corps Engineers , con el cual se desarrollará el análisis del flujo.

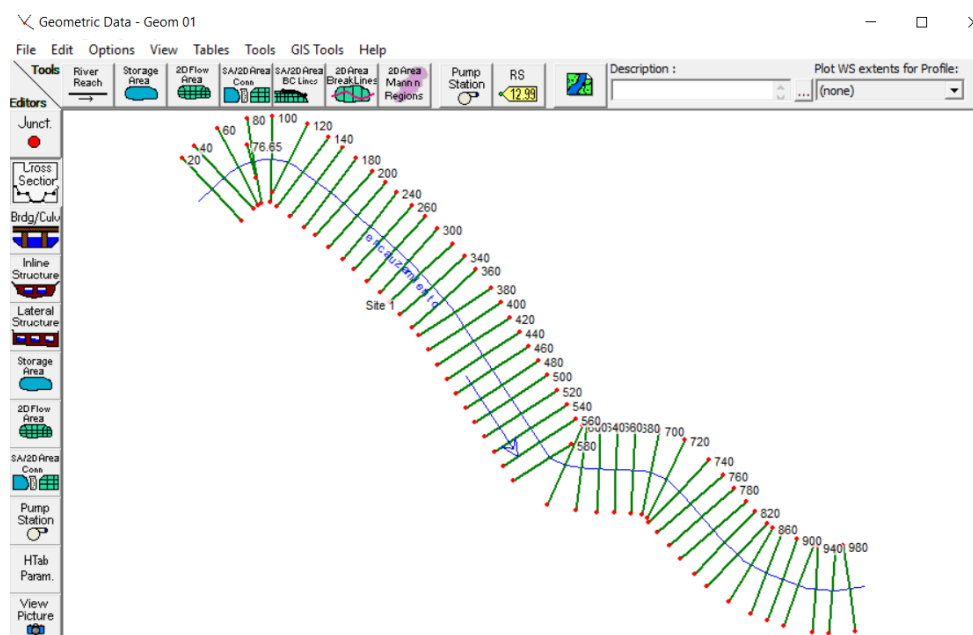


Imagen35. Cauce modelado en HEC-RAS. Fuente: Elaboración propia

Para los caudales obtenidos en el anejo hidrológico se han obtenido los resultados de flujo para analizar la inundabilidad de la localidad de Lorcha.

Análisis para T=10 años

$$Q=23.8\text{m}^3/\text{s}$$

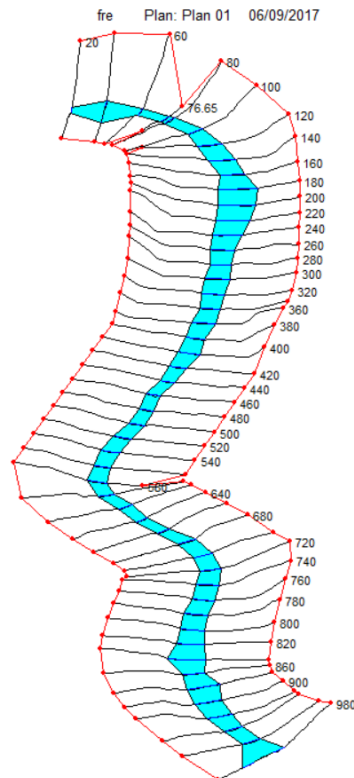


Imagen36. Resultado de la simulación para T=10 años

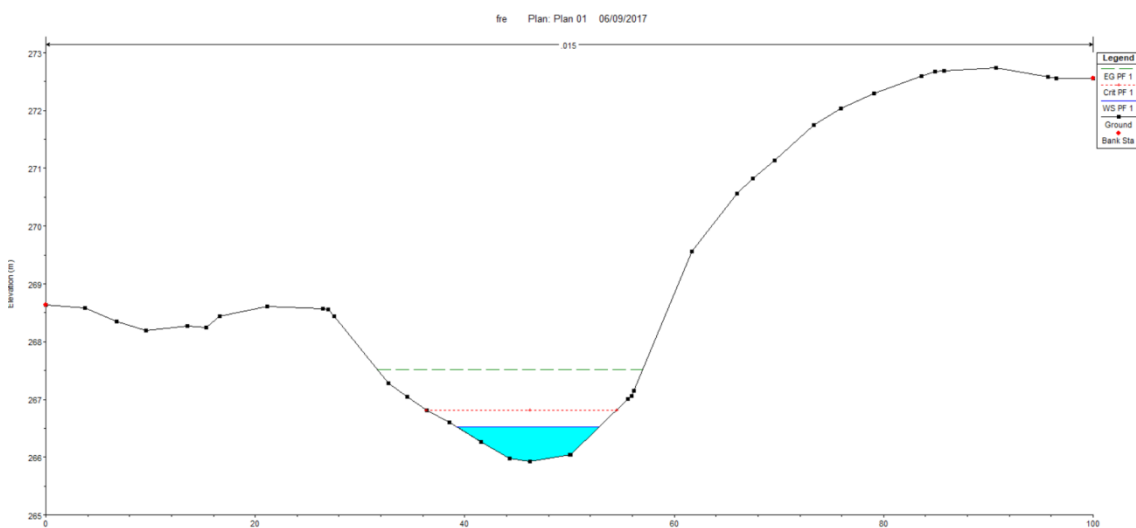


Imagen37. Sección para T=10 años

De los resultados obtenidos se deduce que la capacidad del encauzamiento es suficiente no produciéndose desbordamientos.

El calado máximo alcanzado es de 0,6 metros.

Análisis para T=50 años

Q=91.8m³/s

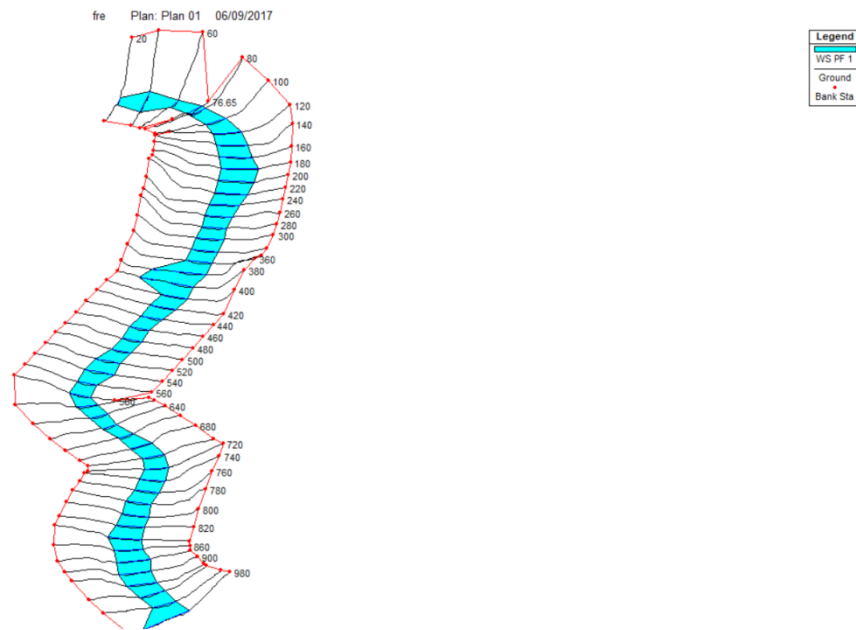


Imagen 38. Resultado de la simulación para T=50 años.

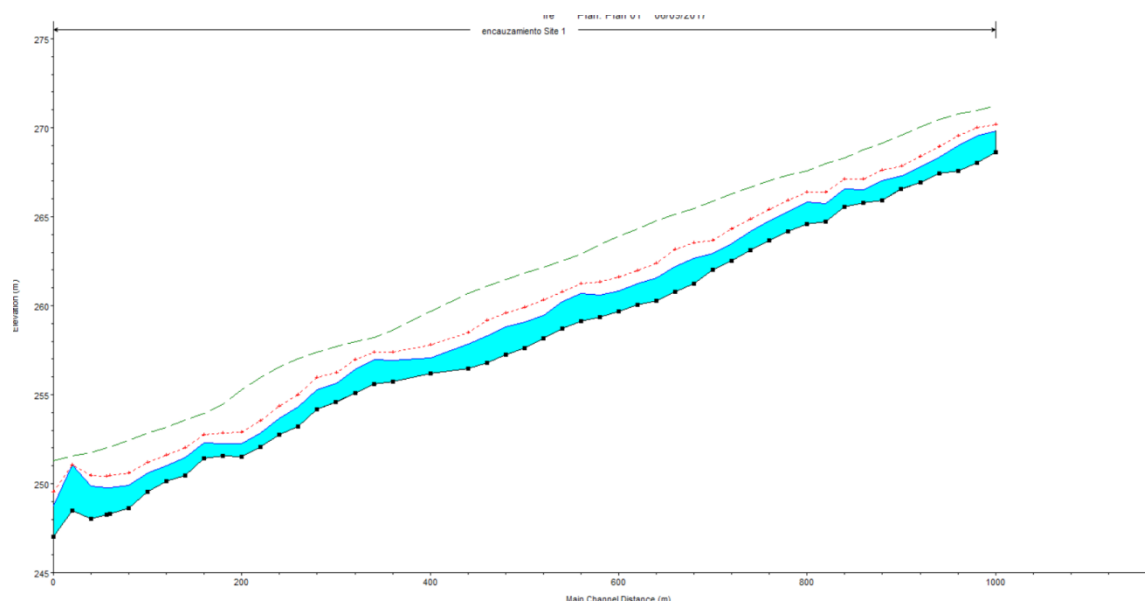


Imagen 39. Sección para T=50 años.

Para el periodo de retorno de 50 años el máximo calado que se alcanza es de 1,5 metros

Análisis para T= 500 años

$Q= 273.5 \text{ m}^3/\text{s}$

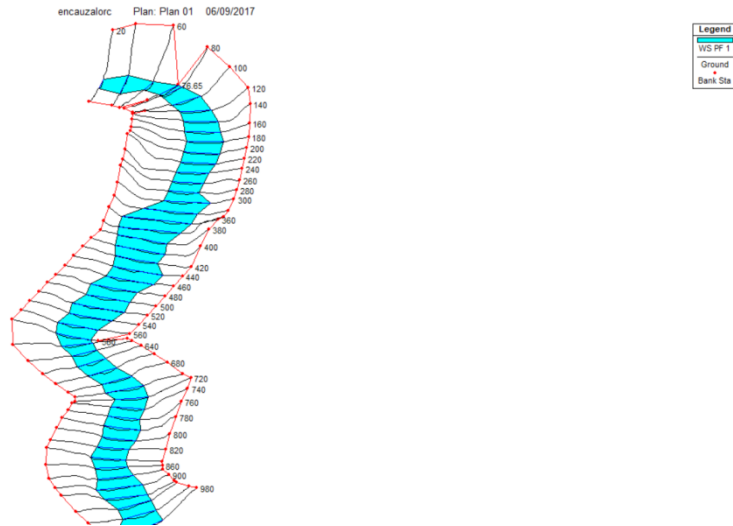


Imagen 40. Resultado de la simulación para T=500 años

En el anejo de cálculos hidráulicos se muestran todos los resultados obtenidos.

-Sección en encauzamiento para T= 10 años

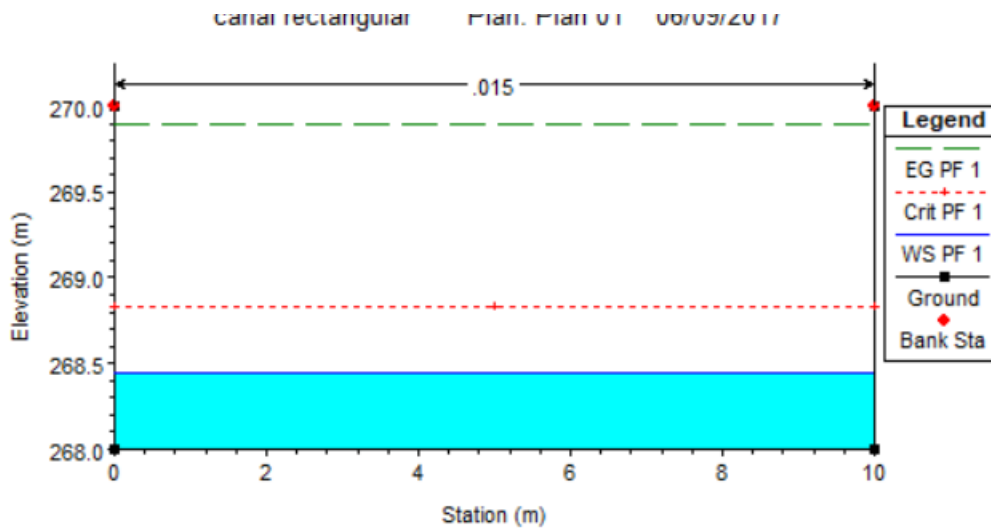


Imagen 41. Sección para T=10 años.

-Sección encauzamiento para T=50 años

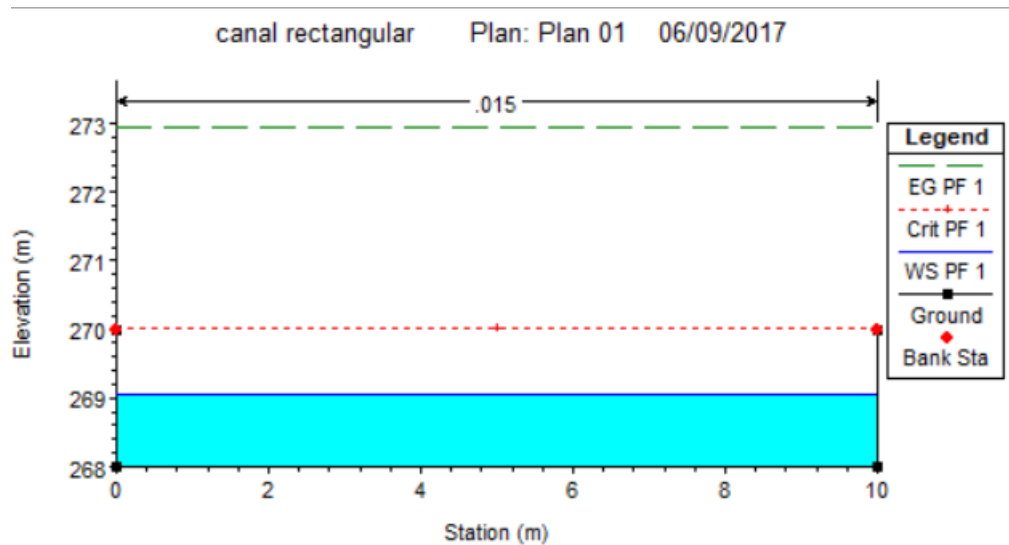


Imagen 42. Sección para T=50 años

-Sección encauzamiento para T=100 años

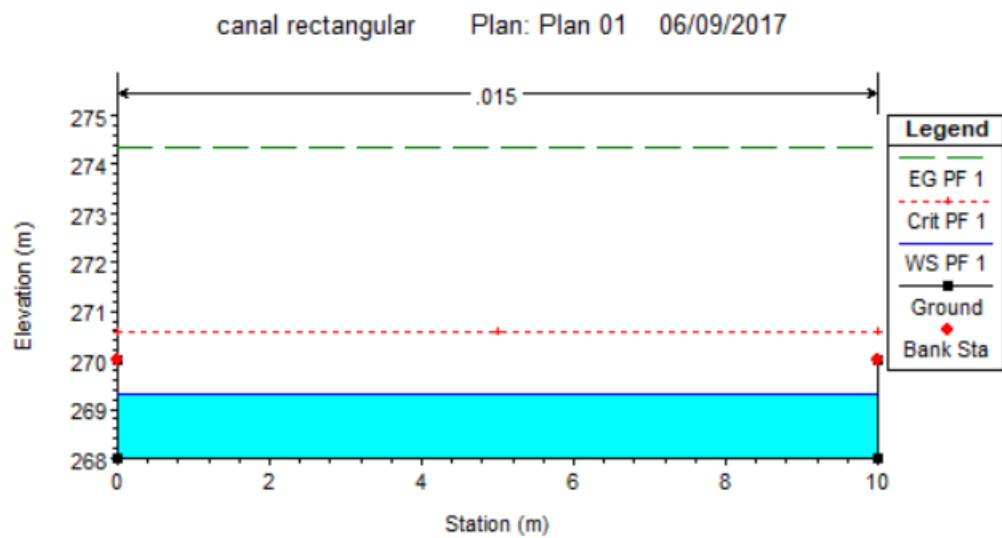


Imagen 43. Sección T=100 años

-Sección encauzamiento para T=200 años

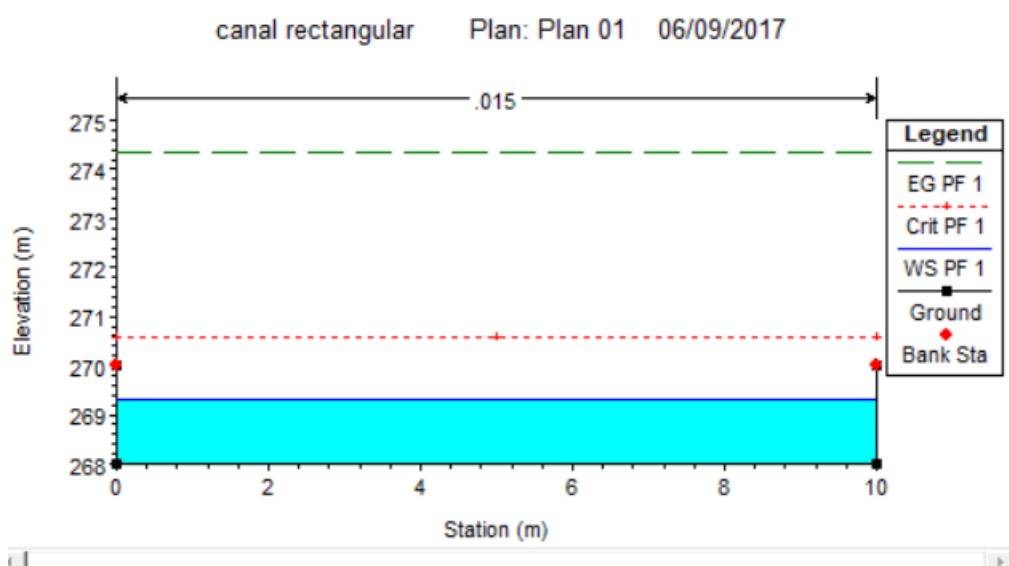


Imagen 44. Sección para T=200 años

-Sección encauzamiento para T=500 años

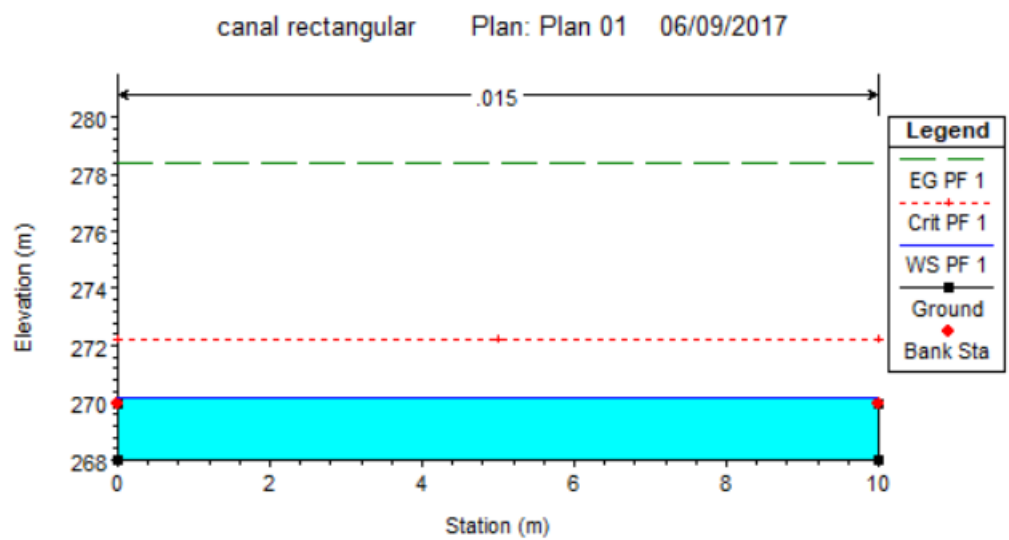


Imagen 45. Sección para T=500 años

T(años)	Calado máximo	Observaciones
10	0.4	No desborda
50	1.05	No desborda
100	1.25	No desborda
200	1.7	No desborda
500	2.2	Desborda

Tabla 9. Calados máximos alcanzados en cada periodo de retorno.

De estos se observa que para los periodos de retorno 10, 50,100 y 200 años el encauzamiento tiene suficiente capacidad hidráulica para desaguar el caudal de crecida pero no para el periodo de retorno de 500 años.

12.2- Estudio hidráulico considerando los diques de los barrancos dels Bassiets y de les Foyes

La conclusión es que si existe riesgo de desbordamiento para un periodo de retorno de 500 años en el caso de que no actuaran los diques.

Teniendo en cuenta que estos están situados justo al final de los barrancos para efectuar la laminación de la avenida el efecto que provocarán será el de un menor caudal de avenida.

Para poder evaluar el efecto que tendrían ambos hay que tener en cuenta:

1. La naturaleza constructiva del dique

Estos son de sillería, con mechinales que permiten evacuar cierto caudal, pero debido a su situación están colmatados y con abundante vegetación por lo que es difícil evaluar el caudal de salida por los mechinales.

2. La curva característica

Al actuar como un embalse a medida que entra un caudal al vaso el nivel del agua irá aumentando por lo que se podría conocer la relación entre el caudal entrante al vaso proveniente de la crecida y la altura de la lámina de agua.

3. Aliviadero

Cuando el nivel del agua alcance la coronación se producirá el vertido del agua, que es realmente el que nos interesa

Como no conocemos ni podemos evaluar todas estas variables simplemente hemos analizado el efecto de los diques en el caso de que actúen como un vertedero aliviando el caudal máximo posible.

Para ello hemos aplicado la formulación de vertederos en pared delgada y hemos determinado el caudal máximo.

Se considera para su cálculo la formulación de vertedero en pared delgada.

$$Q = \frac{2}{3} b C_d \sqrt{2g} h^{3/2}$$

Dónde:

b: anchura del vertedero

Cd: Coeficiente de desagüe

h: altura de lámina de agua sobre el umbral del vertedero.

Para el cálculo de Cd se ha utilizado la fórmula de Rehbock:

$$C_d = 0.611 + 0.075 \frac{h}{b}$$

Como en los apartados anteriores, los cálculos pueden encontrarse en el anejo de cálculos hidráulicos.

Dique	b	h _{máxima}	Cd	Q(m ³ /s)
Bassiets	9.8	1.5	0.622	33
Les Foyes	7.8	1.5	0.625	26

Tabla 10. Caudales procedentes de los barrancos dels Bassiets y de les Foyes teniendo en cuenta los diques.

Podemos considerar que con regulación para el caso más desfavorable de 500 años de periodo de retorno la laminación que ejercerán los diques disminuirá el caudal de avenida sin que haya riesgos de inundación.

13-CONCLUSIONES

Del estudio realizado se concluye:

1. La localidad de Lorcha no sufriría riesgos de inundación ante precipitaciones asociadas a periodos de retorno hasta los 200 años. Tal y como se ha demostrado en el presente documento, únicamente para un periodo de retorno de 500 años y, en caso que no estuviesen los diques instalados en los barrancos dels Bassiets y les Foyes, habría desbordamiento en el encauzamiento.
2. Que en el caso de precipitaciones a asociadas a periodos de retorno de 500 años, el riesgo de inundación se ve paliado por la existencia de los diques de laminación en los barrancos de Les Foyes y Bassiets.



Imagen 46. Dique del barranco dels Bassiets.

3. Por lo tanto es recomendable el mantenimiento en buen estado de ambos diques, evitando la colmatación y limpiando el vaso aguas arriba para que puedan contener adecuadamente las máximas crecidas. En caso que se descuide este mantenimiento y la colmatación fuese excesiva, la capacidad de retención del dique disminuiría considerablemente, aumentando por tanto el caudal procedente de los barrancos en dirección al encauzamiento, aumentando el riesgo de inundación.



4. Del mismo modo, es necesaria la correcta limpieza y mantenimiento del encauzamiento, ya que de no ser así, el caudal que sería capaz de transportar podría verse reducido considerablemente, poniendo en riesgo el municipio, ya que sería mucho más fácil que desbordase.

Por otra parte, dadas las conclusiones a las que se han llegado en este Trabajo de Final de Grado, no parece que sea necesaria la instalación de cualquier infraestructura, o la realización de cualquier obra con el objetivo de reducir el riesgo de inundabilidad en el municipio de Lorcha, por lo que no se aportan soluciones que impliquen construcción de infraestructura alguna. No obstante, como ya se ha mencionado, se debe hacer hincapié en el correcto mantenimiento de las infraestructuras ya presentes.



14-BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio de Fomento. Instrucción 5.2-IC. Drenaje Superficial.2016.
- Plan de Acción Territorial de Carácter Sectorial sobre Prevención de del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana. PATRICOVA.
- Instituto Geográfico Nacional.
- CEDEX. Máximos de precipitaciones diarias.
- Instituto Geológico y Minero de España.