



GOBIERNO
DE ESPAÑA

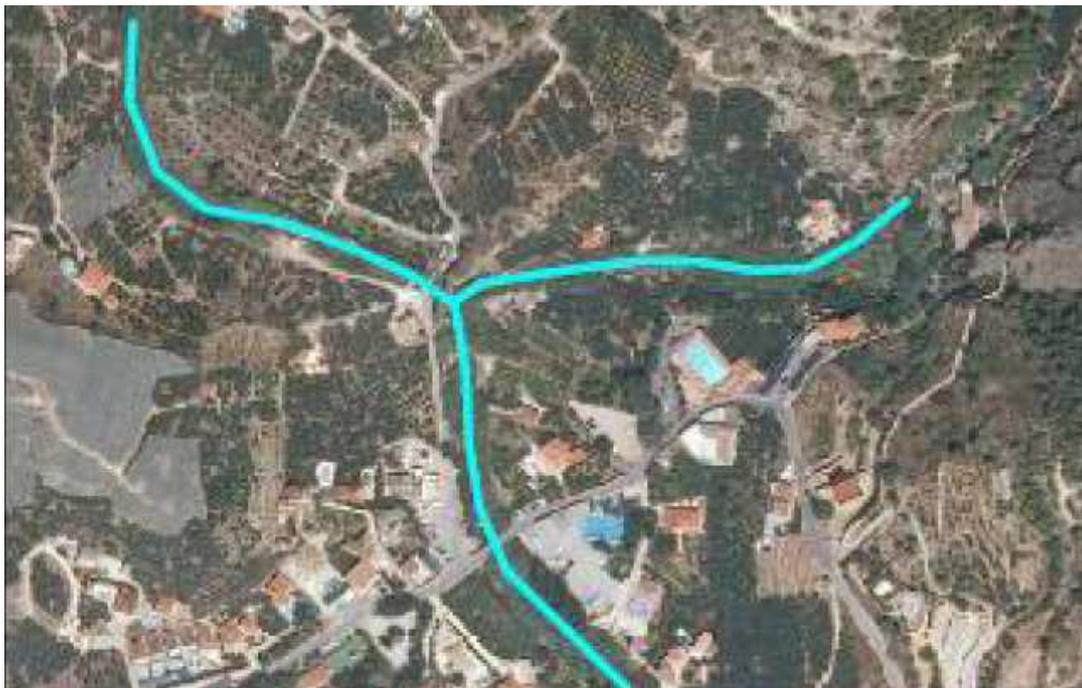
MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL
DEL AGUA

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

REDACCIÓN DEL PLAN DIRECTOR DE DEFENSA CONTRA LAS AVENIDAS EN LA COMARCA DE LA MARINA BAJA (ALICANTE)

ESTUDIO DE SOLUCIONES RÍOS ALGAR Y BOLULLA CALLOSA D'EN SARRIÀ



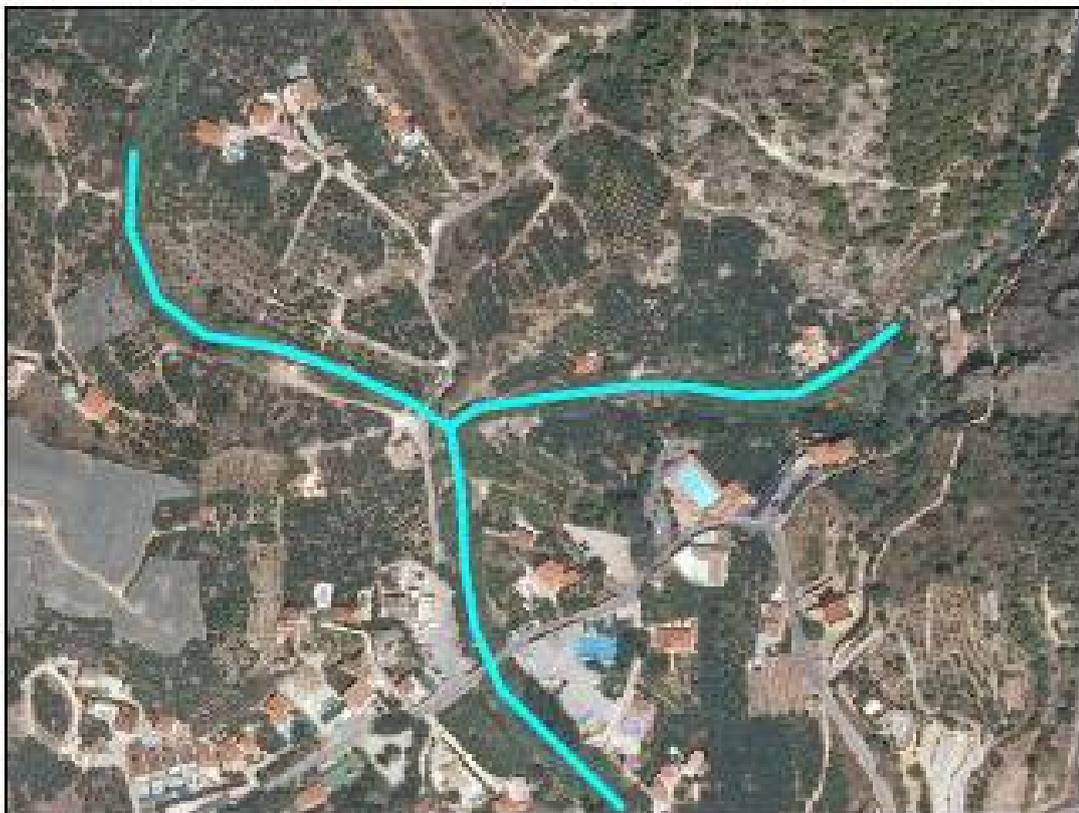


CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL JÚCAR



REDACCIÓN DEL PLAN DIRECTOR DE DEFENSA CONTRA LAS AVENIDAS EN LA COMARCA DE LA MARINA BAJA (ALICANTE)

ESTUDIO DE SOLUCIONES
RÍOS ALGAR Y BOLULLA.
CALLOSA D'E N SARRIA



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y ÁMBITO DE ESTUDIO	4
2. OBJETO DEL ESTUDIO	5
3. MARCO LEGAL.....	6
4. DEFINICIÓN DE LOS TRAMOS AFECTADOS.....	7
5. DATOS DE PARTIDA.....	8
5.1. ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO	8
5.2. ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO.....	12
5.3. ESTUDIO HIDROLÓGICO	16
5.3.1. PUNTOS DE SIMULACIÓN.....	17
5.3.2. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN ESTUDIOS HIDROLÓGICOS DE CRECIDAS	20
5.3.2.1. CAMBIOS EN TEMPERATURAS MEDIAS	21
5.3.2.2. CAMBIOS EN PRECIPITACIONES MEDIAS	21
5.3.2.3. CAMBIOS EN PRECIPITACIONES MÁXIMAS INSTANTÁNEAS.....	22
5.3.2.4. CAMBIOS EN ESTADO DE HUMEDAD INICIAL	22
5.3.2.5. APLICACIÓN A LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO	22
5.3.2.6. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS MAREAS.....	23
5.3.3. HIDROGRAMAS DE DISEÑO	23
5.3.3.1. RÍOS ALGAR Y BOLULLA.....	23
5.4. ESTUDIO HIDRÁULICO.....	26
5.4.1. TOPOLOGÍA DEL MODELO	26
5.4.2. RUGOSIDAD	29
5.4.3. CONDICIONES INICIALES Y DE CONTORNO.....	30
5.4.4. RESULTADOS.....	31
6. SITUACIÓN ACTUAL	37
7. CRITERIOS DE DISEÑO	39
7.1. TIPOS DE MEDIDAS DE ACTUACIÓN	39
7.2. METODOLOGÍA.....	43
8. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	45
8.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS	45
8.1.1. INTRODUCCIÓN	45
8.1.2. EFECTOS PRODUCIDOS DURANTE LAS AVENIDAS	45
8.1.3. SOLUCIÓN 0. NO REALIZAR NINGUNA ACTUACIÓN	46
8.1.4. SOLUCIÓN 1: ACTUACIONES DE TIPO NO ESTRUCTURAL.....	46
8.1.4.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	50
8.1.5. SOLUCIÓN 2: ACTUACIONES DE TIPO ESTRUCTURAL.....	56
8.1.5.1. ESTUDIO DEL COSTE ECONÓMICO DE LA REALIZACIÓN DE LAS DOS PRESAS AGUJERO. 56	
8.1.5.2. VALORACIÓN DE LOS DAÑOS.....	59
8.1.5.3. CONCLUSIONES.....	63

8.2. ANÁLISIS ECONÓMICO	64
8.2.1. PLANTEAMIENTO	64
8.2.2. ANÁLISIS DE COSTES (VALORACIÓN DE LAS ACTUACIONES PROPUESTAS)	72
8.2.3. ANÁLISIS DE COSTES AMBIENTALES	75
8.2.4. ANÁLISIS DE RIESGOS	75
8.2.5. ANÁLISIS COSTES – BENEFICIO	76
8.3. ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS	76
8.3.1. METODOLOGÍA	76
8.3.2. ANÁLISIS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE CONTROL DE AVENIDAS	78
8.3.2.1. RESULTADO DEL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	79
9. APENDICE 1: PLANOS	80
9.1. PLANTEAMIENTO URBANÍSTICO	82
9.2. ACTUACIONES PROPUESTAS. PLANTA GENERAL	84
9.2.1. ACTUACIONES PROPUESTAS. PLANTA GENERAL RÍOS BOLULLA Y ALGAR	84
9.3. SECCIONES TIPO	86
9.3.1. SECCIONES TIPO RÍO ALGAR Y RÍO BOLULLA	86

1. INTRODUCCIÓN Y ÁMBITO DE ESTUDIO

Año tras año se constata el carácter típicamente torrencial de los cauces que discurren por la comarca de la Marina Baja. Fundamentalmente los ríos Algar, Guadalest y Bolulla en la provincia de Alicante causan sobre el terreno los efectos propios debidos al paso de las aguas en su discurrir hasta conseguir desembocar en la costa.

Junto a estos cauces existen otros de características similares como los ríos Amadorio y Torres y barrancos como los de Finestrat, Derramador, Tapiada, Albir, Soler, los Arcos, etc, en los que habiéndose producido avenidas de consideración no se han manifestado recientemente efectos de la misma entidad que los primeros.

Los representantes de los ayuntamientos afectados manifestaron, en reuniones mantenidas con motivo de los daños causados por la torrencialidad de los cauces, su preocupación por la situación y su interés en la intervención y actuación de la Confederación Hidrográfica del Júcar en la prevención de futuras situaciones similares y la posible paliación de sus efectos.

Por todo lo anterior se hace necesario utilizar los instrumentos administrativos y técnicos de los que se pueda disponer al objeto de paliar el riesgo potencial que presentan las avenidas sobre las propiedades y la población.

Por dicho motivo con fecha 6 de febrero de 2008 fue solicitada por el Presidente de la Confederación Hidrográfica del Júcar autorización para la redacción del correspondiente Pliego de Bases para la ejecución de los oportunos trabajos y la redacción del estudio correspondiente denominado Plan Director de Defensa contra avenidas en la Marina Baja.

Dicho Plan Director se ha sometido a Evaluación Ambiental Estratégica por cuanto que se trata de un plan elaborado y aprobado por la administración pública y puede tener efectos significativos sobre el medio ambiente en materia de recursos hídricos.

El ámbito de actuación de los trabajos que se pretenden desarrollar con el presente estudio se refiere a la comarca de la Marina Baja en la provincia de Alicante y, dentro de ésta, a la población de **Callosa de Sarria**.

Las características de dicha comarca con una población de 190.620 habitantes y una superficie de 578 km², formada por 18 municipios con una densidad media de 330 hab./km², responden a una comarca dedicada principalmente a las actividades agrícolas en el interior, y a las relacionadas con la pesca en los municipios costeros durante gran parte de su historia.



Actualmente las singulares peculiaridades de esta comarca y su climatología, junto con el desarrollo del turismo, han propiciado un cambio en el sector económico, evolucionando al sector terciario y sustentando las repercusiones del turismo residencial, sobre todo por la afluencia de numerosos habitantes foráneos españoles y europeos.

2. OBJETO DEL ESTUDIO

El objetivo final que se pretende conseguir con los trabajos y estudio propuestos es la redacción de un documento final donde poder recopilar información suficiente y determinar una serie de actuaciones de tipo estructural, completadas con las de tipo no estructural, con la finalidad de prever el resultado derivado de los riesgos potenciales ante las inundaciones y la paliación de sus efectos, reduciendo los daños asociados y su impacto sobre la población.

La necesidad del estudio objeto de este Pliego de Bases Técnicas se debe a los problemas potenciales de inundación y afecciones derivadas de la presencia de lluvias torrenciales que históricamente viene sufriendo la población de Callosa d'en Sarrià. Desde este punto de vista, el presente documento servirá como punto de partida para el correspondiente Proyecto Constructivo que defina con detalle todos los aspectos necesarios para que puedan licitarse las obras.

Las actuaciones llevadas a efecto hasta la fecha han tenido un carácter aislado por lo que es necesario elaborar un estudio que aborde el conjunto de la problemática planteada en la actualidad y plantee una solución integral a la misma.

Este tramo inundable abarca los ríos Bolulla y de l'Algar desde la salida de sendos estrechos, junto a las fuentes de l'Algar, hasta la presa de toma de aguas de Callosa d'En Sarrià. En este último punto, la cuenca vertiente de ambos ríos tiene unos 57,5 Km², que se extienden por las sierras de Bèrnia, Ferrer, Carrascal de

Parcent y Xortà, probablemente uno de los sectores más lluviosos de la Comunidad Valenciana, debido a la orientación de los relieves cercanos a la costa respecto a los flujos del NE. Cabe resaltar las aportaciones del importante manantial cárstico de las fuentes de l'Algar, situado a la entrada del estrecho que corta las calizas eocenas en el extremo occidental de la Serra de Bèrnia. El acuífero de las calizas cretácicas, oligocenas y eocenas de las sierras de la Xortà y des Ferrer descarga sobre nivel impermeable de las arcillas verdes eocenas, que a su vez limitan con la base impermeable del Keuper del diapiro de Callosa-Altea.

A la salida del congosto se forman barras de gravas y bloques en el cauce y sus márgenes, incrementándose notablemente el caudal de crecida desde la confluencia de los ríos Bolulla y Algar. El valle se encuentra confinado entre laderas de materiales triásicos deleznable que son recortados por la corriente fluvial, incorporando abundante sedimento fino. El valle incluye barras en la parte interna de los meandros que han sido ocupadas para el cultivo e incluso por viviendas. Aguas abajo de la confluencia Bolulla-Algar en las márgenes del río se han instalado diferentes aparcamientos y restaurantes para la visita de las fuentes muchos de los cuales se encuentran dentro de la zona inundable por crecidas extraordinarias. En el tramo inferior hasta la presa de toma de aguas de Callosa de Sarrià se encuentran asimismo zonas de cultivo y diversas viviendas en la zona inundable.

Dentro de la zona represada se formó una barra de gravas y cantos durante la crecidas de 2007 o 2008, que no se aprecia en la fotografía aérea de 2006, lo que da idea de la movilización de carga gruesa a lo largo del tramo durante sucesos de crecida extraordinaria. También se produjo la socavación de un camino de acceso a urbanizaciones en este sector a pesar de encontrarse el cauce represado en este punto.

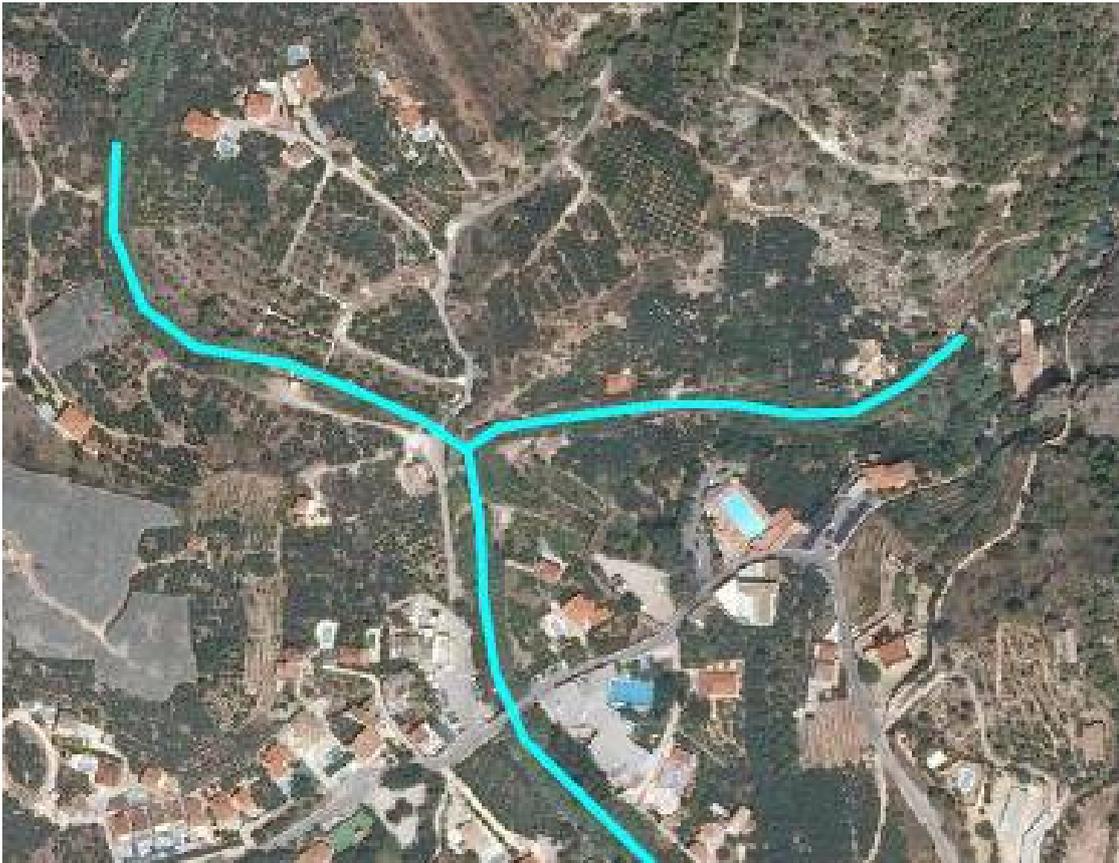
3. MARCO LEGAL

Para la ejecución de los trabajos, así como en la especificación de sus contenidos, se ha tenido en cuenta la vigente legislación de aguas en particular el Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.

Se ha prestado especial atención a las consideraciones realizadas y a los preceptos contenidos en este R.D 9/2008 sobre las determinaciones respecto al alveo o cauce y las máximas crecidas ordinarias, sobre las riberas y su protección y fines, sobre las zonas o vías de flujo preferente y vías de intenso desagüe, así como la determinación de zonas inundables.

Así mismo la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, establece un nuevo marco para la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, destinado a reducir las consecuencias negativas para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica, asociadas a las inundaciones.

4. DEFINICIÓN DE LOS TRAMOS AFECTADOS

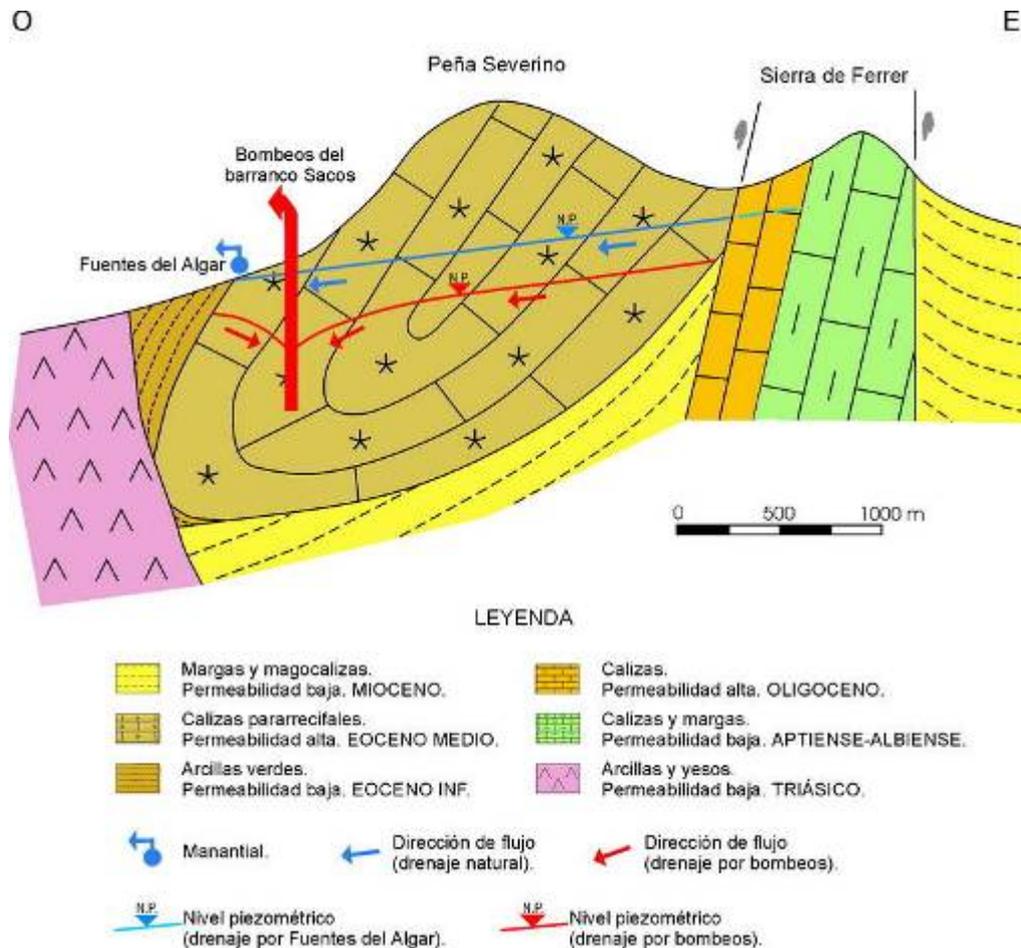


DATOS GENERALES	
MUNICIPIO:	CALLOSA D'EN SARRIÁ
CAUCE:	RÍO ALGAR - BOLULLA
CÓDIGO Z.P.I.:	CALLOSA_01
TIPOLOGÍA:	ZONA INUNDABLE
POSICIÓN GPS:	SISTEMA EUROPEAN DATUM_50. HUSO 30
INICIO:	
X UTM:	753010
Y UTM:	4283531
FIN:	
X UTM:	752586
Y UTM:	4282912

5. DATOS DE PARTIDA

5.1. ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO

Este tramo inundable abarca los ríos Bolulla y de l'Algar desde la salida de sendos estrechos, junto a las fuentes de l'Algar, hasta la presa de toma de aguas de Callosa d'En Sarrià. En este último punto, la cuenca vertiente de ambos ríos tiene unos 57,5 Km², que se extienden por las sierras de Bèrnia, Ferrer, Carrascal de Parcent y Xortà, probablemente uno de los sectores más lluviosos de la Comunidad Valenciana, debido a la orientación de los relieves cercanos a la costa respecto a los flujos del NE. Cabe resaltar las aportaciones del importante manantial cárstico de las fuentes de l'Algar, situado a la entrada del estrecho que corta las calizas eocenas en el extremo occidental de la Serra de Bèrnia. El acuífero de las calizas cretácicas, oligocenas y eocenas de las sierras de la Xortà y des Ferrer descarga sobre nivel impermeable de las arcillas verdes eocenas, que a su vez limitan con la base impermeable del Keuper del diapiro de Callosa-Altea (figura).



Esquema hidrogeológico de las fuentes de l'Algar



Cuenca de drenaje de los ríos Algar y Bolulla.



Cauce del río Bolulla encauzado tras las lluvias de 2008 a la altura de la población de dicho nombre.



Estrecho del río de Bolulla, cabecera del tramo. Cascada a la salida del estrecho.



Estrecho del río Algar



Presas de retención de sedimentos situada aguas arriba del estrecho desmoronada durante las crecidas de 2007-2008.

Los lechos de los ríos Bolulla y Algar se hallan revestidos de cantos y gravas que forman barras características de ramblas y lechos braided. Durante los trabajos de campo, se pudo observar que una de las presas de contención de sedimentos, situada en la rambla aguas arriba del congosto o estrecho del Algar, había quedado destruida por una de las crecidas recientes (octubre de 2007 o 2008), puesto que en la fotografía aérea de 2006 se aprecia que todavía estaba intacta. Al paso por los estrechos, inmediatamente antes de las fuentes del Algar, el cauce pasa por tramos muy confinados de pocos metros de anchura y donde los desprendimientos desde las paredes calizas incrementan la carga de bloques y gravas. Igualmente, a lo largo de los congostos se observan canales laterales donde desembocan barrancos de fuerte pendiente que abocan cantos y bloques hacia el cauce. El confinamiento entre paredes y la pendiente permite la transmisión de la carga sedimentaria aguas abajo, entre pasos estrechos, pozas y cascadas.

La morfología original está alterada por algunas represas construidas con el objeto de favorecer el remanso del agua en balsas en la zona acotada para las visitas y zonas de baño de las fuentes del Algar. No obstante, a lo largo del cauce se aprecian marcas de altos niveles de flujo, con acumulaciones de cañas varios metros por encima del nivel ordinario del agua. Algunas fotografías permiten apreciar la energía del flujo durante crecidas históricas en el interior del congosto, ocasiones en las que se activan las surgencias cársticas a través de las oquedades visibles en la roca. A la salida del congosto se forman barras de gravas y bloques en el cauce y sus márgenes, incrementándose notablemente el caudal de crecida desde la confluencia de los ríos Bolulla y Algar. El valle se encuentra confinado entre laderas de materiales triásicos deleznable que son recortados por la corriente fluvial, incorporando abundante sedimento fino. El valle incluye barras en la parte interna de los meandros que han sido ocupadas para el cultivo e incluso por viviendas. Aguas abajo de la confluencia Bolulla-Algar en las márgenes del río se han instalado diferentes aparcamientos y restaurantes para la visita de las fuentes muchos de los cuales se encuentran dentro de la zona inundable por crecidas extraordinarias. En el tramo inferior hasta la presa de toma de aguas de Callosa de Sarriá se encuentran asimismo zonas de cultivo y diversas viviendas en la zona inundable. Dentro de la zona represada se formó una barra de gravas y cantos durante la crecidas de 2007 o 2008, que no se aprecia en la fotografía aérea de 2006, lo que da idea de la movilización de carga gruesa a lo largo del tramo durante sucesos de crecida extraordinaria. También se produjo la socavación de un camino de acceso a urbanizaciones en este sector a pesar de encontrarse el cauce represado en este punto.



Panorámica del área de confluencia de los ríos Algar y Bolulla



Confluencia de los ríos Bolulla y Algar entre afloramiento de margas y yesos del Keuper.



Cauce del Algar apenas visible por la proliferación de cañaverales, con margas yesíferas a la izquierda y caseta en terraza inundable a la derecha. A la derecha, zonas inundables en las márgenes, ocupadas por restaurantes y aparcamientos.



Ocupación de barras y márgenes inundables del río Algar por viviendas, restaurantes y aparcamientos.



Barra de cantos y gravas formada durante las crecidas de octubre de 2007-2008, junto a presa de la estación de bombeo de aguas de Callosa.

5.2. ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO

La generación sintética de intensidades de lluvia se ha realizado con resolución temporal $\Delta t=10$ min y espacial $\Delta x=1$ km, sobre una zona geográfica delimitada por el siguiente rectángulo georreferenciado:

Dimensión E-O = 60 km

Dimensión N-S = 65 km

Coordenadas UTM del vértice SO = (722000; 4255000)



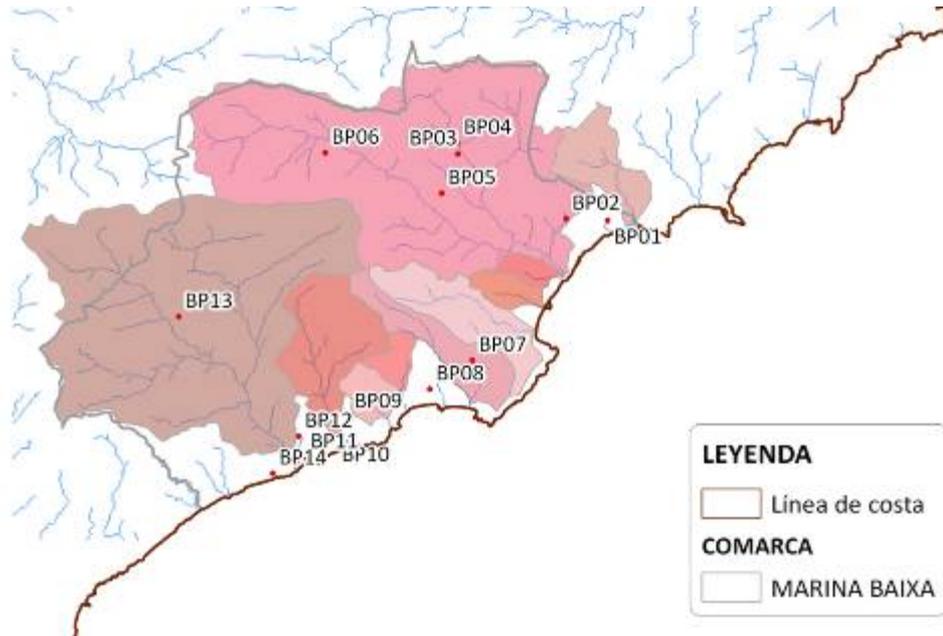
Malla de 1 km x 1 km para generación de episodios sintéticos de lluvia (3900 km²)

Todas y cada una de las tormentas sintéticas presentadas tiene definido el campo de intensidades de precipitación con intervalo de agregación temporal de 10 minutos, y resolución espacial de 1km x1 km sobre la malla geográfica confinada al rectángulo de 60 x 65 km, de modo que el cálculo hidrológico se puede acometer sobre cualquier sub-zona ó cuenca dentro de éste rectángulo geo-referenciado, con independencia de la definición de puntos y subcuencas que se presenta a continuación.

Puntos geográficos seleccionados

Dentro de la comarca de la Marina Baja, se han seleccionado un total de 14 puntos geográficos de interés, a efectos de extraer y definir el hietograma de intensidades de lluvia puntual a partir de cada uno de los eventos sintéticos generados. De estos hietogramas se determina el total acumulado, así como la "precipitación diaria equivalente".

Los 14 puntos seleccionados son los siguientes:



Puntos geográficos para extracción de hietogramas y Pd equivalente.

Las coordenadas UTM de estos 14 puntos se indican en la siguiente tabla, junto con el código de denominación abreviada:

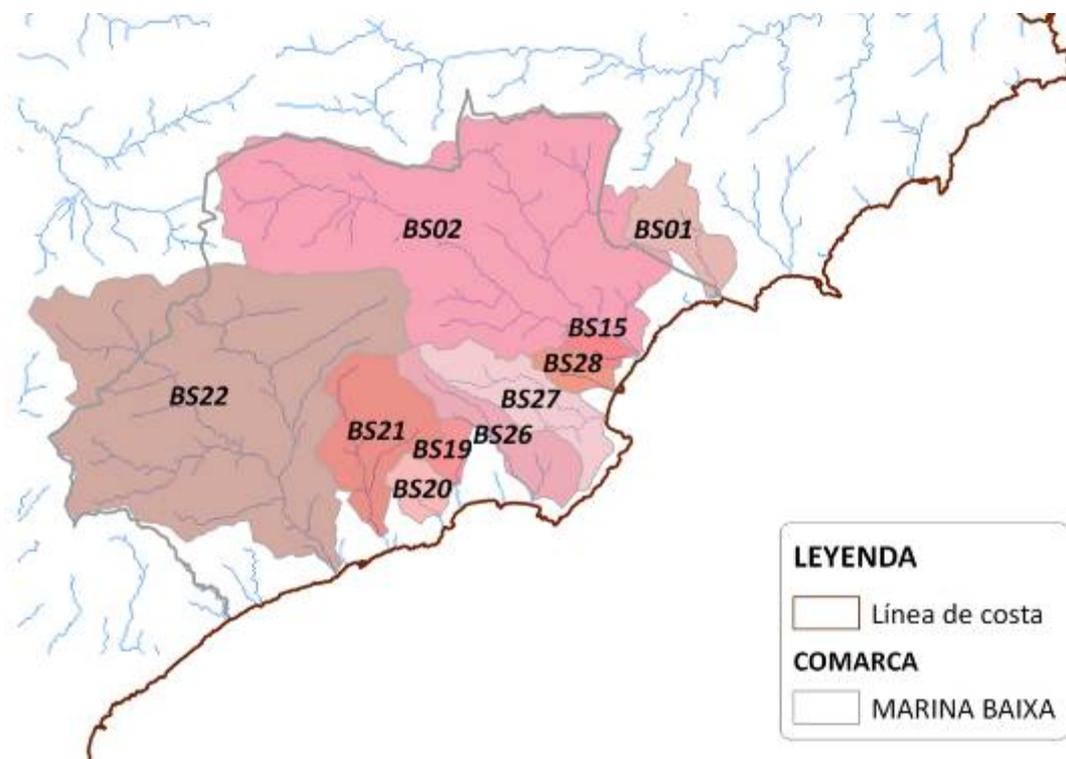
PUNTOS GEOGRÁFICOS - Marina Baja		COORDENADAS	
nombre	*.txt fichero	X (UTM)	Y (UTM)
Barranc del Gorg (Altea)	BP01	760160	4280590
Barranc de la Vella (Altea)	BP02	757660	4280680
Barranc de la Font del Salt (Bolulla)	BP03	751099	4284670
Barranc Negre (Bolulla)	BP04	751072	4285360
Callosa d'En Sarria	BP05	750114	4282260
Barranc Sapena ó Muladar (Benimantell)	BP06	743059	4284740
Barranc de Barcelo (Benidorm)	BP07	751982	4271990
Benidorm	BP08	749393	4270210
Barranco de Ferrandis (Villajoiosa)	BP09	744436	4268510
Poligono del Torres (La Villajoiosa)	BP10	743681	4267260
Vila Joiosa	BP11	741786	4266050
Refoios (La Vila)	BP12	741454	4267310
Barranc de Bortolo (Relleu)	BP13	734188	4274670
N-332 en Platja del Paradis	BP14	739881	4265030

Coordenadas UTM de los puntos geográficos seleccionados

Subcuencas en la comarca de la Marina Baja

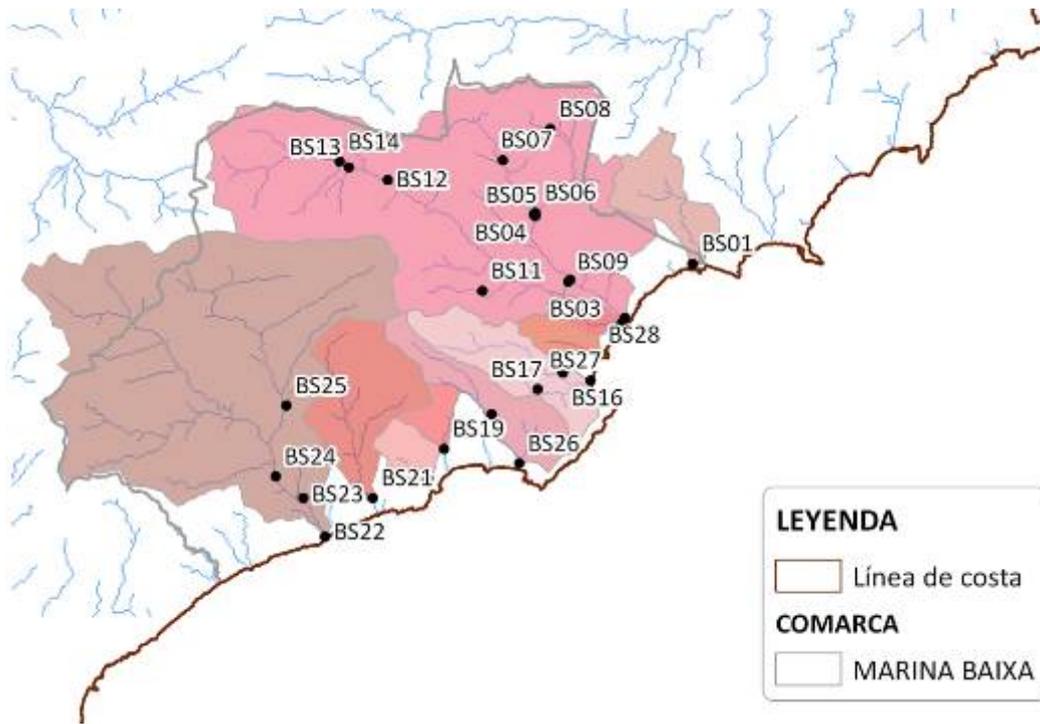
Se han definido 28 zonas ó subcuencas, a efectos de promediación areal de la precipitación, aparte de la totalidad de la extensión de la comarca. En cada una de estas zonas, se determina para cada evento sintético el total acumulado de lluvia (promedio areal), y también la "precipitación diaria equivalente (puntual)", por el procedimiento descrito en el capítulo correspondiente del apartado hidrológico, dedicado a la asignación de periodo de retorno del evento de lluvia.

En primer lugar, se definen 10 zonas correspondientes a cuencas totales y barrancos hasta su desembocadura en el mar mediterráneo. Se muestran en la siguiente figura:



Cuencas vertientes al mar consideradas para promediación areal de la precipitación

Aparte de las anteriores, se definen 18 subcuencas intermedias adicionales, cuyos puntos de desagüe se muestran en el siguiente gráfico de localización:



Cuencas intermedias consideradas a para promediación areal de la precipitación

Las áreas en km² y las coordenadas del punto de desagüe se indican en la siguiente tabla, correspondiendo a la cabecera del río Bolulla (BS07), cabecera del río Algar hasta la confluencia con el Bolulla (BS06) y confluencia de ambos ríos (BS04).

SUBCUENCAS - Marina Baja			
descripción	*.txt fichero	km ² AREA	COORDENADAS DESAGÜE X (UTM) Y (UTM)
Barranc Salat (Altea)	BS01	20.40	761374 4280280
Río Algar hasta desembocadura (Altea) - ALG00	BS02	213.75	757740 4277040
Confluencia R.Algar con R.Guadalest - ALG01	BS03	194.61	754655 4279520
Confluencia R.Algar con R. Bolulla	BS04	57.84	752642 4282868
Río Bolulla	BS05	29.41	752642 4282868
Cabecera del R. Algar hasta confluencia con R. Bolulla	BS06	28.34	752642 4282868
Cabecera del R. Bolulla (Bolulla)	BS07	18.45	750655 4286940
Barranc de Binarreal (Tàrbena)	BS08	5.84	752955 4288170
R. Guadalest hasta confluencia con el R. Algar	BS09	120.87	754380 4278970
R. Guadalest en La Nucia (a.abajo confluencia Barranc de la Canal)	BS10	110.56	751558 4279750
Barranc de la Canal	BS11	6.74	749796 4278890
Embalse de Guadalest	BS12	62.16	744350 4285230
Barranc de L'Anouer hasta confluencia con R.Beniardá (Beniardá)	BS13	6.66	742645 4285710
Barranc de Fabara hasta confluencia con R. Beniardá (Beniardá)	BS14	7.07	742101 4286140
Barranquet (Altea) hasta el mar - BAR00	BS15	5.11	756168 4275170
Riuet Seguet (Alfaz del Pi) - SEG02	BS16	14.21	754245 4274440
Barranc de Soler (Alfaz del Pi) - SEG01	BS17	6.42	752782 4273590
Barranc de Liriet (Benidorm)	BS18	9.30	750462 4272020
Barranc de la Tapia - Murtal (Benidorm)	BS19	6.29	747821 4270480
Barranc de la Cala (Finestrat)	BS20	8.43	746343 4269090
Río Torres (La Vila)	BS21	37.53	743807 4267570
Río Amadorio hasta desembocadura al mar - AMA00	BS22	219.48	741181 4265090
Río Amadorio en AP7	BS23	212.67	740032 4267510
Embalse de Amadorio - AMA01	BS24	204.04	738540 4268770
Río Sella en Orxeta	BS25	78.43	739084 4272580
Barranco de Barceló hasta el mar (Benidorm) - BAC00	BS26	23.57	751783 4269110
Riuet Seguet hasta el mar - SEG00	BS27	28.81	755631 4273780
Barranc del Arc (hasta el mar - Puerto Altea) - ARC00	BS28	7.11	756181 4275180

Zonas y subcuencas – RAINGEN consideradas. Coordenadas UTM-desagüe y áreas

5.3. ESTUDIO HIDROLÓGICO

Para el estudio hidrológico de la zona se ha aplicado un modelo de tipo conceptual con base física y distribuido en el espacio denominado TETIS en su versión 8.0. El modelo pertenece a la clase de modelos distribuidos: la modelación geomorfológica e hidrológica es efectuada sobre una malla de celdas, de manera que cada celda tiene asociado un valor para cada parámetro necesario para una correcta caracterización, y conceptual, por eso necesita de partida datos hidrometeorológicos observados para poder permitir su calibración. Su utilización es recomendada en los casos de estudio donde sea disponible una cantidad de información ya sea geomorfológica o meteorológica y de aforo bastante completa..

La leyenda que figura en las tablas se recoge a continuación.

Coordenadas X e Y: coordenadas UTM en m (DATUM ETRS89)

Área drenada: superficie de la subcuenca drenada por el punto de simulación en Km²

Río: curso de agua en el que yace el punto de simulación

Descripción: breve descripción de la ubicación del punto y de las principales afecciones

Tipología: "hidráulica" si el punto forma parte de las condiciones de contorno de un modelo hidráulico, "hidrología" si no se han efectuado simulaciones hidráulicas

Zona simulación hidráulica: número identificativos de la zona de inundación (sólo para los puntos de simulación clasificados con tipología "hidráulica").

5.3.1. PUNTOS DE SIMULACIÓN

Los puntos de simulación elegidos para el caso de Callosa de Sarriá han sido:

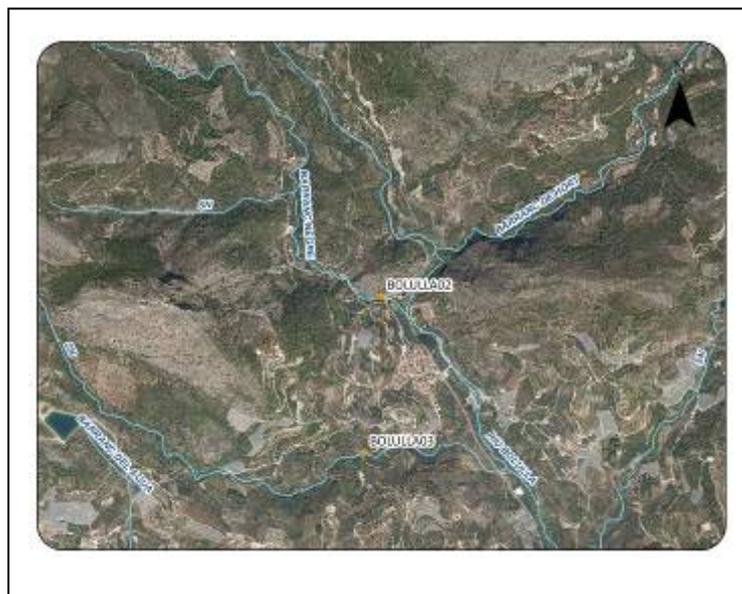
Bolulla 01

Coordenadas	750651 - 4286860
Sup. drenada	13.37
Curso de agua	Río Bolulla
Descripción	Río Bolulla
Tipología	Hidrología
Nº zona	-



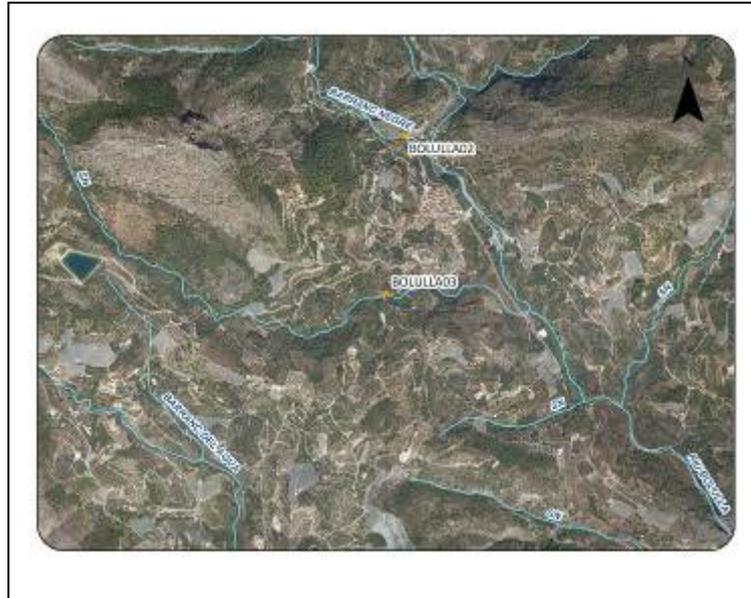
Bolulla 02

Coordenadas	750651 - 4286860
Sup. drenada	0.95
Curso de agua	Barranc Negre
Descripción	Barranc Negre aguas arriba de la confluencia con el Río Bolulla
Tipología	Hidrología
Nº zona	-



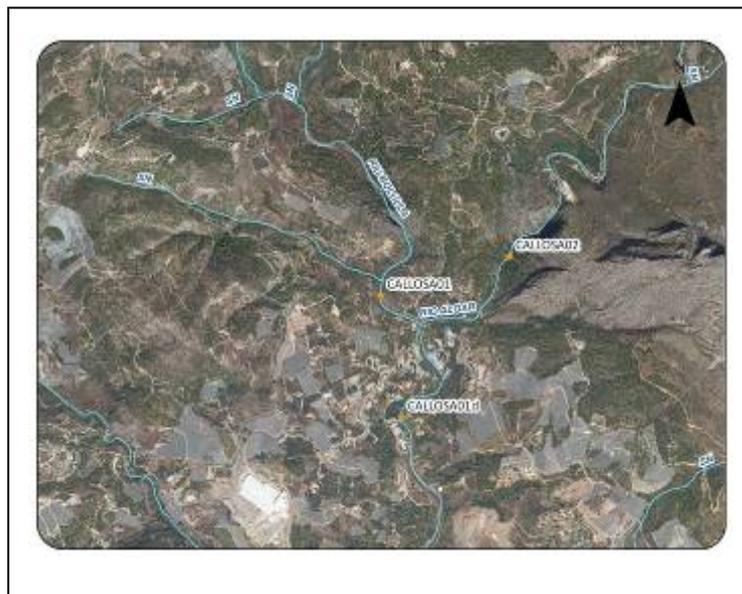
Bolulla 03

Coordenadas	751068 – 4285350
Sup. drenada	1.61
Curso de agua	Barranc de la Font del Salt
Descripción	Barranc de la Font del Salt aguas arriba de la confluencia con el Río Bolulla
Tipología	Hidrología
Nº zona	-



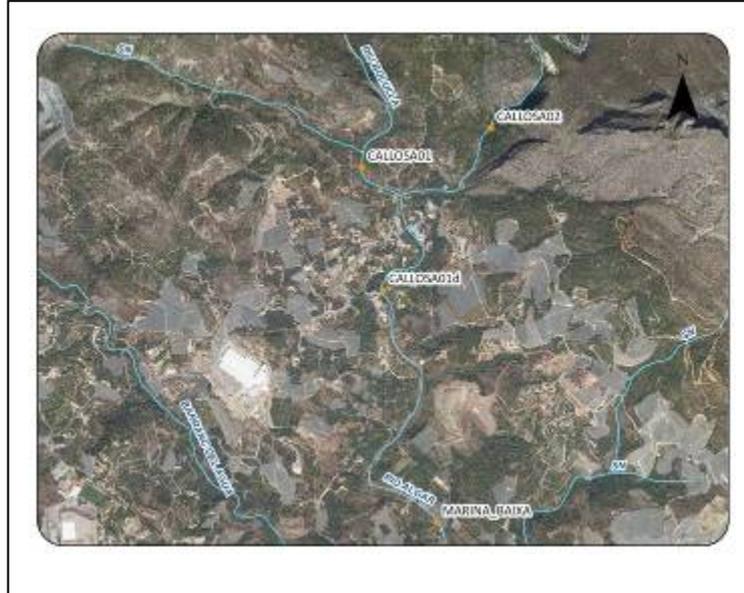
Callosa 01

Coordenadas	752449 – 4283240
Sup. drenada	29.34
Curso de agua	Río Bolulla
Descripción	Río Bolulla aguas arriba de la confluencia con el Río Algar
Tipología	Hidráulica
Nº zona	01



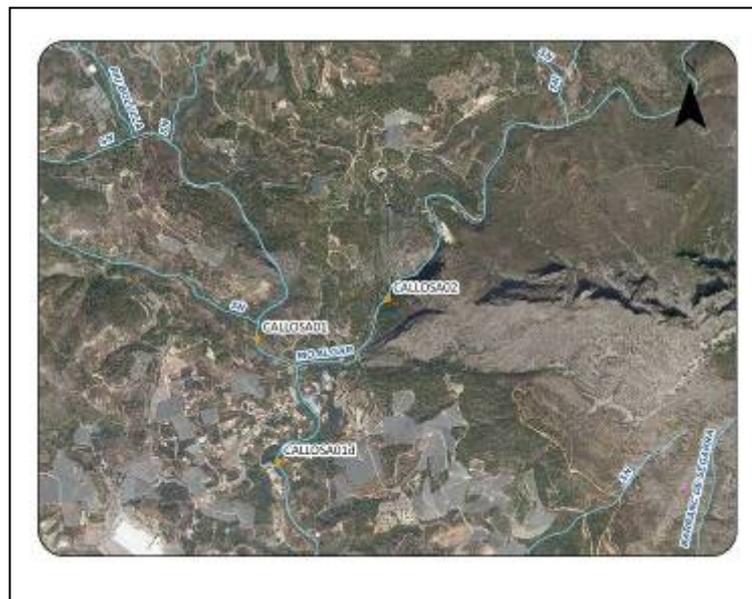
Callosa 01d

Coordenadas	752749 - 4282650
Sup. drenada	58.12
Curso de agua	Río Algar
Descripción	Río Algar aguas abajo de la confluencia con el Río Bolulla
Tipología	Hidráulica
Nº zona	01



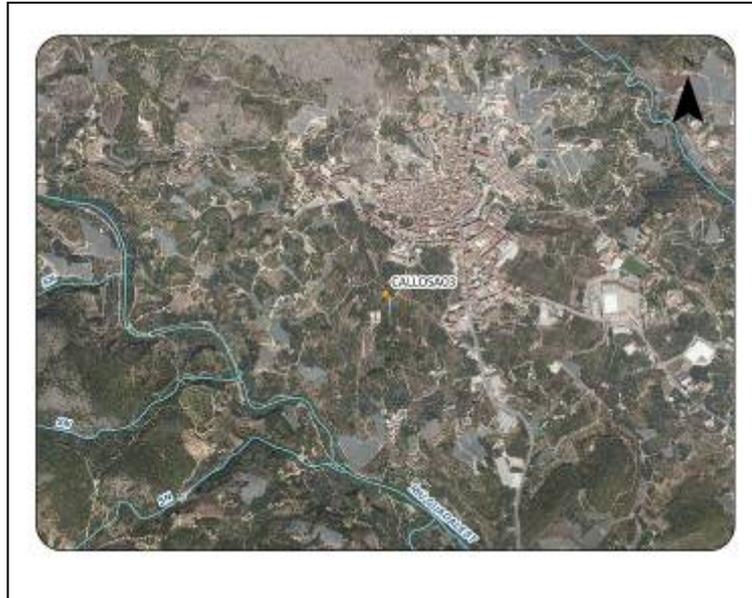
Callosa 02

Coordenadas	752950 - 4283350
Sup. drenada	28.02
Curso de agua	Río Algar
Descripción	Río Algar aguas arriba de la confluencia con el Río Bolulla
Tipología	Hidráulica
Nº zona	01



Callosa 03

Coordenadas	750155 – 4281650
Sup. drenada	0.53
Curso de agua	Barranco desconocido
Descripción	Barranco desconocido (afluente del río Guadalest) a su paso por la población
Tipología	Hidrología
Nº zona	-



5.3.2. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN ESTUDIOS HIDROLÓGICOS DE CRECIDAS

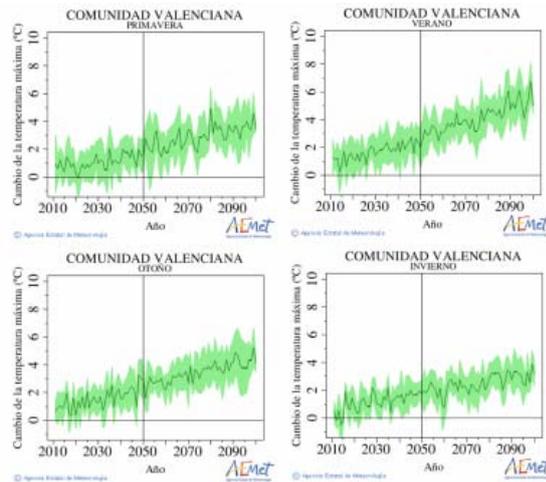
La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 1992 (CMNUCC), define el cambio climático como: “Cambio del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial, y que viene a añadirse a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

La modelización hidrológica utiliza el pasado hidrológico para establecer una guía en la toma de decisiones. La creciente preocupación por los efectos del cambio climático en relación con la gestión de los recursos hídricos, ha provocado que los registros de las condiciones hidrológicas pasadas no se consideren una guía fiable para el futuro.

La forma de abordar los estudios a futuro es mediante escenarios. Los escenarios de cambio climático son futuros múltiples, posibles y plausibles; no son predicciones sino relatos alternativos de cómo puede evolucionar en el futuro el entorno general o global que permiten explorar diferentes hipótesis.. En el año 2009, la Agencia Española de Meteorología (AEMET) ha generado escenarios regionalizados de cambio climático de las dos variables meteorológicas principales, temperatura y precipitación, a escala temporal diaria y con una resolución espacial de 20 km para toda España..

5.3.2.1. CAMBIOS EN TEMPERATURAS MEDIAS

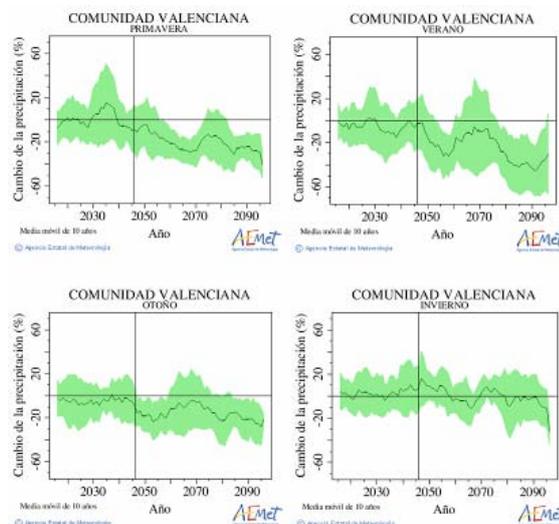
Según los escenarios regionalizados de la AEMET, todos los escenarios indican un patrón de incremento generalizado de las temperaturas diarias para el centenario, que casi con toda seguridad ,superará los 5°C a finales del mismo en la estación estival y alcanzará los entre los 2 y 4°C en la estación invernal en términos de temperaturas máximas. En las gráficas mostradas a continuación, los cambios esperados en temperatura están referidos al periodo de referencia 1961-1990.



Cambios (°C) de la temperatura máxima en la Comunidad Valenciana, para las diferentes estaciones del año.
Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (http://www.aemet.es/es/elclima/cambio_climat/proyecciones)

5.3.2.2. CAMBIOS EN PRECIPITACIONES MEDIAS

Según los escenarios regionalizados de la AEMET no se puede hablar de un patrón de descenso generalizado de las precipitaciones diarias para el centenario, pudiéndose observar en la imagen siguiente tanto la variabilidad anual y estacional de las mismas como las amplias bandas de incertidumbre. En las gráficas que se presentan, los cambios esperados en precipitación se refieren al periodo de referencia 1961-1990.



Cambios (%) de la precipitación en la Comunidad Valenciana, para las diferentes estaciones del año.
Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (http://www.aemet.es/es/elclima/cambio_climat/proyecciones)

5.3.2.3. CAMBIOS EN PRECIPITACIONES MÁXIMAS INSTANTÁNEAS

Si bien es cierto que la generación de los escenarios más recientes supone un avance importante tanto en resolución espacial como temporal respecto a escenarios disponibles previos, no se dispone todavía de escenarios de precipitación máxima instantánea o de variabilidad en la intensidad de las mismas, imprescindibles para analizar los posibles impactos del cambio climático en estudios de las crecidas.

5.3.2.4. CAMBIOS EN ESTADO DE HUMEDAD INICIAL

Estudios recientes, como el realizado por Lehener et al., en 2006 indican que la zona de estudio es más vulnerable a un incremento del periodo de retorno de los eventos de sequía que de crecidas. Sin ser consistentes los resultados arrojados por el análisis de los diferentes escenarios de incremento de la frecuencia de las crecidas extremas, si existe un mayor consenso en los resultados del análisis del descenso en el periodo de retorno de las sequías, por lo que a raíz de los mismos se espera que efectivamente los niveles de humedad inicial del suelo sean menores que en la situación actual.

5.3.2.5. APLICACIÓN A LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO

A modo de resumen de los puntos analizados anteriormente, podemos afirmar que:

1.- La ausencia de proyecciones de intensidad de precipitación en escenarios de cambio climático limita en la actualidad el análisis cuantitativo de los posibles cambios en avenidas con un periodo de retorno concreto.

2.- El incremento generalizado de las temperaturas, la posibilidad de un descenso de las precipitaciones, así como una mayor frecuencia y duración de los eventos de sequía previstos por los diferentes escenarios de cambio climático, hace que se espere un descenso considerable del estado de humedad inicial del suelo. Esto implica que frente a eventos de crecida futuros, existirá una cierta capacidad para amortiguar el hipotético incremento, no evidenciado para la zona de estudio, de los riesgos asociados a dichos eventos de crecida.

3.- La ausencia de homogeneidad en los resultados de los diferentes escenarios de cambio climático en la zona de estudio, impide que se pueda considerar que exista una fuente fiable de escenarios que permita actualmente evaluar los efectos del cambio climático sobre los eventos de crecida y las áreas de inundación en el caso de estudio

Incluir el cambio climático en los estudios hidrológicos es necesario. Sin embargo, la necesidad de disponer de escenarios de futuros no está cubierta en la actualidad para la mayoría de los procesos que se están analizando. Dada la incertidumbre y la frecuente obtención de resultados en sentidos contrarios, se ha considerado que el esfuerzo necesario para elaborar un estudio detallado con las diferentes propuestas de

escenarios, con contradicciones importantes para la zona de estudio, no está justificado. Es por estos motivos por los cuales estas labores no se han realizado en el marco del presente proyecto.

5.3.2.6. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS MAREAS

Después de analizar la situación actual y las previsiones futuras, se pueden resumir algunas conclusiones de cara a la modelación hidráulica de las zonas inundables de la Marina Baja. La tendencia de cambio es claramente hacia un aumento de nivel del mar, aunque la fuerte incertidumbre y la ausencia de proyecciones fiables hacen que sea muy difícil cuantificar este incremento, de cara a su aplicación a la modelación hidráulica. En general, no existen estudios que asignen un valor de incremento del nivel para la zona de estudio, ya que todos los valores proporcionados se refieren a una genérica alteración a escala mundial, y los estudios existentes están, a veces, en desacuerdo entre sí.

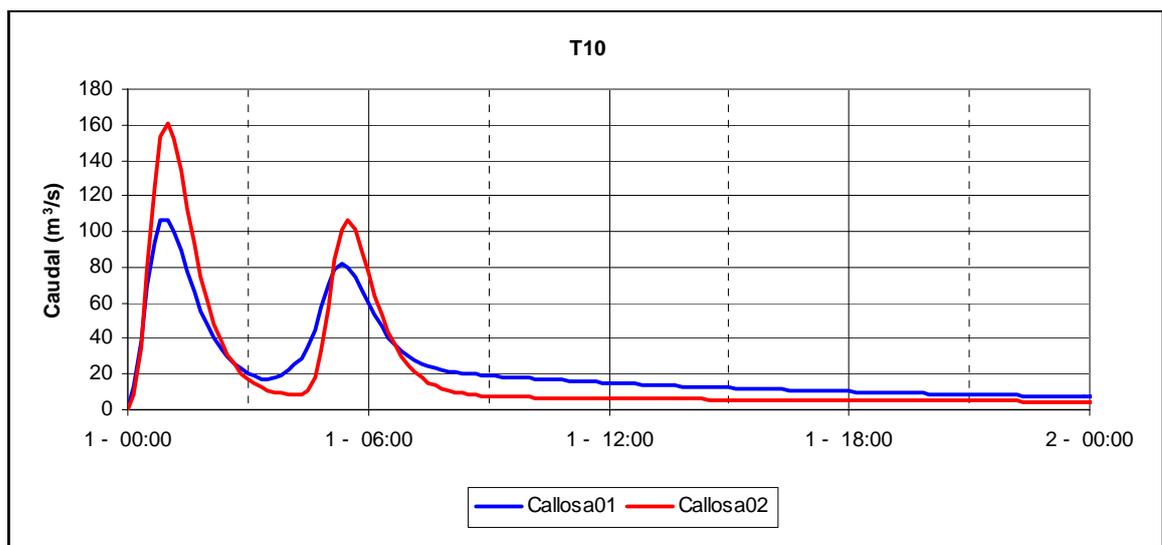
Si se analizan, además, los valores proporcionados por los escenarios analizados, se puede observar que las modificaciones en el medio plazo son relativamente pequeñas, del orden de algunos centímetros o decenas de centímetros. Una tan ligera modificación en la condición de contorno de los modelos hidráulicos costeros no supondría ningún cambio en la dinámica de propagación de la inundación.

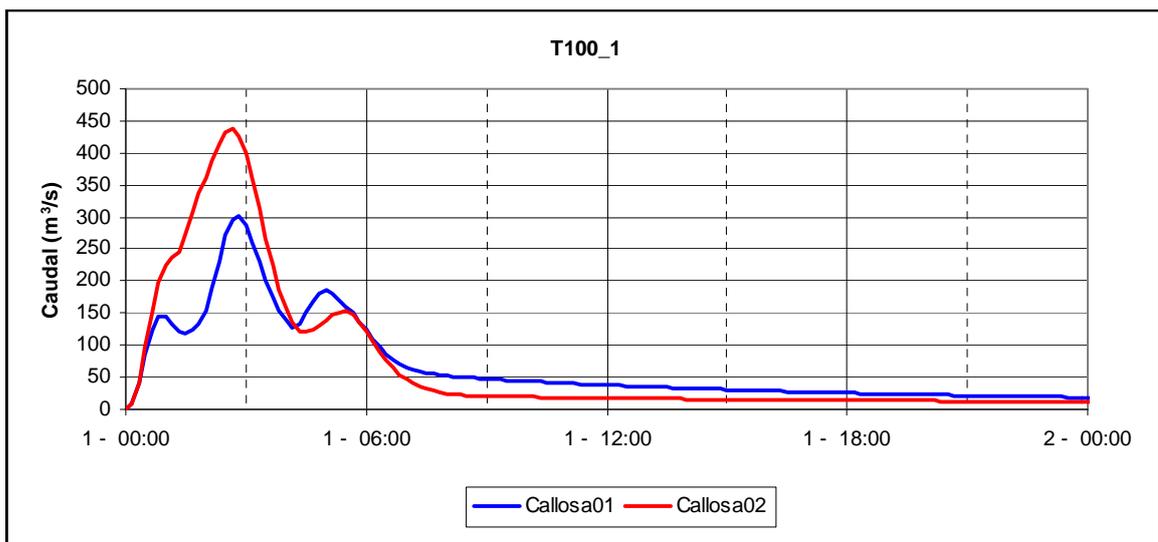
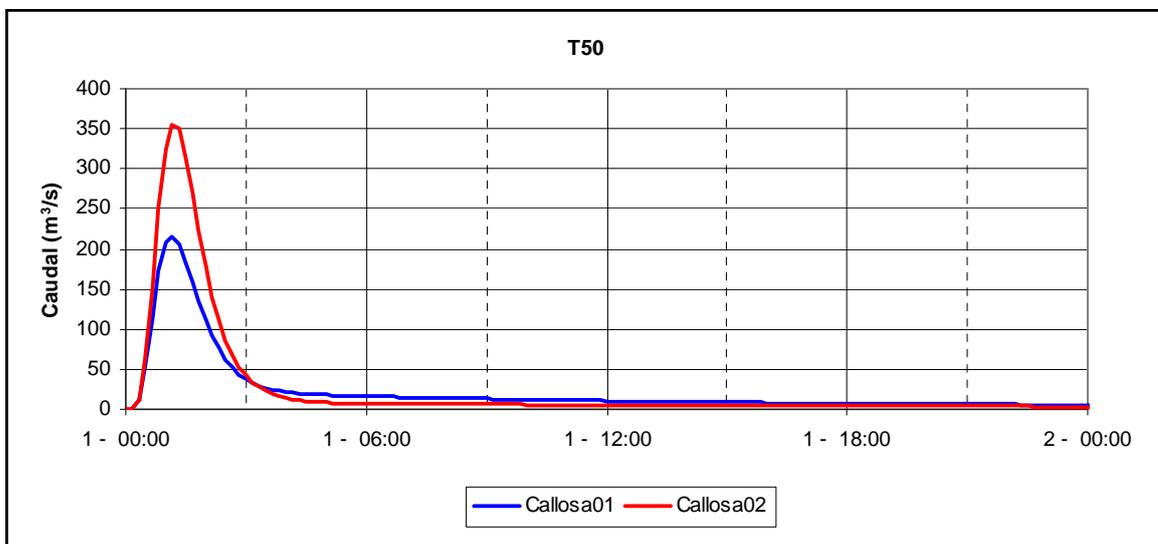
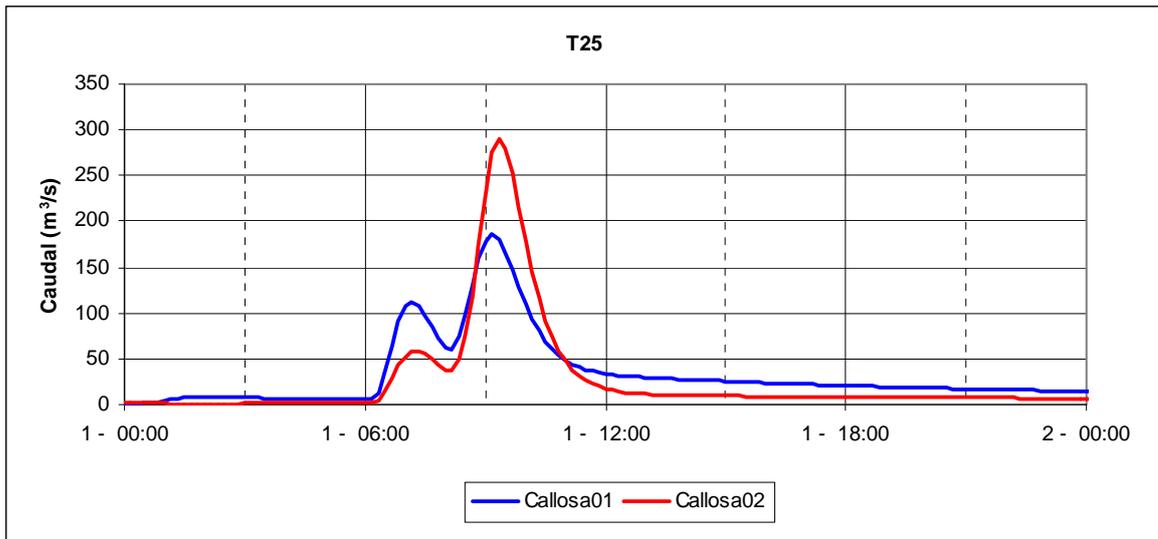
5.3.3. HIDROGRAMAS DE DISEÑO

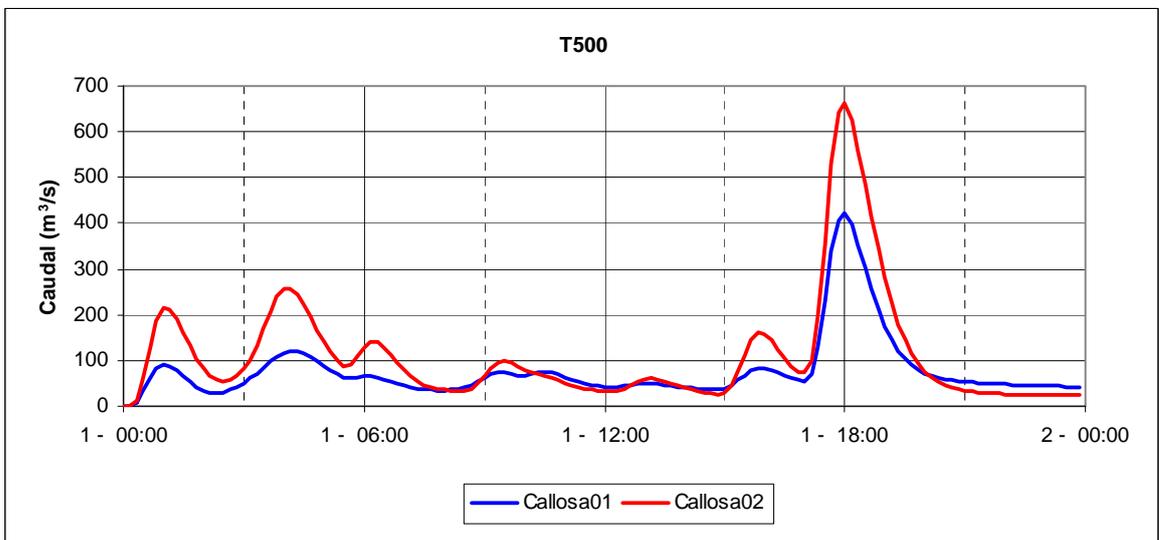
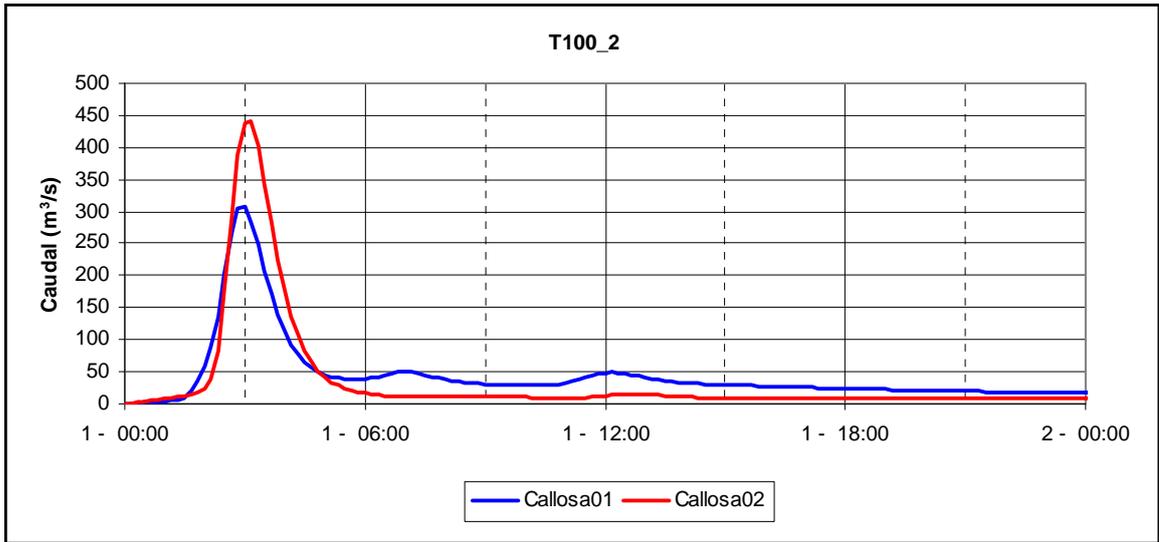
5.3.3.1. RÍOS ALGAR Y BOLULLA

En el siguiente apartado se muestran los hidrogramas utilizados como input para la modelación hidráulica, en todos los puntos de entrada a los modelos hidráulicos, para todos los eventos simulados.

El color rojo se refiere al río Algar y el color azul al río Bolulla.

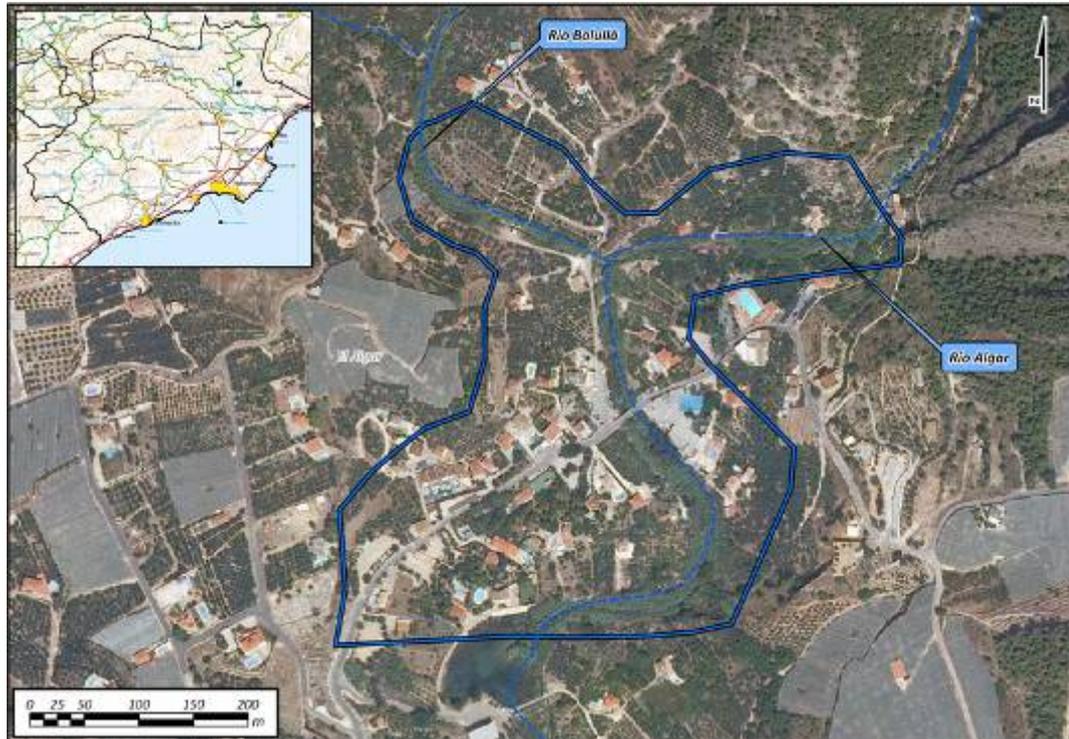






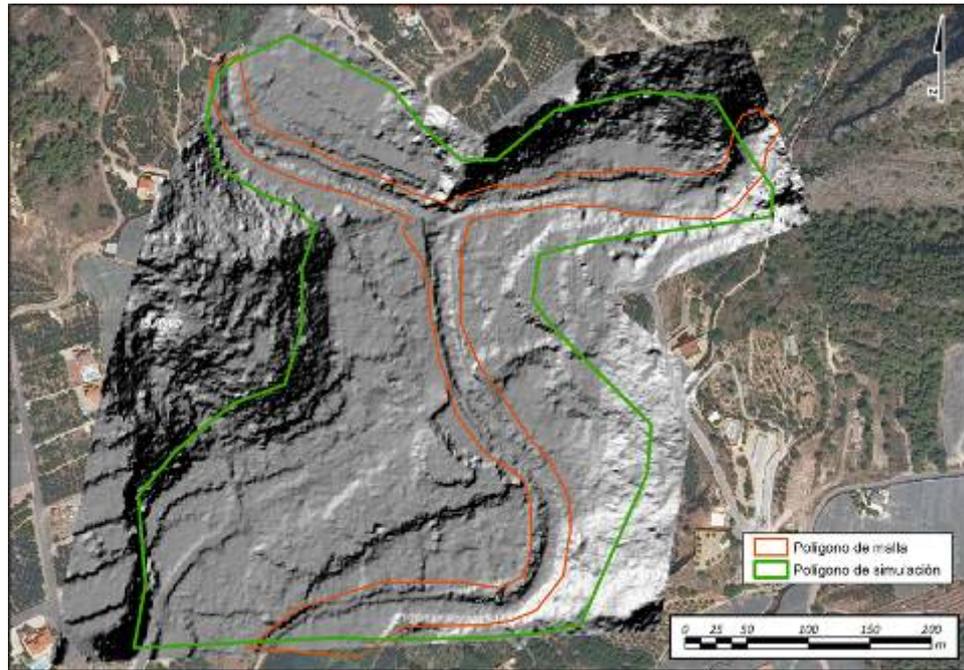
5.4. ESTUDIO HIDRÁULICO

El modelo hidráulico Callosa abarca la zona de inundación de la confluencia del río Bolulla y Río Algar. En la figura siguiente se muestra la situación y límites del modelo hidráulico.



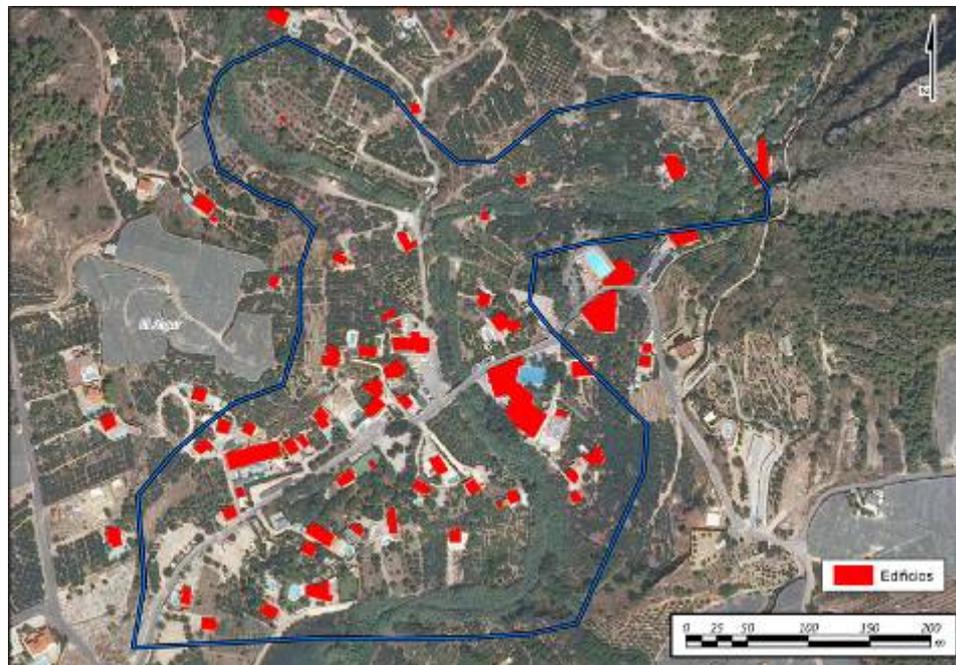
5.4.1. TOPOLOGÍA DEL MODELO

El polígono de simulación define la extensión de simulación hidráulica y los tamaños máximos y mínimos de los elementos del mallado (10 m² y 5 m² respectivamente). El polígono de malla define las zonas que requieren de mayor precisión con elementos triangulares menores con un máximo de 4 m² y un mínimo de 1 m². En la siguiente figura se muestra el modelo digital del terreno (Lidar 1mx1m) utilizado para la obtención de las cotas de cada uno de los elementos del mallado y los polígonos de simulación 2d y de malla.

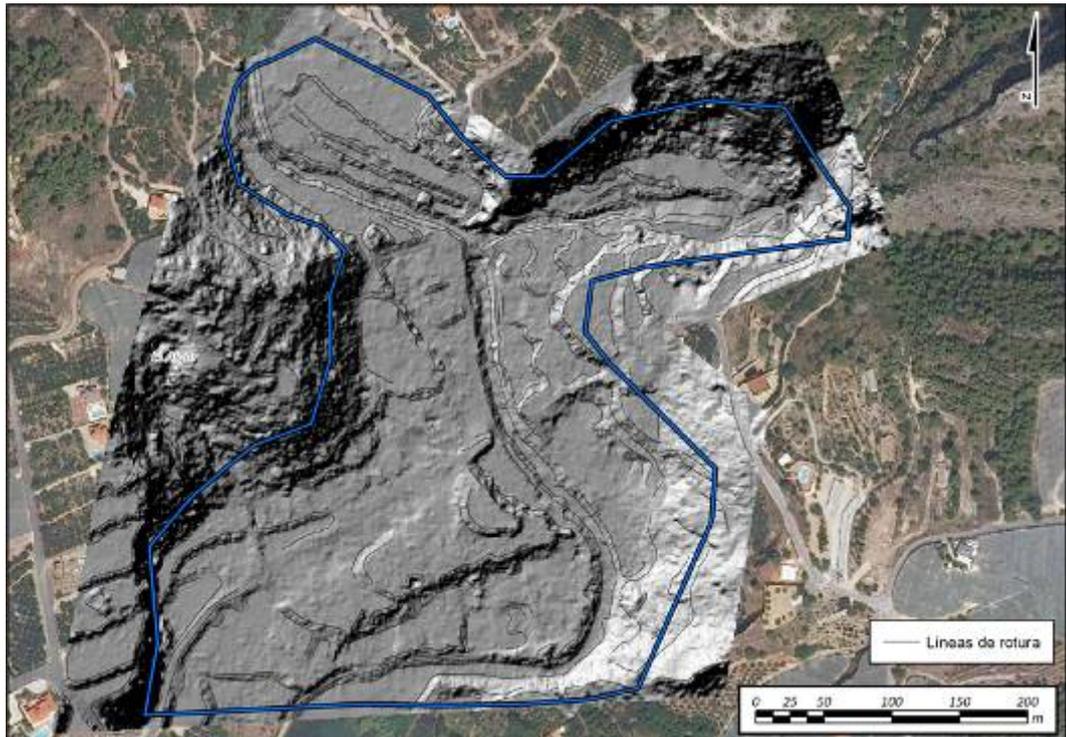


Polígono de malla y polígono de simulación.

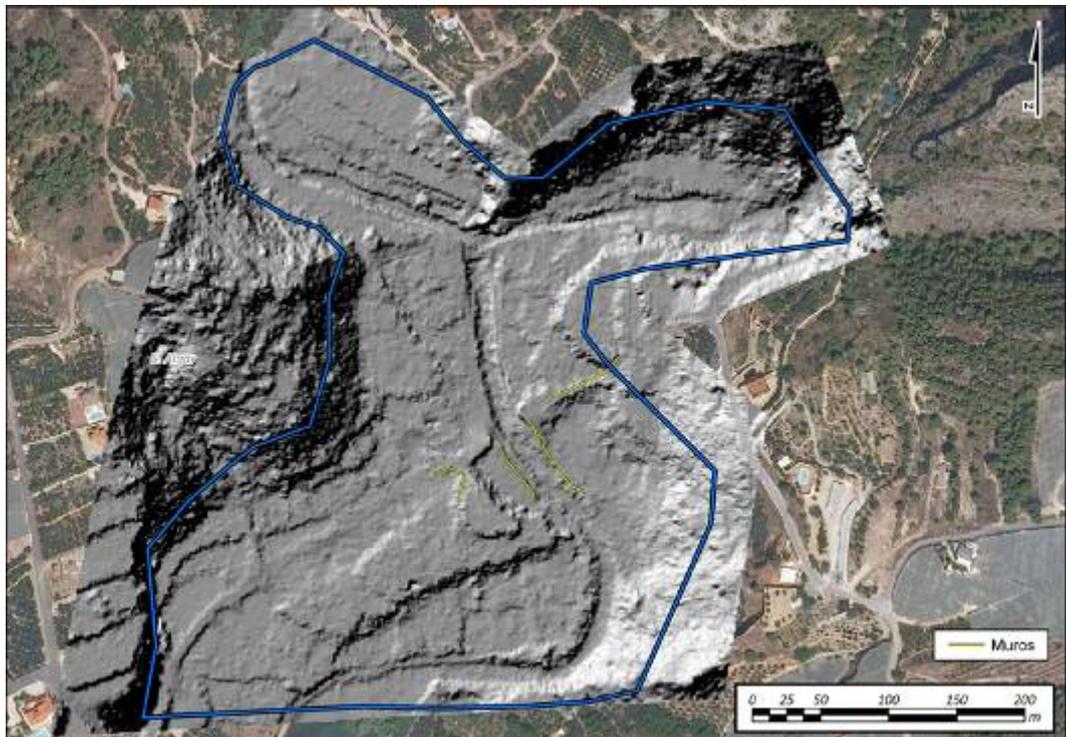
En las siguientes imágenes se muestran los polígonos de edificios, las líneas de rotura, los muros y el mallado utilizado para la modelación con un total de 31811 triángulos y 16479 vértices. El área total del modelo es de 0.1 km².



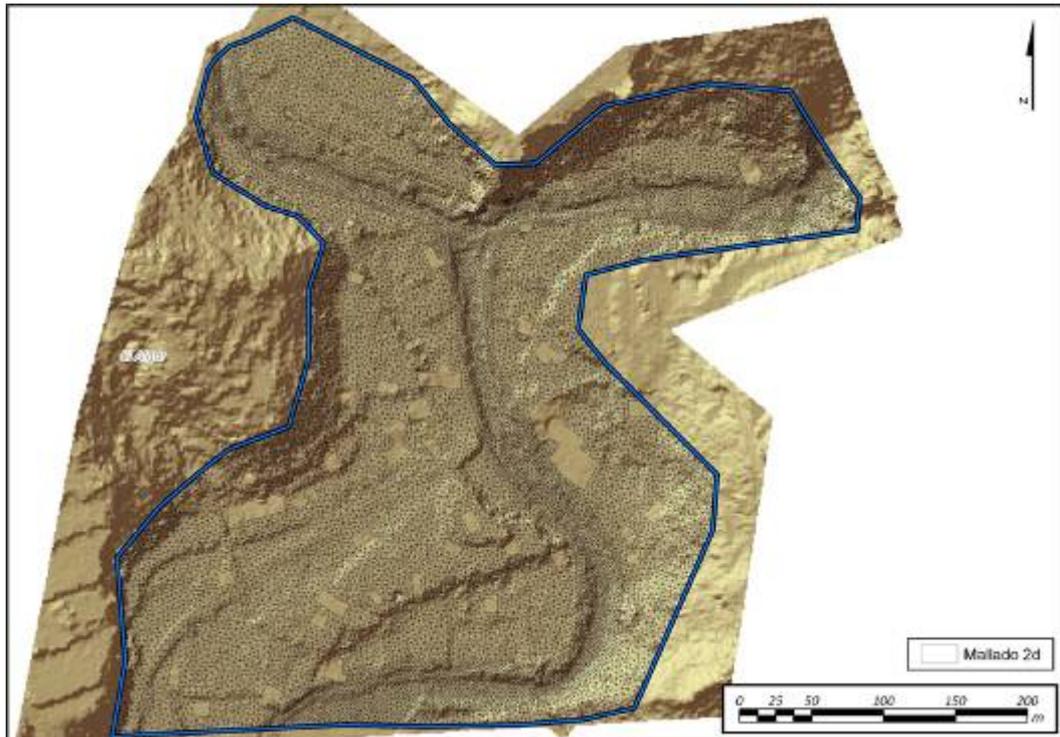
Polígono de edificios "Voids" y modelo digital del terreno.



Líneas de rotura.



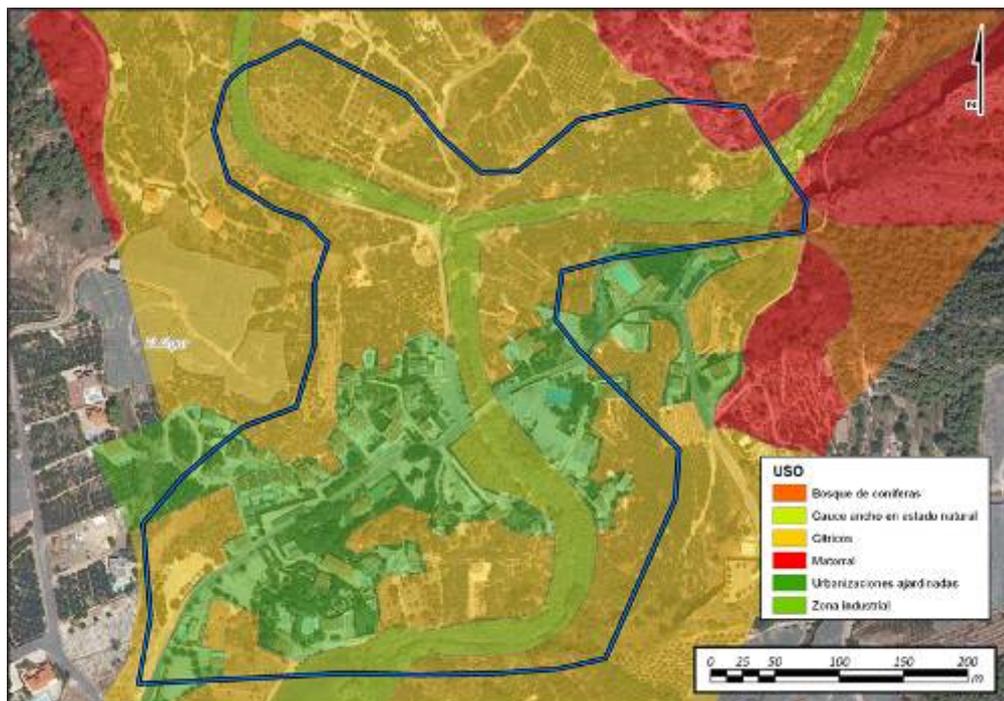
Muros.



Malla triangular de simulación

5.4.2. RUGOSIDAD

La rugosidad se define en toda la extensión del modelo partiendo de la información obtenida de los usos del suelo del Corine 2006 adaptándola según la ortofoto de la zona. En la siguiente figura se muestra el polígono de rugosidad seguido de la tabla que define el número de manning para cada uno de los usos.

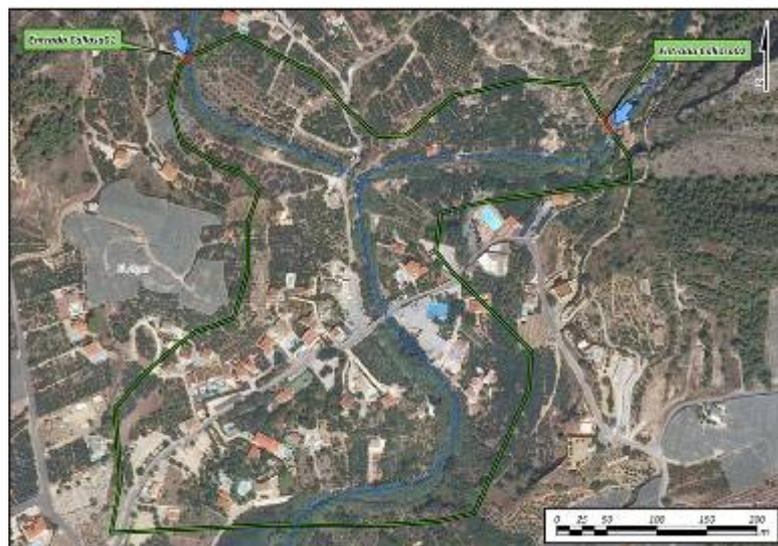


Descripción	Rugosidad Máxima
Bosque de coníferas	0.0700
Espacios orófilos altitudinales con vegetación es	0.0250
Estructura urbana abierta	0.0600
Formaciones de matorral denso	0.1000
Frutales en regadío	0.0450
Frutales secano	0.0450
Instalaciones deportivas	0.0250
Mar	0.0020
Marjal	0.0050
Matorral	0.0750
Matorral boscoso de coníferas	0.0850
Campo de golf	0.0280
Playas y dunas	0.0200
Salinas	0.0050
Tejido urbano continuo	0.0600
Urbanizaciones ajardinadas	0.0500
Vegetación de ribera	0.0550
Viñedos en secano	0.0400
Zona de extracción de lridos	0.0250
Zona industrial	0.0600
Zona portuaria	0.0130
Zonas de extracción de áridos	0.0250
Carretera pavimentada	0.0130
Zonas en construcción	0.0250
Zonas verdes urbanas	0.0280
Cultivos permanentes regadío	0.0400
Autopistas-Autovías	0.0130
Cauce ancho en estado natural	0.0250
Cauce estrecho en estado natural	0.0350
Cultivos abandonados	0.0400
Cultivos permanentes en secano	0.0450
Cítricos	0.0450
Encauzamiento artificial	0.0180

Relación usos del suelo manning.

5.4.3. CONDICIONES INICIALES Y DE CONTORNO

El modelo tiene como entradas los caudales del Río Algar (Callosa02) y del río Bolulla (Callosa01). Se eligen del estudio hidrológico 6 eventos con hidrogramas de periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 (2 episodios) y 500 años.



Condiciones de contorno e iniciales

Como condición de contorno en el perímetro del polígono de simulación se define la condición de calado normal, como se ha explicado en la introducción de este estudio

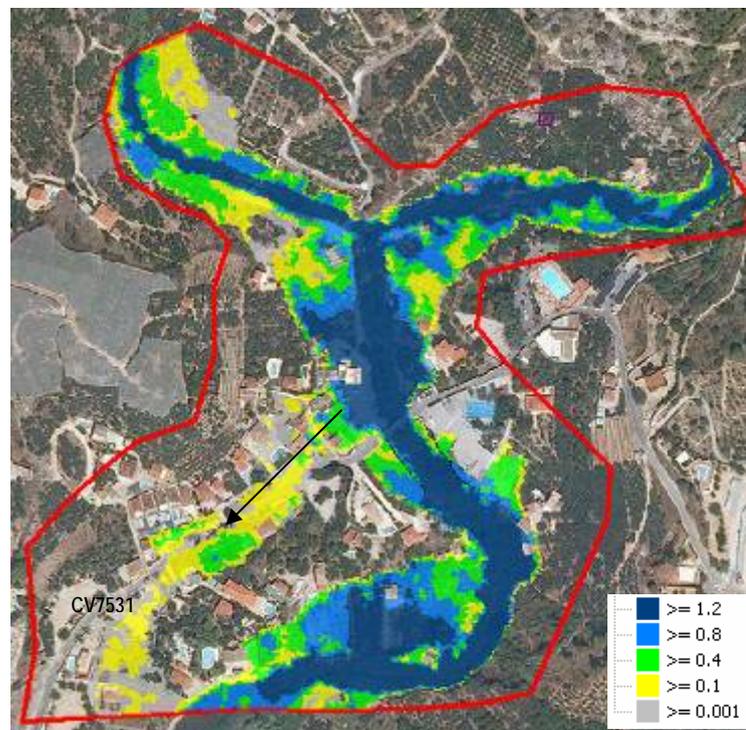
5.4.4. RESULTADOS

En los siguientes apartados se describirán las simulaciones realizadas para los períodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

En la zona en estudio se producen inundaciones a partir de eventos con magnitudes del período de retorno de 10 años afectando a restaurantes, aparcamientos y viviendas situadas en la zona baja del valle. Se produce una división del flujo aguas arriba del cruce de la carretera CV7531 dirigiéndose hacia el suroeste volviendo al río más aguas abajo.

T10

Para el período de retorno de 10 años se producen desbordamientos por margen derecha del río Algar inundando la zona de aparcamientos y restaurantes ubicados dentro de la zona inundable y siguiendo las direcciones de flujo indicadas en la siguiente figura mediante una flecha. Estos desbordamientos atraviesan la carretera CV7531 y se unen al río Algar aguas abajo. Se puede observar que en la zona inundable natural del río Algar se producen calados superiores a 1.2 m inundando algunas viviendas ubicadas dentro de esta zona. En la figura siguiente se puede observar la envolvente de calados máximos en la zona de estudio.



Se pueden observar en la siguiente figura los flujos desbordados por la margen derecha donde se ven afectadas algunas edificaciones y la carretera CV7531. Se muestra también la foto de la zona con calados

superiores 40 cm de donde se puede deducir, por la falta de vegetación y la no construcción de viviendas que se trata de una zona donde suelen existir inundaciones como también lo demuestran las simulaciones realizadas.



En la siguiente foto se muestra una panorámica de la confluencia de estos dos ríos donde se puede observar las construcciones ubicadas en la zona baja del valle con alto riesgo de inundación



Panorámica del área de confluencia de los ríos Algar y Bolulla

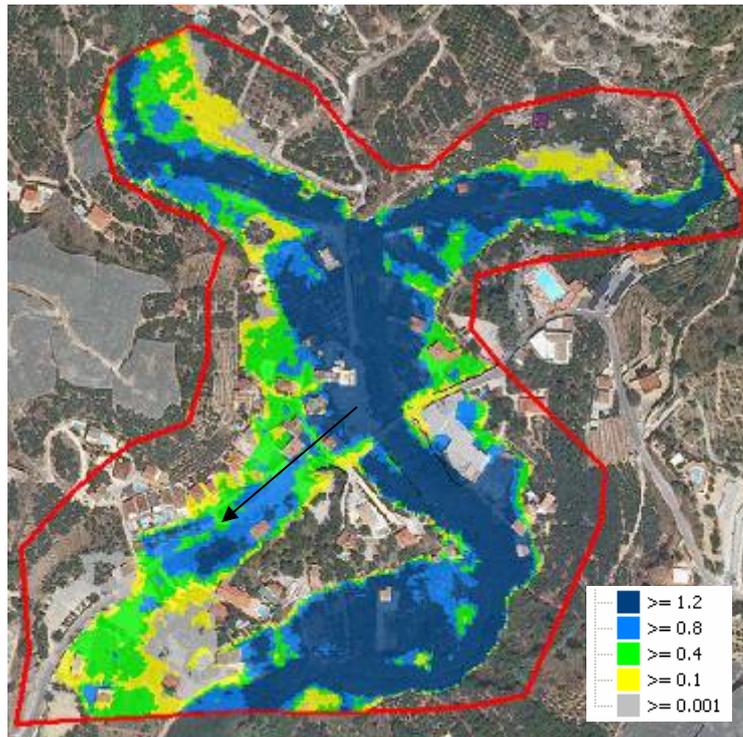
En la siguiente foto se muestra el aparcamiento y el restaurante ubicado en margen derecha del río donde se producen inundaciones a partir de $70 \text{ m}^3/\text{s}$ aproximadamente.



Foto desde el puente de la carretera CV7531 hacia aguas arriba

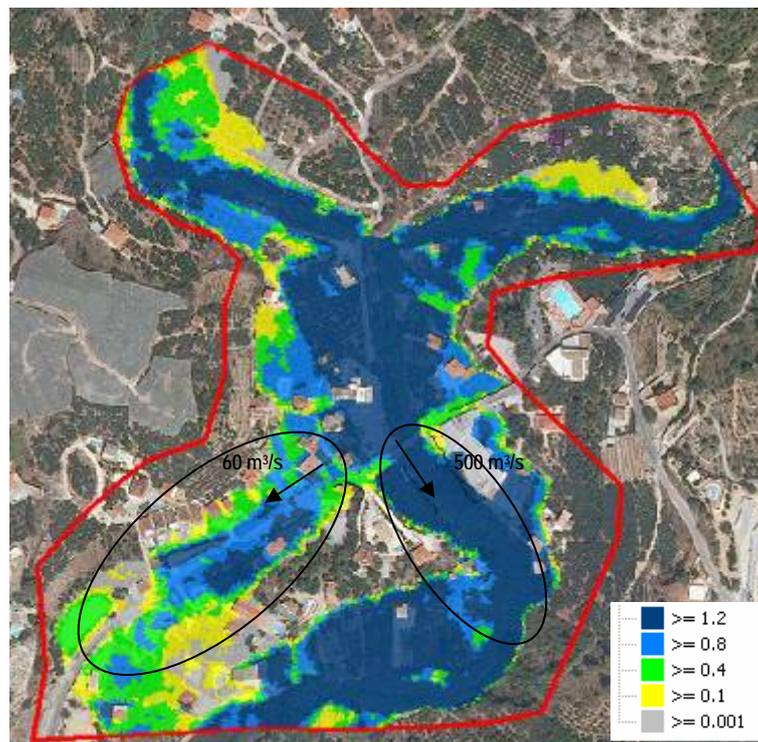
T25

Para T25 se puede observar más claramente la zona del cauce con calados superiores a 1.2m (azul oscuro) donde se observan construcciones dentro de la misma las cuales se ven gravemente afectadas para eventos de estas magnitudes. Los desbordamientos por margen derecha se incrementan inundando y afectando a las viviendas ubicadas cercanas a la carretera CV7531 produciéndose inundaciones generalizadas en la zona baja del valle, como es de esperar naturalmente. En la figura siguiente se puede observar la envolvente de calados máximos en la zona de estudio.



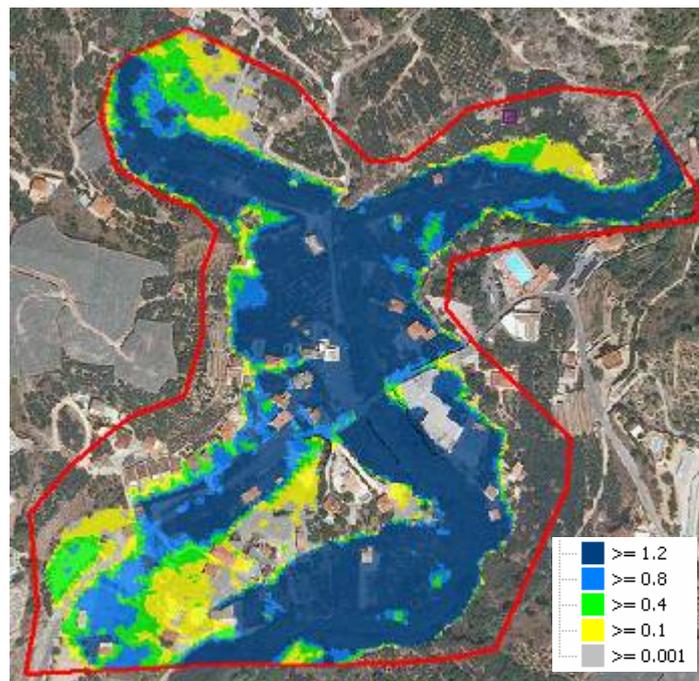
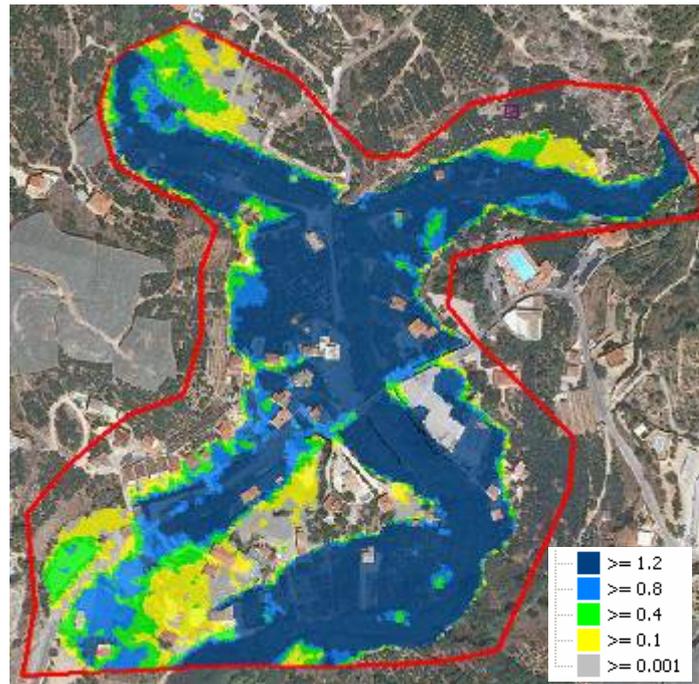
T50

En esta simulación se observan desbordamientos generalizados en todo el ámbito modelado donde se detecta, al igual que en los anteriores períodos de retorno, la división del flujo del río Algar escurriendo $500 \text{ m}^3/\text{s}$ por el río y su cauce actual y por margen derecha $60 \text{ m}^3/\text{s}$ que afectan a los restaurantes y viviendas construidas en la zona. En la figura siguiente se puede observar la envolvente de calados máximos en la zona de estudio.



T100

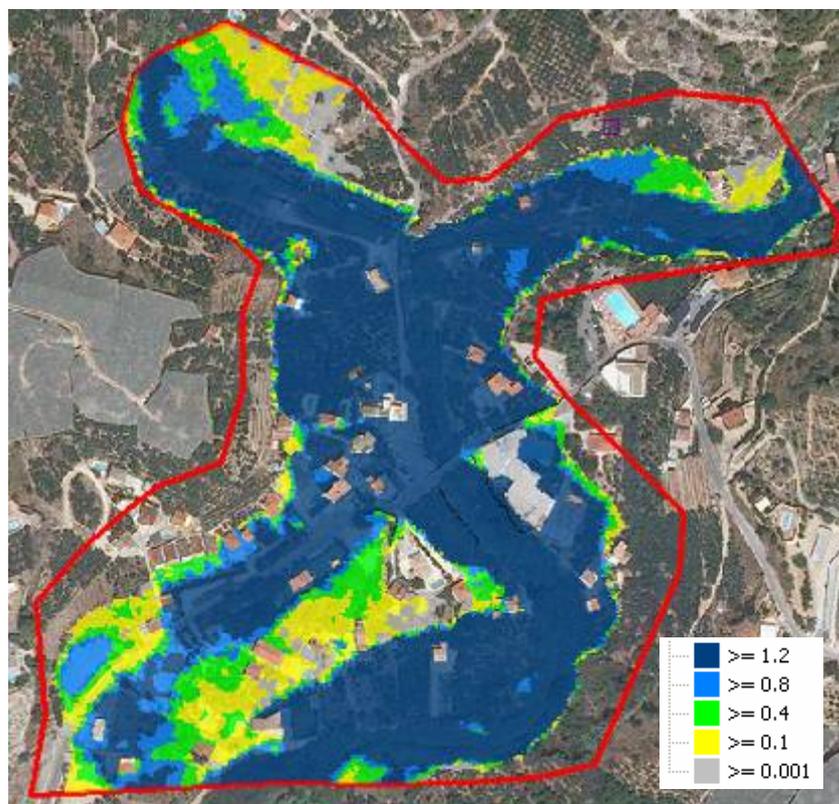
Para 100 años se han simulado dos eventos 2-3-008 (imagen superior) y 1-3-040 (imagen inferior) con caudales picos correspondientes a los 100 años pero con volúmenes diferentes. Esta doble simulación se realiza para comparar y analizar diferentes eventos que correspondan al mismo período de retorno pero que podrían causar inundaciones diferentes. En este caso el evento 1-3-040 (imagen inferior) genera inundaciones con calados superiores y extensiones muy similares al evento 2-3-008 (imagen superior). En la figura siguiente se puede observar la envolvente de calados máximos en la zona de estudio.



Para este período de retorno se producen inundaciones generalizadas con calados superiores a superiores a 1.2 m afectando gran parte de las viviendas y edificaciones del valle. Se observa claramente la división de los flujos y la edificación en zona inundable por lo que gran parte de las viviendas y restaurantes tienen un alto riesgo de inundación.

T500

Para T500 se producen inundaciones generalizadas en todo ámbito de estudio. Las extensiones de las inundaciones son similares a las de T100 pero con niveles mayores superando los 120 cm en gran parte de las zonas inundadas. En la figura siguiente se puede observar la envolvente de calados máximos en la zona de estudio.



6. SITUACIÓN ACTUAL

Como ya se ha citado anteriormente, este tramo abarca los ríos Bolulla y de l'Algar desde la salida de sendos estrechos, junto a las fuentes de l'Algar, hasta la presa de toma de aguas de Callosa d'en Sarriá. En dicha zona existen negocios, principalmente restaurantes, dedicados al sector turístico, ya que la zona está próxima al paraje natural de las Fuentes del Algar. Algunos de ellos se sitúan dentro de la zona de DPH. Al tratarse de un punto de confluencia de cauces, la virulencia de los caudales de avenida es elevada y provoca en numerosas ocasiones inundaciones que afectan gravemente a la zona. Aguas arriba de la confluencia existe una estación de foros en el río Bolulla.



Vista hacia aguas abajo de las instalaciones de la estación de aforos de la Confederación Hidrográfica del Júcar, ubicadas en el río Bolulla aguas arriba de la desembocadura al río Algar.



Vista de dos obras de paso contiguas inmediatamente aguas arriba de la unión con el río Algar (cruces CALL103 y CALL102)..

Después de la estación de aforos el río Bolulla presenta dos obras de paso de muy reducida capacidad de desagüe, antes de la confluencia con el río Algar.



Vista del pontón de un acceso privado, obra de paso CALL103 en el río Bolulla



Vista del pontón de un camino privado, obra de paso CALL102 en el río Bolulla



Inmediatamente aguas abajo de la intersección de los ríos Algar - Bolulla, se dispone un azud de escollera para el abastecimiento de regantes, así como un paso inundable..

Aguas abajo de la confluencia de ambos ríos existe otra obra de paso de la carretera CV-753



Paso actual (CALL-101) de la carretera CV-753

7. CRITERIOS DE DISEÑO

7.1. TIPOS DE MEDIDAS DE ACTUACIÓN

Las medidas de actuación habitualmente empleadas en los planes de defensa frente a avenidas, se pueden clasificar en función de su tipología de modificación del riesgo. El riesgo se puede definir como el producto de la peligrosidad por la vulnerabilidad. La peligrosidad viene determinada por la probabilidad de ocurrencia de las condiciones que puedan ocasionar una afección (daños a vidas o bienes) dentro de un periodo determinado y un área también determinada. La vulnerabilidad, incluye, por un parte, la valoración de posibles daños y afecciones en un área y por otra la exposición de vidas humanas frente a esos daños (vulnerabilidad de personas). De esta manera, las acciones para la disminución del riesgo se pueden clasificar en los siguientes grupos:

a) Medidas no estructurales,

Estas actuaciones, en muchos casos, complementarias a las estructurales, que se recogen en los apartados siguientes, tienen por objeto prevenir el efecto de las inundaciones y conseguir reducir los daños asociados ó al menos el impacto que estos daños tienen en los ciudadanos. Estas actuaciones tienen una gran efectividad y en general un coste económico sensiblemente inferior al de las medidas estructurales. No obstante, plantean dificultades de aplicación y requieren una difícil coordinación entre las distintas administraciones implicadas. Esta coordinación debe realizarse en un marco legal complejo con distintos ámbitos competenciales.

Se pueden clasificar en los siguientes grupos:

Medidas que persiguen la disminución del riesgo por disminución de la vulnerabilidad. Estas medidas son las que tienen que ver con la Ordenación Territorial y se pueden resumir en las siguientes:

- Elaboración de cartografía de riesgo de inundación
- Delimitación de la zona de policía del dominio público hidráulico
- Trabajos complementarios en la revisión del planeamiento urbano
- Revisión del planeamiento urbano municipal a la vista de los resultados de los trabajos complementarios de cartografía de riesgo
- Reserva de usos del suelo para determinadas zonas teniendo en cuenta los estudios de inundabilidad realizados

Este grupo de medidas, dentro del DOCUMENTO DE REFERENCIA DEL "PLAN DIRECTOR DE DEFENSA CONTRA LAS AVENIDAS EN LA COMARCA DE LA MARINA BAJA (ALICANTE)", emitido por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, se encuentran clasificadas dentro del grupo C. como actuaciones de gestión encaminadas a la recuperación de llanuras aluviales, recuperación de terrenos para el dominio público hidráulico o marítimo terrestre mediante deslinde, compra de terrenos, limitaciones en la ordenación del territorio, etc.

Medidas, cuyo objetivo es la disminución de la vulnerabilidad durante la inundación. Entre las que destacan la elaboración de planes de emergencia y la disposición de ayudas para los afectados por la inundación. Se resumen a continuación:

- Actuaciones de Protección Civil:
 - Trabajos complementarios en la elaboración de los Planes de Actuación Municipal y/o Planes de Emergencia Municipal.
 - Elaboración y aprobación de los "Planes de Actuación Municipal y/o Planes de Emergencia Municipal ante el riesgo de inundaciones".

Estos Planes de Actuación ante el riesgo de inundaciones deberán de llevar definidas las diferentes fases que conllevan y que se pueden resumir en las siguientes:

Fase de Preemergencia

Es la fase caracterizada por la existencia de información sobre la posibilidad de ocurrencia de sucesos y/o situaciones capaces de dar lugar a inundaciones. El objeto de esta fase es alertar a las autoridades y servicios implicados, así como informar con carácter preventivo a la población potencialmente afectada.

La preemergencia se estructura en dos actuaciones que obedecen a la evolución habitual en la gestión:

- Alerta derivada de aviso meteorológico

Es la acción de transmitir mensajes de prevención y protección a la población potencialmente afectada, e instrucciones a aquellos destinatarios que tengan algún tipo de responsabilidad preventiva u operativa asignada en este Plan, acompañados del propio aviso meteorológico que la genera.

- Seguimiento pluviométrico

Es la fase consiguiente a la alerta derivada del aviso meteorológico, consistente en el seguimiento para confirmar o no la actualización del riesgo y su evolución. Esta fase puede ser activada, independientemente de la alerta derivada de aviso meteorológico, en caso de producirse lluvias intensas sin

aviso meteorológico previo. La fase de preemergencia se prolongará hasta que se concluya que la inundación es inminente, por lo que se pasaría a fase de emergencia, o bien se produzca la vuelta a la normalidad.

Fase de Emergencia

Es la fase caracterizada por la existencia de información sobre la posibilidad de ocurrencia de sucesos y/o situaciones capaces de dar lugar a inundaciones. Esta fase se inicia cuando, del análisis de los parámetros meteorológicos e hidrológicos, se concluya que la inundación es inminente o cuando ésta ya haya comenzado.

La emergencia se prolongará hasta que se hayan tomado todas las medidas necesarias de protección de personas y bienes y se hayan restablecido los servicios básicos esenciales. Las diferentes situaciones de emergencia se establecen en función de la gravedad, de la extensión territorial y de los recursos disponibles para el control de la emergencia.

Dentro de la fase de emergencia se distinguirán diferentes niveles de gravedad:

Fase de Normalización

Es una fase consecutiva a la de emergencia, que se prolonga hasta el restablecimiento de las condiciones mínimas imprescindibles para el retorno a la normalidad en las zonas afectadas por la inundación.

Durante esta fase se realizarán las primeras tareas de rehabilitación en dichas zonas, consistentes fundamentalmente en la inspección del estado de edificios, la limpieza de viviendas y vías urbanas, la reparación de los daños más relevantes, y la rehabilitación de los servicios básicos fundamentales.

- **Seguros:**
 - Campaña de promoción y divulgación del seguro.
 - Estudios de viabilidad de esquemas complementarios de seguros en tipología de daños y grado de cobertura

Este grupo de medidas, dentro del DOCUMENTO DE REFERENCIA DEL "PLAN DIRECTOR DE DEFENSA CONTRA LAS AVENIDAS EN LA COMARCA DE LA MARINA BAJA (ALICANTE)", emitido por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, se encuentran clasificadas dentro del grupo D, como actuaciones de prevención civil y miscelánea, entre las que se encuentran la predicción de avenidas, mecanismos de alerta, etc.

b) Medidas de restauración hidrológica- forestal

El fin último perseguido por estas medidas es la disminución de la escorrentía generada mediante una serie de actuaciones, que consisten en acciones biológicas e hidrotecnias, armónicamente distribuidas entre la cuenca y su cauce. Las acciones biológicas se implantan en la cuenca y las hidrotecnias en los cauces.

Estas medidas tienen además, del objetivo fundamental de disminuir la escorrentía en la cuenca, los siguientes fines:

- La protección del suelo.
- La regulación hídrica y mejora de la calidad del agua.
- La protección, conservación, restauración y mejora del ecosistema (flora, fauna, paisaje, biodiversidad).

Este grupo de medidas, dentro del DOCUMENTO DE REFERENCIA DEL "PLAN DIRECTOR DE DEFENSA CONTRA LAS AVENIDAS EN LA COMARCA DE LA MARINA BAJA (ALICANTE)", emitido por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, se encuentran clasificadas dentro del grupo B, como actuaciones de bioingeniería dirigidas a la recuperación de la morfología, hidrodinámica, y conectividad transversal, conexión vertical y continuidad longitudinal de los cauces.

c) Medidas estructurales, que persiguen la disminución del riesgo, disminuyendo la peligrosidad.

Esta disminución se puede conseguir, fundamentalmente por dos vías:

Incrementando el umbral de desbordamiento, de esta manera se elimina el riesgo de las crecidas más frecuentes, reduciendo en una magnitud constante el riesgo de las de menor probabilidad. Dentro de este grupo se encuentran los encauzamientos, acondicionamiento de cauces y la mejora de las obras de paso existentes, mediante su ampliación o sustitución

La otra vía persigue la disminución de la magnitud, es decir, la reducción de caudales fluyentes. En ella se encuadran por un lado diferentes técnicas de laminación, (Área de laminación, zonas de sacrificio, etc.).

Este grupo de medidas, dentro del DOCUMENTO DE REFERENCIA DEL "PLAN DIRECTOR DE DEFENSA CONTRA LAS AVENIDAS EN LA COMARCA DE LA MARINA BAJA (ALICANTE)", emitido por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, se encuentran clasificadas dentro del grupo A, como actuaciones que introducen nuevas alteraciones hidromorfológicas en los cauces o en las zonas costeras para la prevención de inundaciones.

Para establecer el caudal de diseño de las obras a realizar incluidas dentro de las medidas estructurales, se ha realizado una distinción en función de la calificación de los terrenos por donde discurren los cauces a analizar.

Ante esta situación se ha elegido como criterio de diseño para cauces, que discurren por zonas urbanas, la obtención de un control absoluto de la inundación para el caudal correspondiente a 500 años de período de retorno, siempre que el tejido urbano permita la realización de las obras necesarias para conseguir dicho control. Este criterio está en línea con lo dispuesto en el Plan de Acción Territorial de Carácter Sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA - 2002).

Para actuar sobre cauces en entornos rurales se adopta el caudal de avenida comprendida entre los 25 y los 50 años de período de retorno.

7.2. METODOLOGÍA

El planteamiento general, que se ha seguido para realizar el análisis de alternativas, para los distintos ríos y barrancos incluidos en el Plan Director de Defensa contra las Avenidas en la Comarca de la Marina Baja, ha sido considerar una serie de soluciones, partiendo de la **Solución 0**, que consiste en no realizar ninguna actuación, manteniendo las condiciones existentes en la actualidad, ir añadiendo actuaciones, en primer lugar, actuaciones de tipo no estructural, que constituirán la **Solución 1**, hasta llegar a la adopción de medidas estructurales, que constituirían la **Solución 2**.

Se resumen a continuación los tipos de soluciones planteadas:

Solución 0, consiste en no realizar ninguna actuación, manteniendo las condiciones existentes en la actualidad

Solución 1, en esta solución estarían incluidas las siguientes tipos de actuaciones: Actuaciones sobre la Ordenación Territorial de la zona, actuaciones de la Confederación Hidrográfica del Júcar, en cuanto a la implantación del Sistema de Ayuda a la Decisión, Protección Civil, en lo que se refiere a Planes de Emergencia frente a las inundaciones, actuaciones por parte de las compañías de seguros y de tipo restauración hidrológico forestal de la cuenca.

La **Solución 2** estaría formada por actuaciones estructurales. En primer lugar, se priorizarían las actuaciones sobre la sección del cauce y sobre las obras de paso existentes (con el fin de mejorar la capacidad de transporte de los cauces) y en el caso de que estas últimas no fuesen suficientes para la reducción del riesgo en caso de avenidas, se proponen elementos de regulación y laminación de los hidrogramas (Área de laminación de avenidas, zonas de sacrificio, etc.) en el cauce o fuera del mismo.

Con el fin de poder estimar el riesgo que comporta cada una de las soluciones propuestas, se hace un cálculo de este riesgo, como producto de la valoración económica del daño o afección por la probabilidad de que se produzca. Por lo tanto es necesario realizar una valoración económica de los daños producidos en cada uno de los escenarios, partiendo de la situación actual (Solución 0, no se proponen actuaciones) y pasando por cada de las soluciones propuestas.

En el caso de medidas de carácter estructural, la probabilidad de que se produzca depende directamente del caudal de diseño de las actuaciones propuestas. (Periodo de retorno de 50, 100 o 500 años)

Los pasos a seguir en el estudio de soluciones se recogen a continuación de forma resumida:

- ❖ Análisis de la situación actual.
 - Problemática existente.
 - Daños ocurridos en avenidas históricas
- ❖ Planteamiento de alternativas Se plantean soluciones partiendo de la situación actual, empezando primero por las actuaciones de tipo no estructural, para ir añadiendo las de tipo estructural
 - Descripción de las alternativas propuestas
 - Análisis Económico, que incluye los siguientes apartados:
 - Análisis de costes (Valoración de las actuaciones propuestas)
 - Análisis de riesgo, para lo cual se hace una estimación del riesgo como producto de la valoración del daño por la probabilidad de que se produzca.
 - Análisis Coste- Beneficio, entendiendo como beneficio la disminución del riesgo
 - Estudio de Alternativas
 - Descripción de la metodología empleada.
 - Análisis desde el punto de vista de las avenidas
 - Resultados del estudio de Alternativas.

8. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

8.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

8.1.1. INTRODUCCIÓN

El presente apartado del planteamiento de alternativas para el tramo estudiado (aunque dividido en el río Bolulla y río Algar) se ha estructurado haciendo en primer lugar, un resumen de los efectos más relevantes que se producen durante la ocurrencia de las avenidas correspondientes a los distintos periodos de retorno, para pasar a la descripción de las distintas soluciones planteadas, teniendo siempre en cuenta, el establecimiento de medidas no estructurales, en primer lugar, para proponer a continuación las soluciones de carácter estructural.

El siguiente punto que se desarrolla es el análisis económico de cada una de las soluciones planteadas, mediante un análisis de los costes (valoración de las soluciones), un análisis de los riesgos, tanto en la situación actual, como después de las soluciones adoptadas, para terminar con un análisis coste-beneficio, entendiendo por beneficio, la disminución del riesgo, que conlleva cada una de las soluciones consideradas.

El último punto, lo constituye el estudio comparativo de alternativas, de acuerdo a una metodología, que tiene en cuenta los distintos aspectos afectados por las inundaciones, como son el hidrológico, el socioeconómico, el medioambiental, el económico.

8.1.2. EFECTOS PRODUCIDOS DURANTE LAS AVENIDAS

A raíz de los resultados del estudio de inundabilidad, cabe destacar las siguientes conclusiones:

Como se ha recogido en las conclusiones del estudio hidráulico, ya desde la avenida correspondiente al período de retorno de 10 años se producen desbordamientos por margen derecha del río Algar inundando la zona de aparcamientos y restaurantes. Estos desbordamientos atraviesan la carretera CV7531 y se unen al río Algar aguas abajo. Se puede observar para esta avenida donde los caudales punta circulantes son de 160 m³/s para el río Algar y de 105 m³/s para el río Bolulla, que en la zona inundable natural del río Algar se producen calados superiores a 1.20 m inundando algunas viviendas ubicadas dentro de esta zona.

Se ha podido estimar que la capacidad del cauce del río Algar, aguas abajo de la confluencia está en el entorno de los 50-60 m³/s. muy inferior al caudal punta de la avenida de periodo de retorno de 10 años (160+105= 275 m³/s), ya que las puntas de ambas hidrogramas son prácticamente coincidentes en el tiempo. Esta circunstancia hace que se produzcan inundaciones generalizadas para cualquier avenida de periodo de retorno igual o superior a 10 años.

8.1.3. SOLUCIÓN 0. NO REALIZAR NINGUNA ACTUACIÓN

No se desarrolla ninguna iniciativa, por lo tanto no se modifica el régimen de corrientes de los ríos Algar y Bolulla. No se adecua tampoco el cauce del mismo, ni se mejora el sistema de drenaje de las infraestructuras afectadas por el barranco y tampoco se actúa sobre la confluencia de los dos cauces en el entramado urbano de Callosa de Sarriá.

Considerarla es asegurarse que sea cual fuere la alternativa finalmente adoptada, en ningún caso se va a escoger una solución de peor calidad que la resultante de dejar el sistema tal y como se encuentra en el momento actual.

Responde, por lo tanto, este planteamiento a la necesidad de contemplar la opción de no actuar sobre los elementos de la cuenca de los ríos Algar y Bolulla, de forma que, al mantener ésta su configuración actual, la situación de Callosa de Sarriá no mejore pero tampoco empeore.

8.1.4. SOLUCIÓN 1: ACTUACIONES DE TIPO NO ESTRUCTURAL

Las actuaciones finalmente propuestas para este caso concreto son:

Elaboración de cartografía de riesgo de inundación para los ríos Bolulla y Algar, que en este caso se obtendrá como uno de los resultados del presente Plan de Defensa contra Avenidas.

Colaboración para la elaboración y aprobación de Planes de Actuación Municipal ante el riesgo de inundaciones en Callosa de Sarriá.

Colaboración para la revisión del planeamiento urbano municipal a la vista de los resultados del presente Plan.

Colaboración para la promoción y divulgación del seguro para los bienes afectados por las inundaciones.

Dentro de este apartado se proponen también acciones de restauración hidrológica forestal. Estas actuaciones se conciben normalmente como una conjunción de acciones biológicas e hidrotecnias, armónicamente distribuidas entre la cuenca y su cauce. Las acciones biológicas se implantan en la cuenca y las hidrotecnias en los cauces.

La pendiente de los cauces de la competencia de la corriente de los ríos Algar y Bolulla permiten la transmisión de una importante carga gruesa hasta la desembocadura, quedando los bloques de mayor tamaño, depositados a lo largo de las barras y como carga de fondo de cauce.

Se plantea la ejecución de 2 diques de retención de sólidos de mampostería hidráulica en el cauce del río Bolulla en el tramo de 4 km, a lo largo del cauce, que va desde la confluencia de ambos cauces hacia

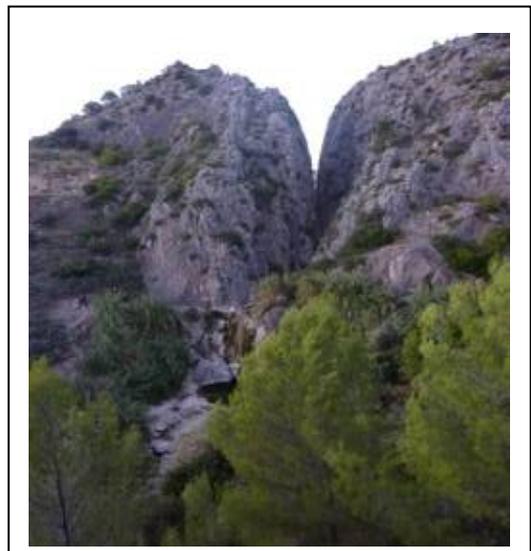
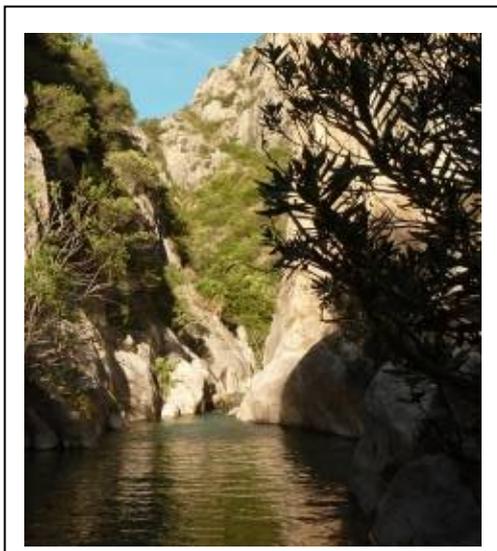
aguas arriba. También se propone la ejecución de 3 diques de retención de sólidos en el río Algar. Uno de ellos se plantea como la reconstrucción del dique de gaviones existente, prácticamente destruido durante una de las avenidas ocurridas y los otros dos como diques de mampostería hidráulica de 3 metros de altura sobre el cauce situados aguas arriba del dique de gaviones en un tramo de 5 km.

En la cuenca del río Algar, las acciones previstas serán biológicas, consistiendo en reforestaciones que crearán una importante cobertura vegetal. Estas reforestaciones se realizarán en terrenos desarbolados con erosión grave o muy grave, mediante especies compatibles con la vegetación existente. Alcanzarán un porcentaje del 30% del total de la cuenca vertiente. (Esta reforestación ya estaba prevista en el Patricova. (2002). La superficie a reforestar son unas 50 Ha aproximadamente, y las especies elegidas para llevar a cabo esta reforestación teniendo en cuenta el tipo de suelo y la orografía del mismo han sido el *Pinus halepensis*, el *Quercus ilex* y el *Fraxinus rotundifolia*.

Del informe geomorfológico, extraemos que tanto los ríos Algar como Bolulla, en su tramo alto, tienen numerosos aportes sólidos; estos ríos confluyen confinados por relieves calizos, con trazados de fuerte pendiente, alimentados con los aportes detríticos gruesos de caliza procedentes de las abruptas vertientes laterales. El lecho de ambos ríos se halla revestido de cantos y gravas que forman barras características de ramblas y lechos braided.

En una visita a campo, para la realización de este estudio, se pudo observar que una de las presas de contención de sedimentos, situada en la rambla aguas arriba del congosto o estrecho del Algar, había quedado destruida por una de las crecidas recientes (octubre de 2007 o 2008), puesto que en la fotografía aérea de 2006 se aprecia que todavía estaba intacta.

Al paso por los estrechos, inmediatamente antes de las fuentes del Algar, el cauce pasa por tramos muy confinados de pocos metros de anchura y donde los desprendimientos desde las paredes calizas incrementan la carga de bloques y gravas. Igualmente, a lo largo de los congostos se observan canales laterales donde desembocan barrancos de fuerte pendiente que abocan cantos y bloques hacia el cauce.



El confinamiento entre paredes y la pendiente permite la transmisión de la carga sedimentaria aguas abajo, entre pasos estrechos, pozas y cascadas. La morfología original está alterada por algunas represas construidas con el objeto de favorecer el remanso del agua en balsas en la zona acotada para las visitas y zonas de baño de las fuentes del Algar. No obstante, a lo largo del cauce se aprecian marcas de altos niveles de flujo, con acumulaciones de cañas varios metros por encima del nivel ordinario del agua.



Presa de retención de sedimentos (gaviones) situada aguas arriba del estrecho desmoronada durante las crecidas recientes de 2007-2008.

Todas las circunstancias recogidas en los párrafos anteriores, hace que se plantee la ejecución de diques de retención de sólidos, en los tramos de los dos ríos aguas arriba de su confluencia, es decir, antes de llegar al núcleo urbano de Callosa de Sarriá. Aunque, según se plantea en estudio geomorfológico, el efecto barrera de sólidos sea el perseguido, es evidente que al mismo tiempo se logrará un efecto laminador de los caudales punta de las avenidas, que aunque tenga un efecto menor, es también un efecto secundario que beneficia y justifica la construcción de dichas estructuras.

Este tipo de diques, se han llevado a cabo en enclaves y comarcas cercanas a la de estudio del presente documento, dando buenos resultados. Se recogen a continuación fotos de algunos de ellos.





Las alturas de estos diques están entre 3 y 4 metros de altura. El material de los diques suele ser casi siempre de mampostería hidráulica.

Se podría haber planteado diques a base de gaviones, pero hay que recordar que esta tipología se recomienda en aquellos casos en los que se prevén asentamientos de las cimentaciones, los cuales en la práctica no afectan o afectan poco a estas estructuras, a causa de su naturaleza flexible.

Dada la naturaleza litológico-geotécnica de la zona en donde queremos ubicar estos diques y viendo la experiencia que han tenido en la zona con esta tipología, incapaz de aguantar la crecida de 2007, se adopta el tipo de diques de mampostería, en base a la durabilidad y a la protección de lo que se tiene aguas abajo, plantear este tipo de diques..

Esta tipología es la más utilizada en la corrección de torrentes y retención de sólidos; generalmente son de trazado recto, y para su construcción se emplea el hormigón ciclópeo y la mampostería hidráulica, todos ellos sin armadura de refuerzo. El hormigón ciclópeo se elabora colocando grandes bloques de roca, bolos, o cantos rodados (todos estos materiales abundantes en la zona) en una matriz de hormigón, pudiendo ocupar los bloques hasta un 60 % del volumen total del material.

La mampostería hidráulica se caracteriza porque en su construcción se utiliza un procedimiento de albañilería, que consiste en colocar fragmentos de roca unidos entre sí por un mortero de cemento. La mampostería hidráulica se diferencia de la mampostería en seco, o enrocado, en que esta última los bloques se colocan en obra sin ningún material cementante.

El hormigón ciclópeo y la mampostería, requieren de mayor utilización de mano de obra y menor empleo de equipos, que el hormigón convencional, lo cual es una ventaja en sitios de difícil acceso, caso muy frecuente en las presas de retención de sólidos que es el caso que nos ocupa.

8.1.4.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

A) JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA EN BASE A LA PENDIENTE DE COMPENSACIÓN

Teniendo en cuenta los principios que gobiernan la mecánica del transporte de fondo en los cauces naturales, se llega a la conclusión de que existe siempre una tendencia al equilibrio entre las variables relativas al flujo del agua y a las variables relativas al transporte de sedimentos.

Si se modifica alguna de estas variables, se produce como consecuencia un cambio en las otras, que tiende al restablecimiento del equilibrio perdido.

$$Q * S = Qs * d$$

Q = caudal líquido

S = pendiente caudal de agua

Qs= Caudal sólido

d= granulometría caudal sólido

Por ejemplo, al disminuir la pendiente a causa de la construcción de un dique de retención de sedimentos, una vez que la misma se ha colmatado, deberá producirse como consecuencia, una reducción del segundo miembro de la expresión anterior, para lo cual deben disminuir el caudal sólido y el tamaño de las partículas transportadas, siendo ambos justamente los fines perseguidos con las construcciones de estos diques, para así reducir los problemas que los materiales sólidos, en especial los de mayor tamaño, causan a las infraestructuras existentes aguas abajo.

Al construirse en un cauce un dique de retención de sólidos y una vez producida la colmatación de la misma, necesariamente deberá ajustarse la pendiente del sedimento a las nuevas condiciones impuestas por la obra, las cuales son:

- Implantación de una barrera fija en el cauce, la cual controla su descenso progresivo por erosión
- Formación de un nuevo lecho sobre los sedimentos retenidos por la obra, con secciones hidráulicas de mayor anchura, lo que causa la disminución del radio hidráulico y de la profundidad del flujo.

La nueva pendiente aguas arriba de la presa colmatada, siempre es menor que la del cauce natural en el mismo tramo. La pendiente se modifica tendiendo hacia el equilibrio entre los volúmenes sólidos extraídos del aluvión del fondo por la fuerza tractiva del flujo y los depositados en el mismo, por lo que se denomina comúnmente pendiente de compensación.

En la literatura técnica especializada en este tema existen numerosas fórmulas para la estimación de la pendiente de compensación. Algunas de estas fórmulas han sido deducidas teóricamente, a partir de las ecuaciones básicas del transporte de fondo e hidráulica de los canales. El inconveniente que presentan estas fórmulas para su aplicación práctica, es que requieren de una gran cantidad de datos que la mayoría de las veces no suelen estar disponibles.

Algunas de estas fórmulas requieren también del conocimiento previo de la proporción de sedimentos en el flujo, cuya determinación presenta un problema práctico. Adicionalmente, se presenta el problema de la selección del diámetro de la partícula a usar en los cálculos, conocida la gran variabilidad granulométrica existente en los materiales de los cauces.

En nuestra opinión resulta preferible utilizar en este caso fórmulas y métodos empíricos, basados en la medición de las pendientes antes y después de construidas las presas de contención de sedimentos, usando un número pequeño de variables de correlación, lo que permite obtener resultados confiables, garantizados por la verificación en numerosas experiencias reales de campo.

Para el cálculo de la pendiente de compensación se han evaluado 4 métodos, que se resumen a continuación:

FÓRMULA DE ROMITI

La pendiente de compensación S_c , viene expresada por:

$$S_c = \frac{1}{3 + \frac{1 - 1,5S}{S + S^3} \left(\frac{d_{\max}}{d_c} \right)^2 \left(\frac{b}{b_c} \right)^2}$$

Siendo:

S = pendiente original del cauce en el tramo de la presa

d_{\max} = tamaño máximo de las partículas del cauce (m)

d_c = tamaño más común (d_{50}) de las partículas del cauce (m)

b = ancho original del cauce en crecidas (m)

b_c = ancho del cauce en crecidas después de la colmatación de la presa. Se toma igual a la longitud de la cresta de la presa (m).

La dificultad que presenta la utilización de esta fórmula es la determinación de d_{\max} y d_c cuyos valores afectan de una manera importante el resultado, y están sujetos al criterio personal de evaluación del calculista.

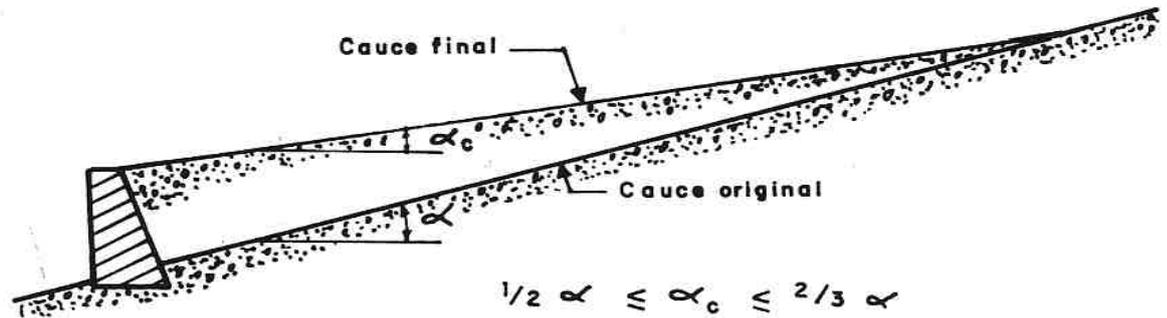
EXPERIENCIA JAPONESA

La experiencia japonesa en las labores de corrección de cauces torrenciales, permite estimar la pendiente de compensación de la manera siguiente

$$\frac{1}{2} \alpha \leq \alpha_c \leq \frac{2}{3} \alpha$$

Siendo:

A = ángulo correspondiente a la pendiente original del cauce (grados)
Ac= ángulo correspondiente a la pendiente de compensación (grados)



En la práctica se puede determinar el valor de la pendiente de compensación utilizando:

$$0,50 S \leq S_c \leq 0,67 S$$

EXPERIENCIA ITALIANA

Según la experiencia italiana, basada en la medición de la pendiente de compensación en una serie de torrentes, se tiene que:

$$S_c = 0,66 S$$

Siendo:

S = pendiente original del cauce

S_c = pendiente de compensación

EXPERIENCIA NORTEAMERICANA

En los Estados Unidos, en base a las observaciones de campo, se recomienda utilizar

$$S_c = 0,70 S$$

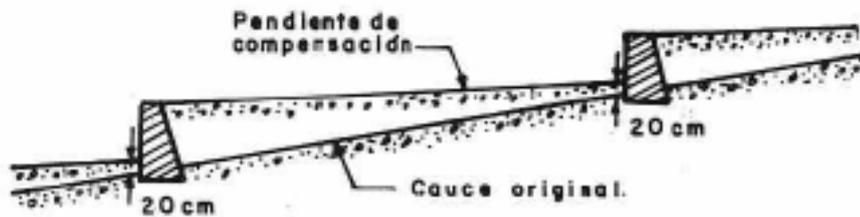
MÉTODO DE CÁLCULO ADOPTADO

De acuerdo a lo indicado en las secciones anteriores, se recomienda estimar el valor de la pendiente de compensación, de una manera práctica, utilizando la ecuación:

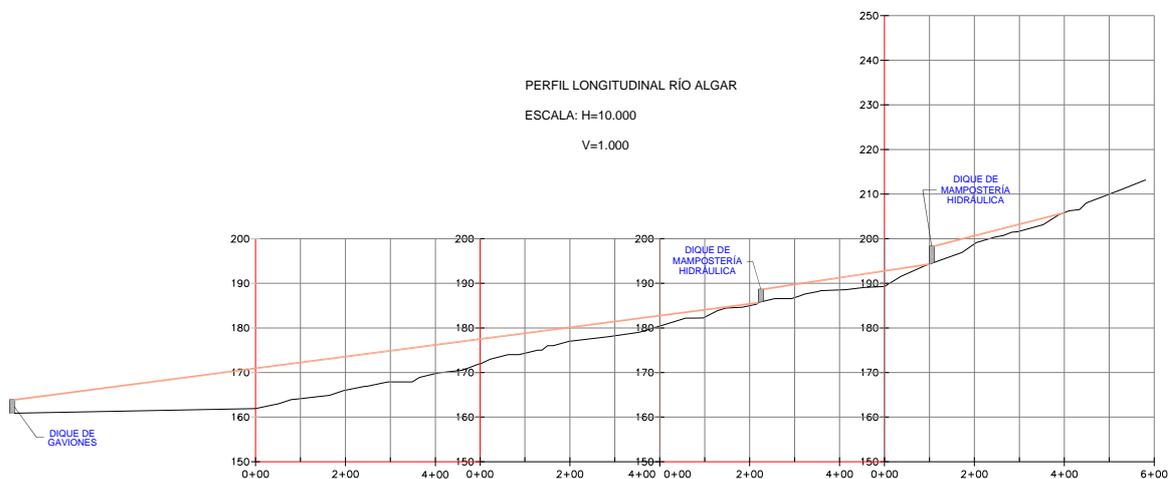
$$S_c = 0,65 S$$

B) UBICACIÓN RELATIVA DE LAS PRESAS

La pendiente de compensación juega un papel muy importante en la ubicación relativa de las presas a lo largo de un curso de agua. Para evitar en lo posible la construcción de obras de disipación de energía al pie de cada presa, resulta muy conveniente desde el punto de vista económico que la cuña de aterramiento de cada una de las obras alcance la base de la presa siguiente, ubicada aguas arriba y cubra el cauce original con un espesor de sedimentos de unos 20 cm al pie de la misma.



En la ubicación de las presas deben seleccionarse prioritariamente aquellos emplazamientos que presenten las mejores condiciones: cimientos rocosos en el cauce y laderas, estrechez del sitio, etc. Estos sitios deben aprovecharse al máximo, construyendo en ellos las presas más altas del escalonamiento. A partir de estos emplazamientos se procede a la estimación de las pendientes de compensación, a fin de buscar, si es necesario, presas intermedias más pequeñas en los sitios en los que la sedimentación intersecta al cauce. Siguiendo este procedimiento se completará el escalonamiento del curso de agua sin que ninguna de las presas quede excesivamente cubierta en su base por la sedimentación de la de aguas abajo, ni desprotegida respecto a la socavación. Con respecto a la localización de las presas en el Algar, estudiando su perfil longitudinal, que se adjunta a continuación, se pueden hacer las siguientes apreciaciones:



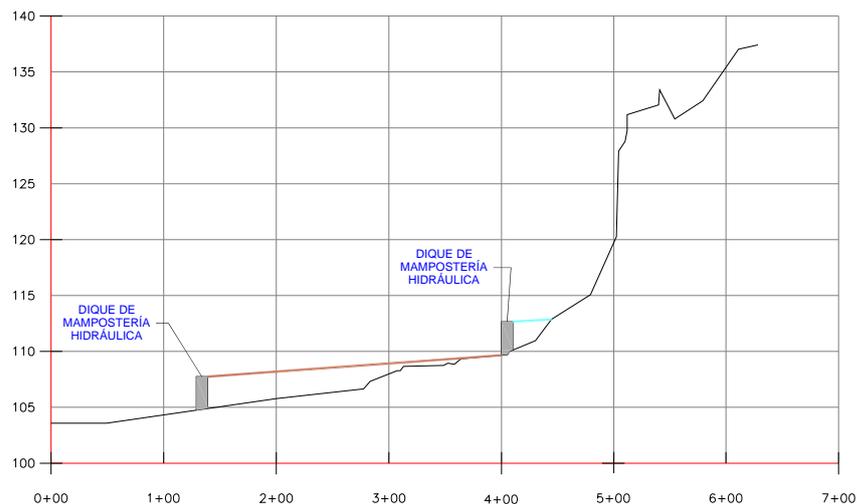
Se diferencian dos tipos de pendientes claramente; la primera la encontramos desde la actual presa de gaviones hacia aguas arriba. Esta pendiente es de aproximadamente el 2%. Si aplicamos la relación anterior, la pendiente de compensación será del 1,4 %. En la figura anterior vemos que la misión de regularizar la pendiente, en el caso del dique de gaviones actual, se ha cumplido sobradamente, al ser la pendiente del cauce en ese tramo casi horizontal. Con la nueva rehabilitación del dique de gaviones de 3 metros de altura, con la pendiente de regularización antes hallada vemos que ésta corta al terreno en otros dos puntos más. Es en estos puntos donde se propone la ubicación de los 2 diques de mampostería hidráulica, uno de 3 metros de altura y otro de 4 metros de altura

. A partir de 2 kilómetros aproximadamente, aguas arriba de la ubicación del dique de gaviones, vemos que la pendiente es del 4,1% por lo que con el mismo razonamiento su pendiente de compensación es del 2,7%. Este último dique de retención de sólidos tendrá 4 m de altura, para aprovechar así más su capacidad retentiva.

Por lo tanto, en el Algar las actuaciones a acometer son:

- Rehabilitación y restauración del actual dique de retención de gaviones de 3 metros de altura.
- .Construcción de 1 presa de retención de sólidos de 3 m de altura de mampostería hidráulica
- Construcción de 1 presa de retención de sólidos de 4 m de altura de mampostería hidráulica.

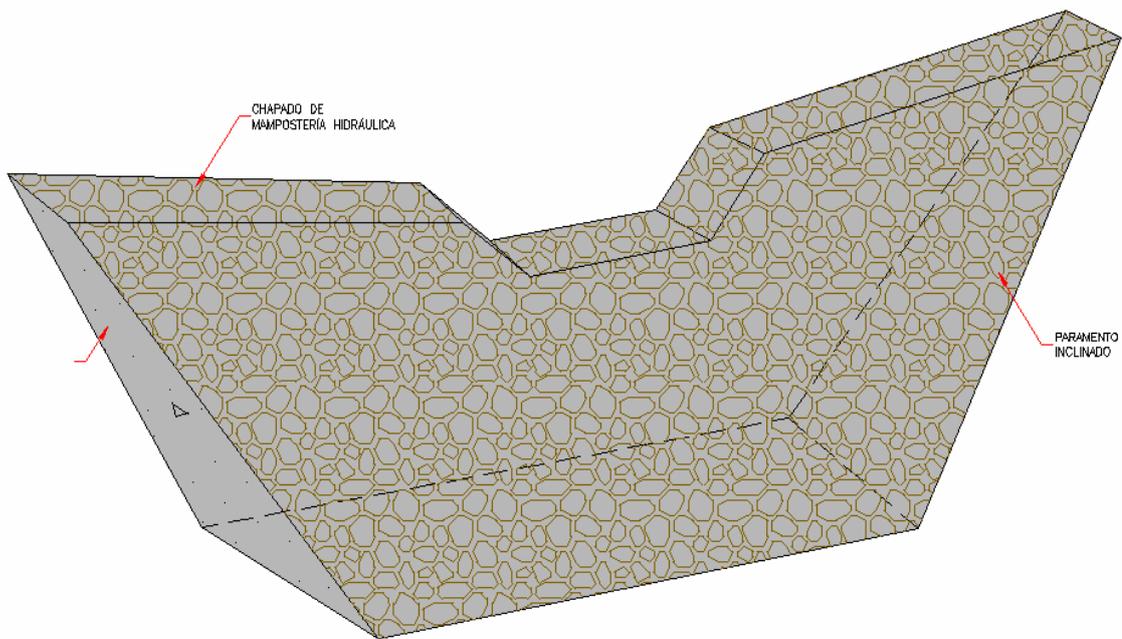
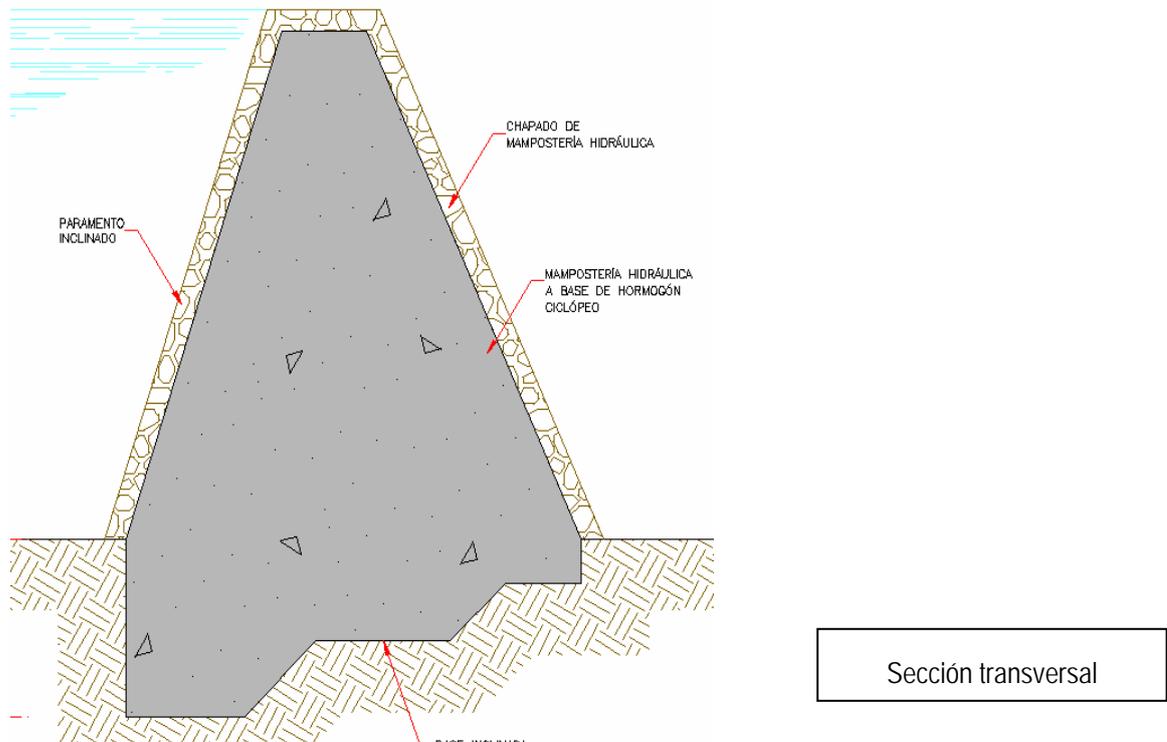
Para el caso del Bolulla tenemos el siguiente perfil longitudinal:



Aquí también aparecen pendientes significativas, la primera es del 1,5 %, que aplicando la ecuación de la pendiente de compensación para este tramo y con una altura de dique de 3 m, da un resultado del 1 % , que corta al terreno en el punto en donde se ubica el segundo dique de 3 metros de altura. .

Por lo tanto en el Bolulla, las acciones a acometer son:

.-Construcción de 2 diques de retención de sólidos de 3 m de altura a base de mampostería hidráulica.



Perspectiva del dique de mampostería

8.1.5. SOLUCIÓN 2: ACTUACIONES DE TIPO ESTRUCTURAL

Del estudio de inundabilidad se deducía que la única posibilidad para reducir los caudales circulantes aguas abajo de la confluencia de los ríos por debajo de la capacidad máxima del cauce (50-60 m³/s) consistía en la ejecución de dos presas de laminación de avenidas (presas agujero) en cada uno de los cauces de los ríos Algar y Bolulla.

Se ha realizado, por un lado, un estudio del coste económico de la construcción de estas presas según la Guía Técnica para la caracterización de las medidas, elaborada por el CEDEX y por otro, un estudio de los daños producidos por las inundaciones para los distintos periodos de retorno, concluyendo que el coste de la ejecución de las presas no compensa los daños producidos.

A continuación se muestran los resultados de dichos estudios

8.1.5.1. ESTUDIO DEL COSTE ECONÓMICO DE LA REALIZACIÓN DE LAS DOS PRESAS AGUJERO.

Descripción de la solución adoptada

Se estima, que al ser el caudal de estos ríos muy elevados y no tratarse de meros barrancos como se trata en la mayoría de los casos de la Marina Baja, la única actuación que atajaría de raíz el problema de las inundaciones en Callosa de Sarriá, sería la ubicación de sendas presas en cada uno de los ríos señalados, sabiendo además que en la confluencia de los dos ríos en el tramo urbano la capacidad hidráulica del cauce no supera los 70 m³/s.

La ubicación de las mismas estaría, aproximadamente a dos kilómetros aguas arriba de la confluencia de los dos cauces, en el caso de la presa del Algar y a 700 m en el caso de la presa en el Bolulla, aprovechando los estrechamientos que cada río forma en su cauce para limitar los volúmenes de presas respectivos.

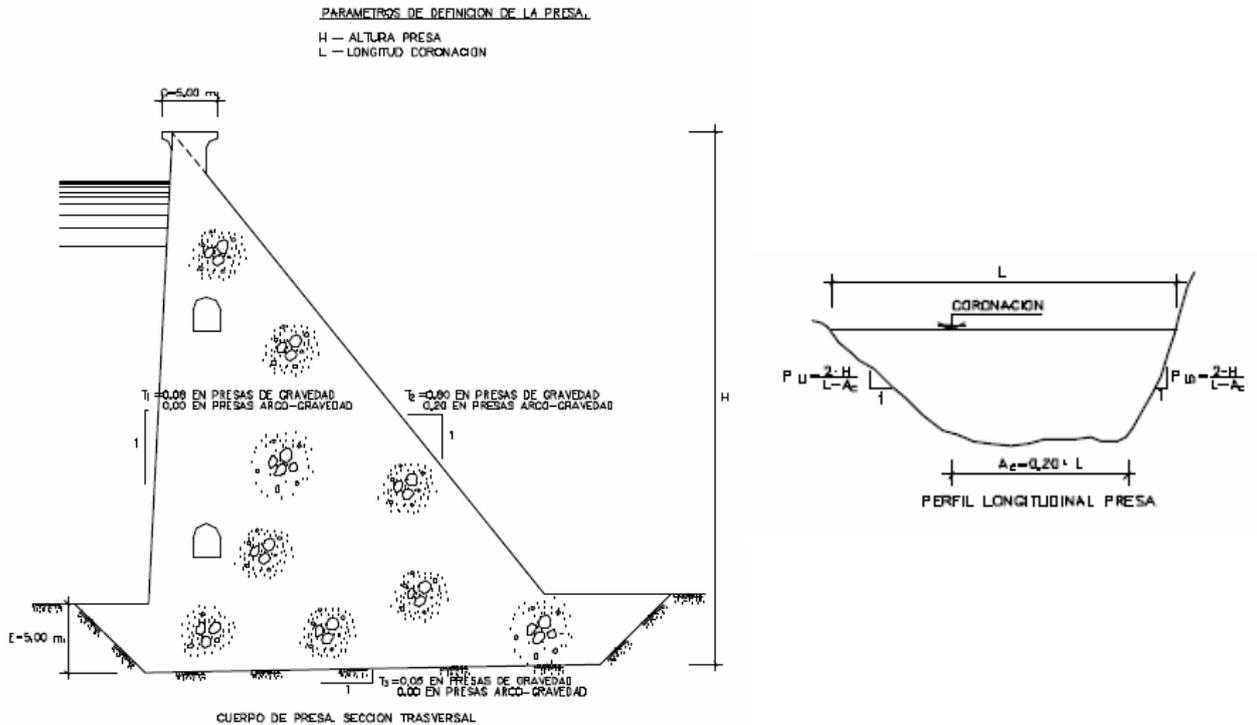
En el caso del Algar la presa que nos garantizaría el no tener inundaciones para el periodo de retorno de 500 años sería una presa de gravedad de altura 40 m sobre cimientos, longitud de coronación 250 m y excavación mínima de cimientos de 5 m. Para el Bolulla, tendríamos 30 m de altura sobre cimientos, longitud de coronación de 230 m y profundidad mínima de cimientos de 5 m.

La valoración de las obras, en este caso, presas agujero de planta recta, se ha realizado de acuerdo a la Guía Técnica, anteriormente citada. Esta guía se refiere a las medidas reseñadas en la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH), aprobada por Orden ARM/2656/2008 de 10 de septiembre, como de posible aplicación para la consecución de los objetivos establecidos en los planes hidrológicos de cuenca.

Para cada medida se pretende aportar, siempre que su naturaleza lo permita, la información necesaria para que el redactor del plan conozca en qué consiste y pueda estimar sus costes y sus efectos. Para ello, se

incluye una descripción somera indicando, en su caso, la relación de complementariedad o incompatibilidad que guarda con otras medidas, se señalan las presiones e indicadores sobre los que repercute de entre los establecidos en la Instrucción de Planificación Hidrológica, se propone un procedimiento para estimar el coste y la eficacia, y se indica la vida útil que se considera razonable.

Los parámetros adoptados son los siguientes:



Parámetro	Valor
Talud de la presa aguas arriba (V:H)	1: 0.08
Talud de la presa aguas abajo (V:H)	1: 0.80
Talud cimiento presa (V:H)	1: 0.05
Anchura de coronación (m)	5.00
Excavación de cimientos de presa (m)	5.00

Los porcentajes sobre el presupuesto de la presa que se adoptan para la valoración de las partes de la obra "difícilmente tipificables" son los siguientes:

- Otras unidades en el cuerpo de presa además de hormigón, encofrado y excavación en cimientos (despeje y desbroce, camino de coronación, etc.) 12%
- Galerías 2%
- Desagüe de fondo y tomas 5%
- Desvío del río 1%
- Accesos a la presa, variantes de carreteras y servicios afectados 10%
- Instalación eléctrica 1%
- Auscultación 1%
- Inyecciones 3%
- Medidas correctoras del impacto ambiental 2%
- Seguridad y salud 2%
- Otras partidas 1%

La ecuación resultante es:

$$I = lx(26.6xh^2 + 214xh + 754) \times 10^{-6}$$

Siendo:

I: Coste de inversión (millones de euros)

h: Altura de la presa (m)

l: Longitud de coronación (m)

COSTES DE EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para las obras de regulación estos costes se estiman en una cuantía fija anual del 1,2 % del coste de inversión.

VIDA ÚTIL

La vida útil es la estimada habitualmente para las obras civiles, que asciende a 50 años.

VALORACIÓN PRESA DEL ALGAR

Costes de Inversión	
Cuerpo de presa (millones de €)	7.47 M€
Otras unidades	0.90 M€
Coste Total cuerpo de presa	8.36 M€
Otros costes de la presa	
Galerías	0.17 M€
Desagües de fondo y tomas	0.42 M€
Desvío del río	0.08 M€
Accesos a la presa	0.84 M€
Instalación eléctrica	0.08 M€
Auscultación	0.08 M€
Inyecciones	0.25 M€
Medidas correctoras I.A.	0.17 M€
Seguridad y Salud	0.17 M€
Otras partidas	0.08 M€
Vida Útil (años)	50.00
Total Coste de Inversión	10.71 M€
Costes de Explotación y mant. A los 50 años	6.42 M€

VALORACIÓN PRESA DEL BOLULLA

Costes de Inversión	
Cuerpo de presa (millones de €)	12.97 M€
Otras unidades	1.56 M€
Coste Total cuerpo de presa	14.52 M€
Otros costes de la presa	
Galerías	0.29 M€

Desagües de fondo y tomas	0.73 M€
Desvío del río	0.15 M€
Accesos a la presa	1.45 M€
Instalación eléctrica	0.15 M€
Auscultación	0.15 M€
Inyecciones	0.44 M€
Medidas correctoras I.A.	0.29 M€
Seguridad y Salud	0.29 M€
Otras partidas	0.15 M€
Vida Útil (años)	50.00
Total Coste de Inversión	18.59 M€
Costes de Explotación y mant. A los 50 años	11.15 M€

Su poniendo una vida útil de 50 años, estos costes suponen una anualidad de amortización de 1.779.889 Euros.

8.1.5.2. VALORACIÓN DE LOS DAÑOS

Variables. Criterios y conceptos

Variables

En la estimación de daños se han considerado las siguientes variables como representativas del mismo:

- Altura de agua
- Velocidad del agua
- Permanencia de la inundación
- Aportación sólida

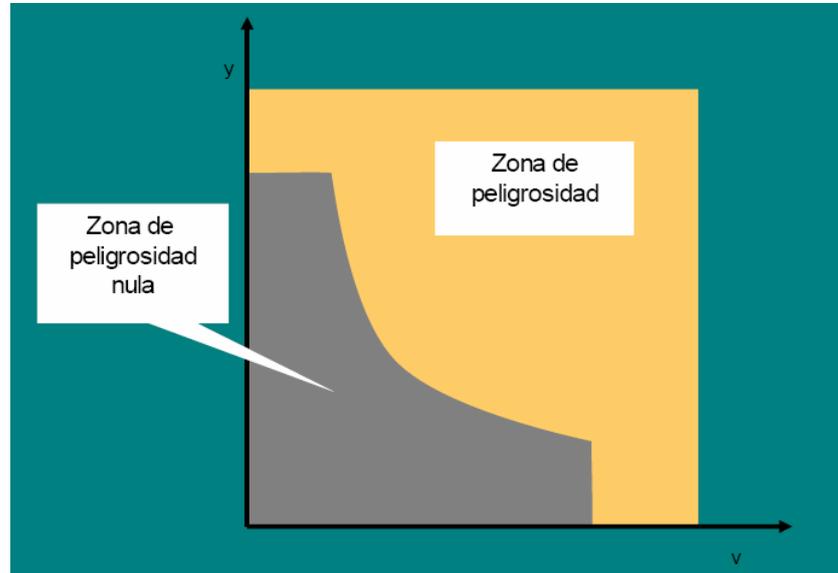
Criterios

Los criterios adoptados han sido los siguientes:

- Peligro para vidas humanas
 - $\text{Altura} > 1 \text{ metro} \text{ ó } \text{Altura (m)} * \text{Velocidad (m/s)} > 0.7$
- Peligro para edificios y estructuras

- $\text{Altura} > 3.6 \text{ metros}$ ó $\text{Altura (m)} * \text{Velocidad (m/s)} > 6$

Las condiciones de peligrosidad se pueden reflejar de manera gráfica, tal y como se expone a continuación:



Conceptos de análisis de riesgos

- Peligrosidad:
 - Probabilidad de ocurrencia de las condiciones de que pueda producirse una afección (daño a vidas o bienes), dentro de un período de tiempo determinado y en un área dada.
- Criterios de peligrosidad (calado, velocidad y tiempo de permanencia de las condiciones de peligrosidad)
- Vulnerabilidad
 - Valoración de posibles daños y afecciones en un área.
- Instantánea, integrada en tiempo, integrada en espacio, integrada en espacio y tiempo
- Exposición (vulnerabilidad de personas)
- $\text{Riesgo} = \text{Peligrosidad} \times \text{Vulnerabilidad}$
- Producto de la valoración del daño o afección por la probabilidad de que se produzca (extrapolación del concepto económico)

VALORACIÓN DE DAÑOS PARA LOS DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO

Se recogen a continuación en forma de tablas la valoración de los daños

PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

DESIGNACIÓN	NÚMERO	SITUACIÓN	Calados	Valoración	
Edificaciones	2	Antes de la confluencia Río Algar	> 120 cm.	26,000.00 €	52,000.00 €
Edificaciones	2	Después de la confluencia y antes del cruce de la carretera CV7531	>120 cm.	26,000.00 €	52,000.00 €
Carretera CV7531	1	Longitud =150 m	>40 cm.	27,000.00 €	27,000.00 €
Casas aisladas	2	Desbordamiento Margen derecha	>40 cm.	16,000.00 €	32,000.00 €
Casas aisladas	2	Después de la confluencia y después del cruce de la carretera CV7531	>120 cm.	26,000.00 €	52,000.00 €
Servicios afectados	1			34,850.00 €	34,850.00 €
TOTAL					249,850.00 €

PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS

DESIGNACIÓN	NÚMERO	SITUACIÓN	Calados	Valoración	
Edificaciones	2	Antes de la confluencia Río Algar	>120 cm.	26,000.00 €	52,000.00 €
Edificaciones	3	Antes de la confluencia Río Algar	>40 cm.	16,000.00 €	48,000.00 €
Edificaciones	4	Después de la confluencia y antes del cruce de la carretera CV7531	>120 cm.	26,000.00 €	104,000.00 €
Edificaciones	3	Después de la confluencia y antes del cruce de la carretera CV7531	>40 cm.	16,000.00 €	48,000.00 €
Carretera CV7531	1	Longitud =175 m	>120 cm.	41,300.00 €	41,300.00 €
Casas aisladas	5	Desbordamiento Margen derecha	>40 cm.	16,000.00 €	80,000.00 €
Casas aisladas	1	Desbordamiento Margen derecha	>120 cm.	26,000.00 €	26,000.00 €
Casas aisladas	4	Después de la confluencia y después del cruce de la carretera CV7531	>1.20	26,000.00 €	104,000.00 €
Servicios afectados	1			34,850.00 €	34,850.00 €
TOTAL					538150.00 €

PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

DESIGNACIÓN	NÚMERO	SITUACIÓN	Calados	Valoración	
Edificaciones	2	Antes de la confluencia Río Algar	>120 cm.	26,000.00 €	52,000.00 €
Edificaciones	3	Antes de la confluencia Río Algar	>40 cm.	16,000.00 €	48,000.00 €
Edificaciones	5	Después de la confluencia y antes del cruce de la carretera CV7531	>120 cm.	26,000.00 €	130,000.00 €
Edificaciones	4	Después de la confluencia y antes del cruce de la carretera CV7531	>40 cm.	16,000.00 €	64,000.00 €
Carretera CV7531		Longitud =335 m	>120 cm.	41,350.00 €	41,350.00 €
Casas aisladas	8	Desbordamiento Margen derecha	>40 cm.	16,000.00 €	128,000.00 €
Casas aisladas	2	Desbordamiento Margen derecha	>120 cm.	26,000.00 €	52,000.00 €
Casas aisladas	5	Después de la confluencia y después del cruce de la carretera CV7531	>1.20	26,000.00 €	130,000.00 €
Servicios afectados	1			34,850.00 €	34,850.00 €
TOTAL					680,200.00 €

PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

DESIGNACIÓN	NÚMERO	SITUACIÓN	Calados		
Edificaciones	2	Antes de la confluencia Río Algar	>120 cm.	26,000.00 €	52,000.00 €
Edificaciones	3	Antes de la confluencia Río Algar	>40 cm.	16,000.00 €	48,000.00 €
Edificaciones	10	Después de la confluencia y antes del cruce de la carretera CV7531	>120 cm.	26,000.00 €	260,000.00 €
Edificaciones	3	Después de la confluencia y antes del cruce de la carretera CV7531	>40 cm.	16,000.00 €	48,000.00 €
Carretera CV7531	1	Longitud =400 m	>120 cm.	94,500.00 €	94,500.00 €
Casas aisladas	8	Desbordamiento Margen derecha	>40 cm.	16,000.00 €	128,000.00 €
Casas aisladas	4	Desbordamiento Margen derecha	>120 cm.	26,000.00 €	104,000.00 €
Casas aisladas	5	Después de la confluencia y después del cruce de la carretera CV7531	>1.20	26,000.00 €	130,000.00 €
Servicios afectados	1			52,850.00 €	52,850.00 €
TOTAL					917,350.00 €

PERIODO DE RETORNO DE 500 AÑOS

DESIGNACIÓN	NÚMERO	SITUACIÓN	Calados		
Edificaciones	2	Antes de la confluencia Río Algar	>120 cm.	26,000.00 €	52,000.00 €
Edificaciones	3	Antes de la confluencia Río Algar	>40 cm.	16,000.00 €	48,000.00 €
Edificaciones	14	Después de la confluencia y antes del cruce de la carretera CV7531	>120 cm.	26,000.00 €	364,000.00 €
Carretera CV7531	1	Longitud =450 m	>120 cm.	106,000.00 €	106,000.00 €
Casas aisladas	4	Desbordamiento Margen derecha	>40 cm.	16,000.00 €	64,000.00 €
Casas aisladas	15	Desbordamiento Margen derecha	>120 cm.	26,000.00 €	390,000.00 €
Casas aisladas	7	Después de la confluencia y después del cruce de la carretera CV7531	>120 cm.	26,000.00 €	182,000.00 €
Casas aisladas	6	Después de la confluencia y después del cruce de la carretera CV7531	>40 cm.	16,000.00 €	96,000.00 €
Servicios afectados	1			52,850.00 €	52,850.00 €
TOTAL					1,354,850.00 €

CÁLCULO DEL RIESGO MEDIO EN EUROS ACTUALES POR AÑO

El riesgo medio se puede aproximar por la siguiente expresión:

$$D \approx \frac{V_{10}}{2} \cdot \left[\frac{1}{T_{\min}} - \frac{1}{10} \right] + \frac{V_{10} + V_{25}}{2} \cdot \left[\frac{1}{10} - \frac{1}{25} \right] + \frac{V_{25} + V_{50}}{2} \cdot \left[\frac{1}{25} - \frac{1}{50} \right] + \frac{V_{50} + V_{100}}{2} \cdot \left[\frac{1}{50} - \frac{1}{100} \right] + \frac{V_{100} + V_{500}}{2} \cdot \left[\frac{1}{100} - \frac{1}{500} \right] + V_{500} \left[\frac{1}{500} \right]$$

Donde V_i el valor del daño obtenido en la s tablas anteriores y T_{\min} el Periodo de Retorno mínimo para el que no se produce el desbordamiento del cauce analizado., que en este caso es de 10 años.

El riesgo medio, así calculado da un valor de 77.670 Euros.

8.1.5.3. CONCLUSIONES

A la vista de las tablas anteriores, se comprobaba que la anualidad de amortización de la ejecución de las obras de las dos presas (1.779.889 Euros) es desproporcionalmente superior al coste medio de los daños producidos, estimado en 77.670 Euros. En este caso en concreto, la anualidad de amortización es del orden de 25 veces los daños que se producen por las avenidas y por lo tanto se descarta la construcción de las presas.

Esta conclusión ha sido puesta en conocimiento de las Administraciones implicadas en este Plan de Defensa contra Avenidas, como son, la Confederación Hidrográfica del Júcar y la Corporación Municipal de Callosa de Sarria, adoptando este criterio de forma consensuada y decidiéndose, por tanto por la solución 1, anteriormente descrita..

8.2. ANÁLISIS ECONÓMICO

8.2.1. PLANTEAMIENTO

Para realizar el análisis económico de las distintas soluciones planteadas, el esquema a desarrollar ha sido el siguiente:

- ❖ **Análisis de costes de las alternativas empleadas, haciendo una valoración de las obras propuestas**

Para ello se ha utilizado una base de precios más reducida que las que se emplean en la redacción de proyectos constructivos, pero suficiente para obtener los presupuestos de las obras proyectadas en el presente Plan de Defensa contra las Avenidas a nivel de anteproyecto.

La valoración de las actuaciones se ha organizado de acuerdo al siguiente esquema:

Cuadro de precios utilizados

Mediciones y presupuestos parciales

Presupuesto General

- ❖ **Análisis de costes de las externalidades ambientales**

La metodología a seguir en este caso es la definición de las acciones de las alternativas planteadas en el estudio de soluciones, y la valoración de la afección a los servicios ambientales considerados en el VANE (Valoración de Activos Ambientales de España), en la zona de actuación.

Esta cartografía de Valoración de Activos Ambientales de España (en adelante VANE) se considera que es de aplicación al Plan Director, teniendo en cuenta algunas dificultades o factores de error, tales como la actualización del valor, con los cambios significativos que se hayan podido producir desde la finalización del proyecto tanto por precio del servicio ofrecido, como por cambios de uso del territorio.

Puesto que el ámbito de estudio es la comarca de la Marina Baja, se considera adecuada la malla de 100 x 100 metros sobre la que se representan los valores económicos en el VANE.

- ❖ **Análisis de riesgos**

Los ríos y barrancos estudiados dentro del presente Plan de Defensas presentan avenidas muy peligrosas, pudiendo ser provocadas por lluvias tanto de tipo ciclónico como de tipo convectivo. Las lluvias más torrenciales son de éste último tipo y se presentan principalmente durante el otoño, dando lugar a caudales

varios órdenes de magnitud superiores a los caudales medios del río. Estas avenidas poco frecuentes, pero de gran magnitud, provocan daños incalculables en las poblaciones ribereñas.

Desde el punto de vista de la vulnerabilidad del territorio, el objetivo es el análisis de los daños provocados por las inundaciones. Por este motivo es necesario llegar a cuantificar dichos daños, lo que implica la utilización de información de tipo económico.

Los daños provocados por una inundación se han agrupado en las siguientes categorías:

- Daños Tangibles: Medibles en términos económicos
 - Daños directos
 - Los daños físicos sobre los bienes
 - Sobre Propiedades Privadas (muebles e inmuebles)
 - Sobre Infraestructuras de Titularidad Pública
 - Los costes de las medidas de emergencia adoptadas
 - Coste de limpieza de calles, casas, etc.
 - Daños Indirectos: Son de difícil determinación debido a su gran variabilidad.
 - Pérdidas por paralización estructuras viarias, centros de producción y servicios
 - Desaparición de puestos de trabajo
 - Los sobrecostes financieros
 - La desvalorización de los terrenos inundados
- Daños Intangibles
 - La pérdida de vidas humanas
 - Los daños en monumentos, restos arqueológicos, etc.
 - Daños psicológicos en la población

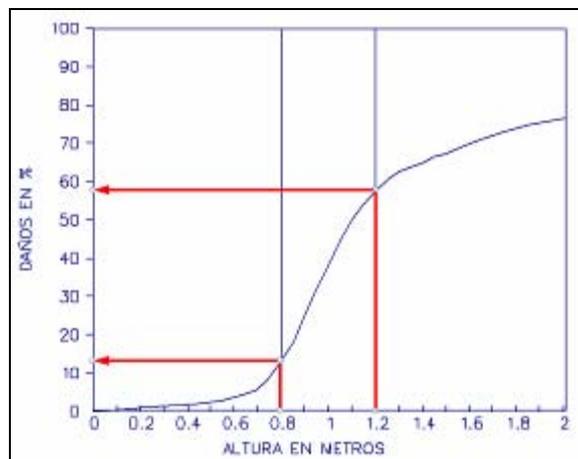
Para la obtención de las curvas de vulnerabilidad es necesario contar con datos reales que relacionen calados producidos con indemnizaciones, que son los datos más fiables para la calibración de las citadas curvas. Para ello es imprescindible contar con la información existente en las bases de datos del Consorcio de Compensación de Seguros, ya que es este organismo el encargado de tramitar las indemnizaciones relacionadas con las inundaciones de gran magnitud que se registran en el territorio español. Esta información permite además, la realización de un estudio de los daños directos globales sobre el territorio. A partir de la base de datos suministrada por el Consorcio, se ha procedido a depurar la información con el fin de poder utilizarla con seguridad y eficiencia.

Conceptos de vulnerabilidad y riesgo

Por su importancia, se resumen a continuación los conceptos de vulnerabilidad y riesgo utilizados en el análisis de riesgo y su significación económica.

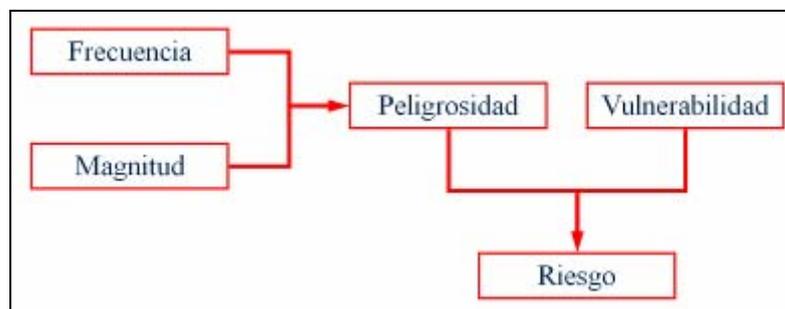
Se ha definido como *vulnerabilidad*, a los daños que potencialmente se pueden producir en un punto del territorio y en una determinada época del año. En este sentido, la vulnerabilidad depende del uso del suelo (bien actual o bien planificado) y varía con la magnitud de la inundación.

La variable de magnitud más importante en la determinación de la vulnerabilidad frente a una inundación es el nivel (o calado) máximo alcanzado por las aguas, de tal forma que para cualquier uso del suelo se puede determinar una curva de porcentaje de daño sobre el valor total en función de ese calado del tipo representado en la siguiente figura. A pesar de la importancia del calado, no hay que olvidar que existen otros factores que influyen en los daños producidos, aunque en menor medida, como son la velocidad del agua, la duración de la inundación, la cantidad de sedimentos arrastrados, etc. Estos factores, además de tener menor importancia son más difícilmente evaluables.



Evolución de los daños en función de la altura de agua alcanzada para un uso del suelo genérico

Una inundación es un fenómeno natural no permanente, durante el cual una parte del territorio es ocupada temporalmente por las aguas. El *riesgo* que provocan las inundaciones en una zona concreta del territorio se obtiene por la combinación en el espacio de la peligrosidad y la vulnerabilidad, tal y como se esquematiza en la figura. El riesgo es, por tanto, el daño medio que potencialmente pueden producir las inundaciones, y será mayor en la medida en que la vulnerabilidad y la peligrosidad también lo sean.



El Riesgo de Inundación

La peligrosidad vendrá dada a su vez, por la combinación de la frecuencia y magnitud de la inundación.

La definición más habitual de frecuencia de una determinada inundación es la probabilidad de que en un año cualquiera el caudal que la produce se vea superado al menos una vez. Sin embargo, la mayor parte de las veces se habla de período de retorno en años, que es el inverso de esta probabilidad de excedencia. Los límites de frecuencias que se manejan en este trabajo para la evaluación del impacto son las de 25, 100 y 500 años.

Por otra parte, la magnitud de la inundación depende de la cantidad de precipitación, de las características de la cuenca vertiente al punto considerado (fundamentalmente su tamaño y la capacidad de infiltración del terreno), y por último de las condiciones de drenaje de ese punto concreto. De tal forma que si la capacidad de drenaje es insuficiente para la magnitud de los caudales recogidos por la cuenca vertiente, se produce una inundación.

Tal y como se ha establecido, la vulnerabilidad del territorio depende de dos factores, la tipología de uso del suelo y la magnitud de la inundación. Se resumen a continuación los tipos de usos del suelo utilizado en la valoración de los riesgos.

Tipos de usos del suelo

- Urbanizado
 - Residencial
 - RBD: Residencial de Baja Densidad
 - RMD: Residencial de Media Densidad
 - RAD: Residencial de Alta Densidad
 - AIS: Viviendas Aisladas en suelo agrícola
 - IND: Industrial
 - INF: Infraestructuras
- Agrícola
 - Arbolado
 - ARS: Cultivos Arbolados en Secano
 - ARR: Cultivos Arbolados en Regadío
 - No arbolado
 - CUS: Cultivos no arbolados en Secano
 - CUR: Cultivos no arbolados en Regadío
- SIN: Sin Aprovechamiento

A partir de lo anterior, se ha establecido una división del territorio en 11 tipologías:

Nº Tipología	Código Tipología	Definición
1	RBD	Residencial de Baja Densidad
2	RMD	Residencial de Media Densidad
3	RAD	Residencial de Alta Densidad
4	AIS	Viviendas Aisladas en suelo agrícola
5	IND	Industrial
6	INF	Infraestructuras
7	ARS	Cultivos Arbolados en Secano
8	ARR	Cultivos Arbolados en Regadío
9	CUS	Cultivos no arbolados en Secano
10	CUR	Cultivos no arbolados en Regadío
11	SIN	Sin Aprovechamiento

Zonificación del Territorio

Para poder obtener la curva de vulnerabilidad de cada una de las tipologías en las que se ha dividido el territorio en función del uso del suelo, es necesario disponer de una serie de curvas elementales. Estas curvas elementales representan los daños en porcentaje respecto de un valor máximo de daño posible para cada uno de los elementos que pueden sufrir daños. Es decir, si se inunda una zona residencial, dentro de la misma nos vamos a encontrar con viviendas, garajes en planta de sótano, comercios, vehículos, etc. Lógicamente, los daños que se produzcan en una vivienda no podrán ser evaluados de la misma forma que los producidos sobre un local comercial o una vivienda.

El siguiente paso ha consistido en la valoración de los daños máximos que pueden producirse sobre cada uno de los bienes afectados por una inundación. En función de esos daños máximos, se puede obtener los daños para el resto de calados por aplicación de las curvas de vulnerabilidad elementales dadas anteriormente.

Módulos

El módulo adoptado ha sido distinto para cada uno de los bienes que pueden sufrir daños durante una inundación, y que son los que se han individualizado para la obtención de las curvas de vulnerabilidad elementales. Este módulo es el valor medio (a lo largo de todo el territorio analizado) de los daños máximos (para calados superiores a 3 m) que provoca una inundación sobre un metro cuadrado del bien analizado.

Los módulos adoptados en el presente estudio han sido los siguientes:

Tipología	Módulo
Residencial en Planta Baja	200.00 €
Garaje en sótano	50.00 €
Jardín Privado	2.00 €
Viales Limpieza	0.70 €
Viales Daños	15.00 €
Vehículos en Garaje	2.50 €
Vehículos en Viales	2.50 €

Comercial	250 €
Industrial	250 €
Arbolado Regadío	0.50 €
Arbolado Secano	3.00 €
Cultivos Regadío	0.25 €
Cultivos Secano	1.50 €

Módulos adoptados para los daños máximos en diversos tipos de bienes

Curvas de vulnerabilidad por usos

El siguiente paso ha consistido en la obtención de las curvas de vulnerabilidad, a partir de las curvas de vulnerabilidad elementales y de los módulos del apartado anterior. Estas curvas de vulnerabilidad reflejan ar para cada tipología en que se ha dividido el territorio, el daño en Euros para cada altura alcanzada por la lámina de agua. Para realizar la calibración de las curvas obtenidas ha sido necesario conocer los daños que realmente se han producido en un evento determinado y compararlos con los resultados obtenidos por aplicación de las curvas de vulnerabilidad sobre la zonificación territorial.

El evento más significativo del que se dispone en la zona es el desbordamiento del Riu Girona en octubre de 2.007, ya que por proximidad en el tiempo e información disponible de todo tipo va a ser el más representativo. Para la calibración se ha empleado los datos facilitados por el Consorcio de Compensación de Seguros en las poblaciones afectadas y por el Ayuntamiento de El Verger.

Las curvas obtenidas se recogen en el Informe de Vulnerabilidad de la comarca de la Marina Baja.

Daños Indirectos

Los daños indirectos son complicados de obtener, debido a sus peculiares características y la gran variabilidad que pueden presentar.

- Pérdidas por la paralización de estructuras viarias
- Paralización de centros de producción y servicios, tanto privados como públicos
- Desaparición de puestos de trabajo
- Sobrecostes financieros
- Depreciación de los terrenos inundados

Para este estudio, se han considerado los valores obtenidos para el coeficiente de daños indirectos, en el estudio realizado al efecto dentro del Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención de Riesgos de Inundación en la Comunitat Valenciana (PATRICOVA).

Los daños indirectos, aparecen ligados a la entidad demográfica, densidad de poblamiento, y características y número de núcleos de población dentro de un término municipal, como exponentes de una mayor probabilidad de riesgo ligada al patrón de ocupación de suelo. De este modo se han considerado como variables de referencia las siguientes:

- Población total del término municipal
- Porcentaje de superficie afectada por la inundación.
- Densidad de población.
- Número de entidades de población.
- Valor y composición del parque de viviendas (aproximándolo mediante el número total de viviendas del municipio).
- Entidad de los sectores productivos localizados (a través del empleo total en el municipio).
- Porcentaje de población activa ligada a la agricultura.

Cabría extender los factores de análisis a otros tipos de variables complementarias relativas a la estructura de población, composición de edades, características socioeconómicas, etc., que sin duda resultan significativos aun cuando con un menor nivel de relevancia.

Aunque sujeto a un gran número de matizaciones dada la heterogeneidad de los conceptos que aquí se engloban, en la mayoría de las experiencias de análisis de daño consultadas, la afección en la mayor parte de los casos no llega a suponer más del 55% de la estimación de daños directos. Por ello el rango de variación considerado es entre 1,00 y 1,55. El valor máximo se corresponde con el municipio de Valencia.

El valor del coeficiente de daños indirectos, se ha obtenido como la media geométrica de las variables tipificadas (con media nula y desviación típica unidad) consideradas, con la limitación de rango ya expuesta. Dadas las pequeñas diferencias entre los coeficientes de los distintos municipios estudiados, se ha optado por aplicar a todos los municipios el mismo coeficiente de 1.25, es decir, los costes indirectos se evalúan para todos los tramos, como un 25% de los costes directos.

Evaluación del riesgo en situación Actual

Para proceder a la evaluación del riesgo en situación actual por aplicación de las curvas de vulnerabilidad se ha procedido en primer lugar a evaluar los daños para los diversos periodos de retorno considerados. Para ello se ha combinado en un único mapa ráster los calados procedentes de la modelación hidráulica con la zonificación realizada para los usos del suelo, las zonas modeladas y los términos municipales. Mediante una hoja de cálculo se ha procedido a calcular los daños en cada una de las celdas del mapa ráster por aplicación de la ecuación matemática de la curva de vulnerabilidad correspondiente al uso del suelo de la celda y en base al calado obtenido en el modelo hidráulico. Posteriormente se han agrupado los daños por municipio y por zonas.

A continuación se ha procedido a la evaluación del Riesgo. Si definimos el riesgo como el daño medio en cada punto del territorio, la densidad espacial de riesgo vendrá dada por la fórmula

$$D = \int_{F=0}^{F=1} V(h) dF_H = \int_{h=0}^{h=\infty} V(h) f_H(h) dh$$

Esta ecuación que puede ser aproximada por la siguiente expresión:

$$D \approx \frac{V_{10}}{2} \cdot \left[\frac{1}{T_{\min}} - \frac{1}{10} \right] + \frac{V_{10} + V_{25}}{2} \cdot \left[\frac{1}{10} - \frac{1}{25} \right] + \frac{V_{25} + V_{50}}{2} \cdot \left[\frac{1}{25} - \frac{1}{50} \right] + \frac{V_{50} + V_{100}}{2} \cdot \left[\frac{1}{50} - \frac{1}{100} \right] + \frac{V_{100} + V_{500}}{2} \cdot \left[\frac{1}{100} - \frac{1}{500} \right] + V_{500} \left[\frac{1}{500} \right]$$

Donde V_i el valor del daño obtenido por aplicación de las curvas de vulnerabilidad y reflejado en las tablas anteriores y T_{\min} el Periodo de Retorno mínimo para el que no se produce el desbordamiento del cauce analizado.

El valor de T_{\min} ha sido obtenido mediante la modelación hidráulica, observando el caudal para el que se inicia el desbordamiento y obteniendo el periodo de retorno asociado a dicho caudal.

Sin embargo, el valor de este periodo de retorno mínimo debe ser acotado de forma que el riesgo no sea condicionado de forma excesiva por el importe de los daños para 10 años de periodo de retorno. En este sentido, se ha adoptado un valor mínimo de 5 años y un valor máximo de 10 años para efectuar el cálculo del riesgo.

	ZONA	Qmin (m3/s)	Tmin (años)	Tmin (años) Adoptado
1	Callosa de Sarria	25	25	5

Caudal para el que se inicia el desbordamiento y Periodo de Retorno asociado

De esta manera se puede realizar una evaluación del riesgo por Daños tangibles, incluyendo directos e indirectos, en euros actuales al año por tramo de río y/o barranco. Este resultado de poder estimar el riesgo en euros/año es de capital importancia, ya que permite posteriormente realizar el análisis Coste – Beneficio, mediante la comparación de este valor y la anualidad de amortización que se obtiene, la considerar un periodo determinado de años (25 o 50 años), al considerar los costes de ejecución material de las obras que conforman cada una de las soluciones estudiadas. El planteamiento del análisis Coste- Beneficio se realiza a continuación, en el apartado siguiente

El análisis de riesgo se ha realizado para los escenarios correspondientes a la situación actual y a los correspondientes de cada una de las soluciones previstas y los resultados se recogen en los apartados correspondientes.

❖ Análisis Coste- Beneficio

En este caso el beneficio se entiende como la disminución del riesgo que se produce después de ejecución de las obras previstas en las soluciones. Este beneficio, como ya se ha citado en el apartado anterior, se mide en euros/año. Para poder comparar los costes con los beneficios, se ha considerado la valoración de las actuaciones de cada solución (Presupuesto de Ejecución Material) y se ha calculado la anualidad de amortización correspondiente a ese presupuesto, estimando un periodo de tiempo de 25 años..

Los costes totales se han obtenido de la suma del presupuesto de ejecución material más los costes ambientales y los costes de las medidas correctoras.

Este planteamiento se ha realizado para tener en cuenta las recomendaciones del DOCUMENTO DE REFERENCIA DEL "PLAN DIRECTOR DE DEFENSA CONTRA LAS AVENIDAS EN LA COMARCA DE LA MARINA BAJA (ALICANTE)", en las que se decía que en el análisis coste – beneficio, deben incluirse los costes ambientales (externalidades generadas derivados de la pérdida de biodiversidad, la afección a la cantidad y calidad de las aguas o el incumplimiento de acuerdos internacionales y normativas europeas). La metodología empleada ha sido correspondiente al proyecto VANE (Valoración de Activos Naturales de España) desarrollado por el MARM.

Los criterios para la elección de la solución óptima desde este punto de vista se describen a continuación. (Hay que tener en cuenta que este criterio es solamente uno de los cinco que se utilizan en el análisis multicriterio, que se recoge en el apartado 7.4 del presente documento)

- o Siempre que en la solución estudiada, el beneficio expresado en euros/año sea mayor que la anualidad de amortización obtenida de la valoración de la solución, se puede decir que esta solución es la óptima desde el punto de vista del análisis Coste – Beneficio.
- o Si no se da la circunstancia anterior (el beneficio es menor que el coste) se elegirá aquella solución cuyo ratio (Beneficio/Coste) sea mayor.

Los resultados en forma de tabla y en forma gráfica se recogen en sus apartados correspondientes a cada uno de los tramos estudiados.

8.2.2. ANÁLISIS DE COSTES (VALORACIÓN DE LAS ACTUACIONES PROPUESTAS)

CUADRO DE PRECIOS

Los precios utilizados en la valoración de las actuaciones se han obtenido por una parte de los precios utilizados en proyectos similares por parte del equipo redactor de este documento y por otra de las bases de precios habitualmente manejadas en este tipo de proyectos y sancionadas por la práctica, como son el Preoc-2010, base de precios de Tragsa y el generador de precios de Cype.

Designación	Unidad	Precio
Excavación con medios mecánicos, incluso agotamientos y transporte a vertedero o lugar de empleo	m ³	5,45 €
Cimentación para gavión, incluyendo relleno de piedra, geotextil de drenaje y tubo poroso d=150 mm.	m3	50,00 €
Gavión con malla metálica 8x10-16 y 1 m de altura, colocado en obra, incluso cosido y atirantado con alambre galvanizado con piedra recogida "in situ" con pala cargadora a una distancia media de 45 m. Altura entre 3 y 8 m medida sobre rasante.	m3	80,00 €

Mampostería hidráulica para obras de corrección hidrológico-forestal, con despiece natural de la piedra, careada a un paramento, con mortero 1:5 de 290 kg de cemento. Distancia máxima de la piedra 3 km. Altura entre 3 y 6 m medida sobre rasante.	m3	150,00 €
Reforestación con Pinus halepensis en marco de 20 x 20 m2 y altura de 1,5 a 2 m aproximadamente	Ud	7,15 €
Reforestación con Fraxinus rotundifolia en marco de 20 x 20 m2 y altura de 1,5 a 1,75 m aproximadamente	Ud	2,97 €
Ordenación urbanística, planes de emergencia y seguros	Ud	60.000,00 €
Reforestación con Quercus ilex en marco de 20 x 20 m2 y altura de 1,25 a 1,50 m aproximadamente	Ud	4,35 €

MEDICIONES Y PRESUPUESTOS PARCIALES

CALLOSA

ACTUACION 1. COLOCACIÓN DE DIQUES DE RETENCIÓN DE SÓLIDOS REFORESTACIÓN ORDENACIÓN URBANÍSTICA, PLANES DE EMERGENCIA Y SEGUROS

Designación	Ud	Medición	Precio	Total
CALLOSA				
Ordenación urbanística, planes de emergencia y seguros	Ud	1,00	60.000,00 €	60.000,00 €
Reforestación cuenca del Algar				
Reforestación con Pinus halepensis en marco de 20 x 20 m2 y altura de 1,5 a 2 m aproximadamente	Ud	10.000,00	7,15 €	71.500,00 €
Reforestación con Fraxinus rotundifolia en marco de 20 x 20 m2 y altura de 1,5 a 1,75 m aproximadamente	Ud	10.000,00	2,97 €	29.700,00 €
Reforestación con Quercus ilex en marco de 20 x 20 m2 y altura de 1,25 a 1,50 m aproximadamente	Ud	10.000,00	4,35 €	43.500,00 €
SUBTOTAL				204.700,00 €
Colocación dique de gaviones ubicado donde estába el antiguo				
Excavación con medios mecánicos, incluso agotamientos y transporte a vertedero o lugar de empleo	m3	225,00	5,45 €	1.226,25 €
Cimentación para gavión, incluyendo relleno de piedra, geotextil de drenaje y tubo poroso d=150 mm.	m3	225,00	50,00 €	11.250,00 €
Gavión con malla metálica 8x10-16 y 1 m de altura, colocado en obra, incluso cosido y atirantado con alambre galvanizado con piedra recogida "in situ" con pala cargadora a una distancia media de 45 m. Altura entre 3 y 8 m medida sobre rasante.	m3	300,00	80,00 €	24.000,00 €
SUBTOTAL				36.476,25 €
	Ud	Medición	Precio	
Colocación dique de retención de sólidos de mampostería hidráulica de 3 m de altura sobre cimientos				
Excavación con medios mecánicos, incluso agotamientos y transporte a vertedero o lugar de empleo	m3	112,50	5,45 €	613,13 €

CALLOSA

**ACTUACION 1. COLOCACIÓN DE DIQUES DE RETENCIÓN DE SÓLIDOS REFORESTACIÓN
ORDENACIÓN URBANÍSTICA, PLANES DE EMERGENCIA Y
SEGUROS**

Mampostería hidráulica para obras de corrección hidrológico-forestal, con despiece natural de la piedra, careada a un paramento, con mortero 1:5 de 290 kg de cemento. Distancia máxima de la piedra 3 km. Altura entre 3 y 6 m medida sobre rasante.	m3	215,50	150,00 €	32.325,00 €
SUBTOTAL				32.938,13 €

Ud Medición Precio

Colocación dique de retención de sólidos de mampostería hidráulica de 4 m de altura sobre cimientos

Excavación con medios mecánicos, incluso agotamientos y transporte a vertedero o lugar de empleo	m3	153,13	5,45 €	834,53 €
--	----	--------	--------	----------

Mampostería hidráulica para obras de corrección hidrológico-forestal, con despiece natural de la piedra, careada a un paramento, con mortero 1:5 de 290 kg de cemento. Distancia máxima de la piedra 3 km. Altura entre 3 y 6 m medida sobre rasante.	m3	487,50	150,00 €	73.125,00 €
SUBTOTAL				73.959,53 €

TOTAL CALLOSA EN ALGAR

348.073,91 €

BOLULLA

Ud Medición Precio

Colocación dique de retención de sólidos de mampostería hidráulica de 3 m de altura sobre cimientos

Excavación con medios mecánicos, incluso agotamientos y transporte a vertedero o lugar de empleo	m3	104,13	5,45 €	567,48 €
--	----	--------	--------	----------

Mampostería hidráulica para obras de corrección hidrológico-forestal, con despiece natural de la piedra, careada a un paramento, con mortero 1:5 de 290 kg de cemento. Distancia máxima de la piedra 3 km. Altura entre 3 y 6 m medida sobre rasante.	m3	146,54	150,00 €	21.981,00 €
SUBTOTAL				22.548,48 €

Colocación dique de retención de sólidos de mampostería hidráulica de 3 m de altura sobre cimientos

Excavación con medios mecánicos, incluso agotamientos y transporte a vertedero o lugar de empleo	m3	110,25	5,45 €	600,86 €
--	----	--------	--------	----------

Mampostería hidráulica para obras de corrección hidrológico-forestal, con despiece natural de la piedra, careada a un paramento, con mortero 1:5 de 290 kg de cemento. Distancia máxima de la piedra 3 km. Altura entre 3 y 6 m medida sobre rasante.	m3	155,16	150,00 €	23.274,00 €
SUBTOTAL				23.874,86 €

TOTAL CALLOSA EN BOLULLA

46.423,34 €

TOTAL ACTUACIONES EN CALLOSA

454.497,25 €

PRESUPUESTO GENERAL

CALLOSA

RESUMEN DE PRESUPUESTO

ACTUACION 1. COLOCACIÓN DE DIQUES DE RETENCIÓN DE SÓLIDOS Y REFORESTACIÓN

ALGAR EN CALLOSA

Ordenación urbanística, planes de emergencia y seguros	60.000,00 €
Reforestación cuenca Algar	204.700,00 €
Dique de gaviones	36.476,25 €
Dique de mampostería hidráulica de 3 m de altura	32.938,13 €
Dique de mampostería hidráulica de 4 m de altura	73.959,53 €
SUBTOTAL	408.073,91 €

BOLULLA EN CALLOSA

Dique de mampostería hidráulica de 3 m de altura	22.548,48 €
Dique de mampostería hidráulica de 4 m de altura	23.874,86 €
SUBTOTAL	46.423,34 €

TOTAL	454.497,25 €
--------------	---------------------

Total Presupuesto ejecución Material 454.497,25 €

8.2.3. ANÁLISIS DE COSTES AMBIENTALES

De acuerdo a la metodología expuesta en el apartado 8.3 Análisis Económico se han estimado los costes de las externalidades ambientales.

La justificación de estas cifras se incluye en el Informe de Sostenibilidad Ambiental de la comarca de la Marina Baja. Anexo al presente estudio.

RESUMEN ALTERNATIVA 1 ALGAR	€/ha*año	K (2005-2011)	€/ha*año
AFECCIÓN DIQUES	175,38 €	1,17 €	205,19 €

8.2.4. ANÁLISIS DE RIESGOS

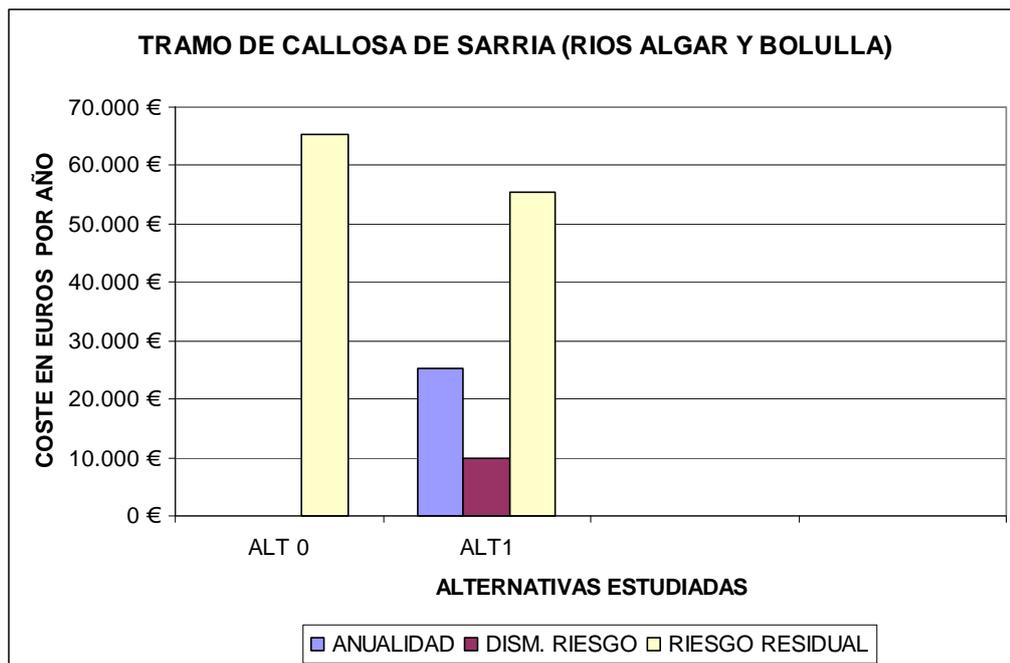
De acuerdo a la metodología expuesta en el apartado 7.3 Análisis económico, se han estimado los daños en la situación actual y después de las soluciones proyectadas. En este caso para los ríos de Bolulla y Algar se ha planteado una solución de tipo no estructural, que comprende la reforestación de las cuencas de los ríos mencionados, la construcción de diques de retención de sólidos y la realización de planes de emergencia de ámbito municipal, campañas de seguro, etc. La justificación de estas cifras se incluye en el informe de vulnerabilidad de la comarca de la Marina Baja. Anexo al presente estudio.

	DAÑOS DIRECTOS MEDIOS EN SITUACIÓN ACTUAL (€/AÑO)	DAÑOS TANGIBLES MEDIOS EN SITUACIÓN ACTUAL (€/AÑO)	DAÑOS TANGIBLES MEDIOS SOLUCIÓN 1 (MEDIDAS DE GESTIÓN +BIOINGENIERIA) (€/AÑO)	REDUCCIÓN DE DAÑOS TANGIBLES APLICANDO SOLUCIÓN 1 (MEDIDAS DE GESTIÓN +BIOINGENIERIA) (€/AÑO)
Zona/ Municipio	Callosa de Sarria	Callosa de Sarria	Callosa de Sarria	Callosa de Sarria
CALLOSA	52.250	65.313	9.835	55.478

8.2.5. ANÁLISIS COSTES - BENEFICIO

Los resultados de este análisis se recogen a continuación

CALLOSA	ALT 0	ALT1	
Ríos Algar y Bolulla			
PEM		454.497,25 €	
COSTES AMBIENTALES		0,00 €	
ANUALIDAD		25.340,59 €	
DISM. RIESGO	0,00 €	7.739,60 €	
RIESGO RESIDUAL	77.359,60 €	69.620,00 €	



8.3. ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

8.3.1. METODOLOGÍA

El estudio de alternativas se ha desarrollado en las siguientes tres etapas.

En la primera etapa se han definido los criterios de análisis de las alternativas planteadas.

La segunda etapa ha consistido en la realización de un análisis multicriterio de cada una de las posibles soluciones otorgando una puntuación a cada una de ellas en función de cada criterio. Se ha empleado este análisis multicriterio de acuerdo a las recomendaciones del DOCUMENTO DE REFERENCIA DEL "PLAN DIRECTOR DE DEFENSA CONTRA LAS AVENIDAS EN LA COMARCA DE LA MARINA BAJA (ALICANTE)".

En la tercera etapa se ha aplicado el peso que se había asignado a cada criterio de evaluación y se ha determinado la puntuación final de cada alternativa.

Los criterios de análisis que se emplearon fueron los siguientes:

- Hidrológico (control de avenidas): capacidad de regulación y laminación de la avenida.
- Sociopolítico: afecciones de carácter social y cultural en la comarca; modificación de las condiciones de inundación (se aplicaría en el caso de rotura de los embalses de laminación); costes sociales.
- Medioambiental: movimientos de tierras, modificación del entorno y afección a ecosistemas.
- Coste – beneficio: relación entre el coste que supone la ejecución de las obras y el beneficio o mejora que aportan a la comarca.

Atendiendo a estos criterios de análisis, cada alternativa ha recibido en cada caso una puntuación específica función de la influencia que sobre ella tuviera el criterio a evaluar en relación con las demás alternativas planteada y asumiendo, lógicamente, que la valorada sería la ejecutada.

La aplicación de este proceso metodológico supone que, partiendo de criterios exclusivamente cualitativos, llega a un resultado final cuantitativo, circunstancia realmente muy importante al permitir la objetivación de lo que expuesto de forma cualitativa puede parecer subjetivo. En este sentido, con el fin de lograr la máxima objetividad en el proceso, se ha optado por un sistema de valoración igualitario, asignando un rango interno de puntuación común a todos los criterios. La siguiente tabla recoge estos valores.

puntuación según la influencia de cada criterio						
	Muy alta	Alta	Moderada	Baja	Muy baja	Ninguna
Influencia	Muy positiva	Positiva	Neutra	Negativa	Muy negativa	-
Puntuación	5	4	3	2	1	0

En el cuadro adjunto se recogen los criterios de evaluación reseñados en los párrafos precedentes y el peso específico asignado a cada uno de ellos.

Criterio	Peso
Hidrológico (Control de Avenidas)	10
Sociopolítico	7
Medioambiental	5
Económico	5

Los pesos establecidos para cada criterio se han fijado de acuerdo con los objetivos del proyecto. Así, por tratarse de su razón de ser, en todas las soluciones analizadas, el criterio hidrológico, es decir, el control de avenidas (efecto sobre la reducción de las avenidas y su laminación), será el que tenga el máximo de los pesos posibles. En segundo lugar se sitúan los aspectos sociopolíticos, dado que son las personas y sus bienes las razones que invitan a efectuar el citado control de avenidas. A continuación se sitúan los aspectos medioambientales, dado que las actuaciones que se lleven a cabo influirán de una manera u otra sobre un medio natural muy antropizado pero de indudable valor y que debe ser, en la medida de lo posible y teniendo en cuenta los objetivos primordiales de las actuaciones planteadas, conservado o, incluso, mejorado.

El peso asignado al criterio económico ha sido el mismo que al criterio medioambiental, ya que este criterio influye decisivamente en el análisis de viabilidad de las soluciones proyectadas, teniendo en cuenta las limitaciones presupuestarias que tienen las administraciones a la hora de poner en práctica este tipo de actuaciones globales, como lo son el presente Plan de Defensa contra Avenidas de la Comarca de la Marina Baja (Alicante)

8.3.2. ANÁLISIS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE CONTROL DE AVENIDAS.

A continuación los resultados que desde el punto de vista de control de avenidas supondría cada una de las soluciones planteadas.

A) SOLUCIÓN 0

La situación frente a avenidas permanece como en la actualidad, sin que se resuelva la problemática existente.

B) SOLUCIÓN 1

Desde el punto de vista hidrológico, es decir, de control de las avenidas, la elaboración de cartografía de riesgo de inundación para los ríos Algar y Bolulla, las colaboraciones para la elaboración y aprobación de Planes de Actuación Municipal ante el riesgo de inundaciones en Callosa de Sarriá para la revisión del planeamiento urbano municipal a la vista de los resultados del presente Plan y para la promoción y divulgación del seguro para los bienes afectados por las inundaciones, no van a suponer una mejora de la seguridad, solo van a contribuir a la disminución de los daños producidos por las avenidas.

Desde el punto de vista hidrológico, es decir, de control de las avenidas, va a ser la reforestación de parte de la cuenca vertiente del río Algar y Bolulla, (50 Ha con una densidad de 600 pies/ha) la que va a tener

como efecto positivo un aumento del umbral de escorrentía, que implica una mayor infiltración de la lluvia caída y por tanto una disminución del caudal punta y del volumen del hidrograma. Hay que hacer constar que los efectos de este tipo de acciones sobre la cuenca, por un lado no tienen un efecto inmediato y por otro su efectividad está en el rango de moderada. En esta solución también se enmarcan las construcciones de diques de retención de sólidos 3 en el Algar (de donde uno de ellos es una remodelación de uno existente) y 2 en el Bolulla.

8.3.2.1. RESULTADO DEL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

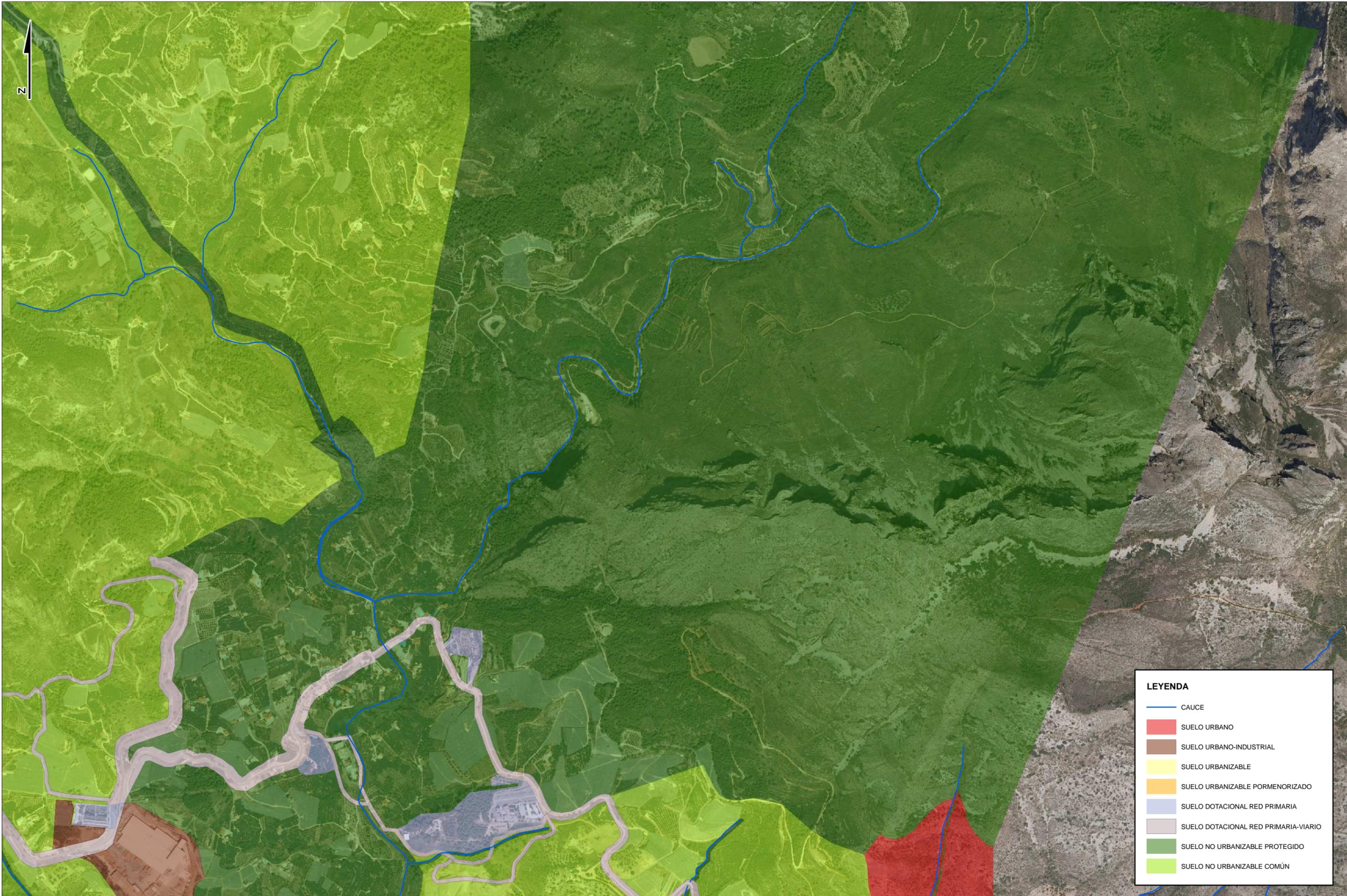
En el cuadro siguiente, se resume el análisis realizado en los epígrafes anteriores y la puntuación final obtenida por cada alternativa planteada.

Criterio	Peso	PUNTUACIÓN (B)		VALORACIÓN (AxB)	
		SOLUCIÓN			
	(A)	0	1	0	1
Control de avenidas	10	0	1	0	10
Sociopolítico	7	1	2	7	14
Medioambiental	5	2	3	10	15
Económico	5	3	2	15	10
Valoración total de las soluciones				32	49

Así, una vez analizadas las cuatro alternativas planteadas y teniendo en cuenta todos los condicionantes de diversa índole que afectan al ámbito sobre el que se actúa, la solución más adecuada (al haber recibido la puntuación más alta) es la solución nº 1 "ACTUACIONES DE TIPO NO ESTRUCTURAL, REFORESTACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE DIQUES DE RETENCIÓN DE SÓLIDOS EN LOS CAUCES DE LOS RÍOS BOLULLA Y CALLOSA."

9. APENDICE 1: PLANOS

9.1. PLANTEAMIENTO URBANÍSTICO

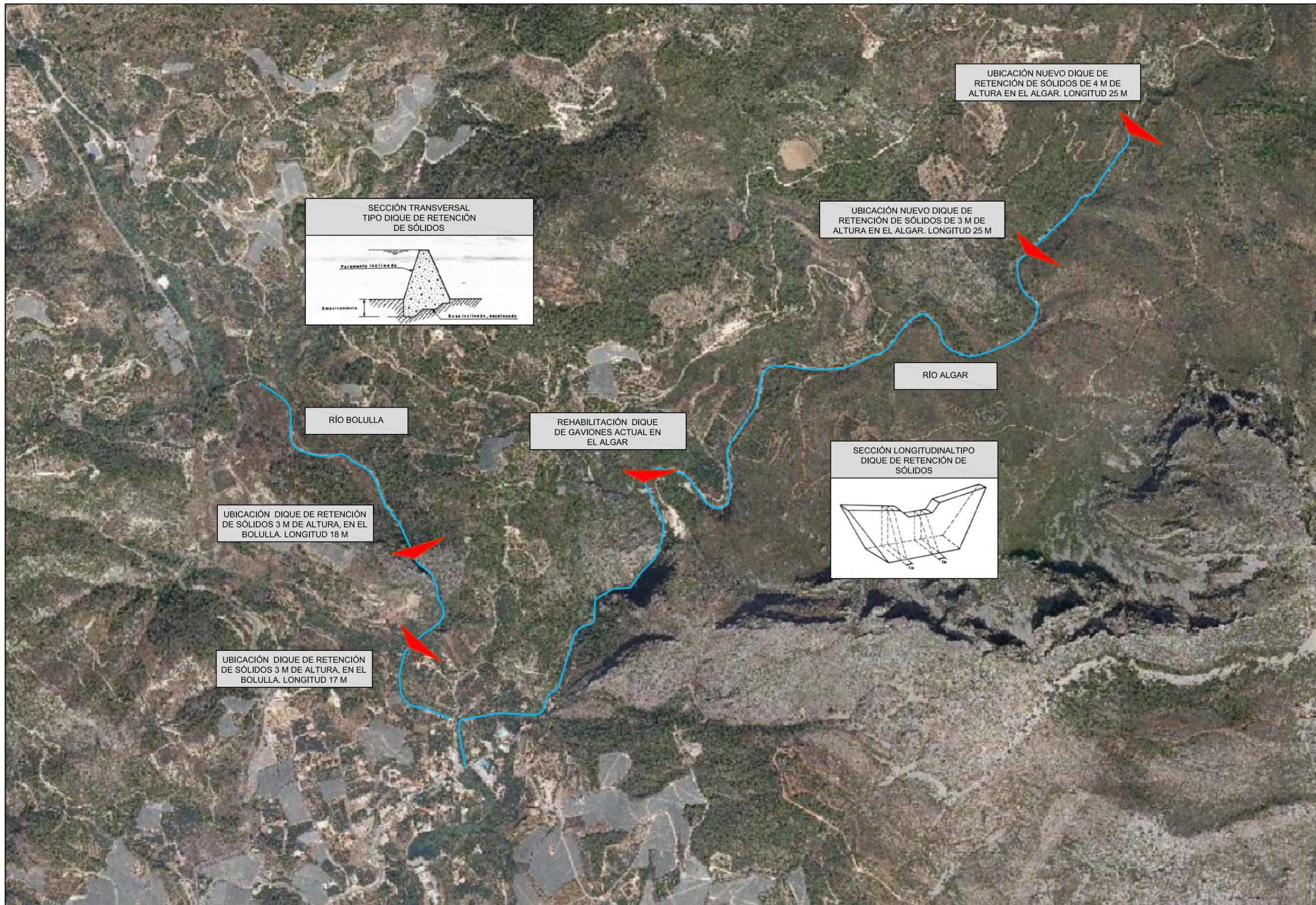


LEYENDA

	CAUCE
	SUELO URBANO
	SUELO URBANO-INDUSTRIAL
	SUELO URBANIZABLE
	SUELO URBANIZABLE PORMENORIZADO
	SUELO DOTACIONAL RED PRIMARIA
	SUELO DOTACIONAL RED PRIMARIA-VIARIO
	SUELO NO URBANIZABLE PROTEGIDO
	SUELO NO URBANIZABLE COMÚN

9.2. ACTUACIONES PROPUESTAS. PLANTA GENERAL

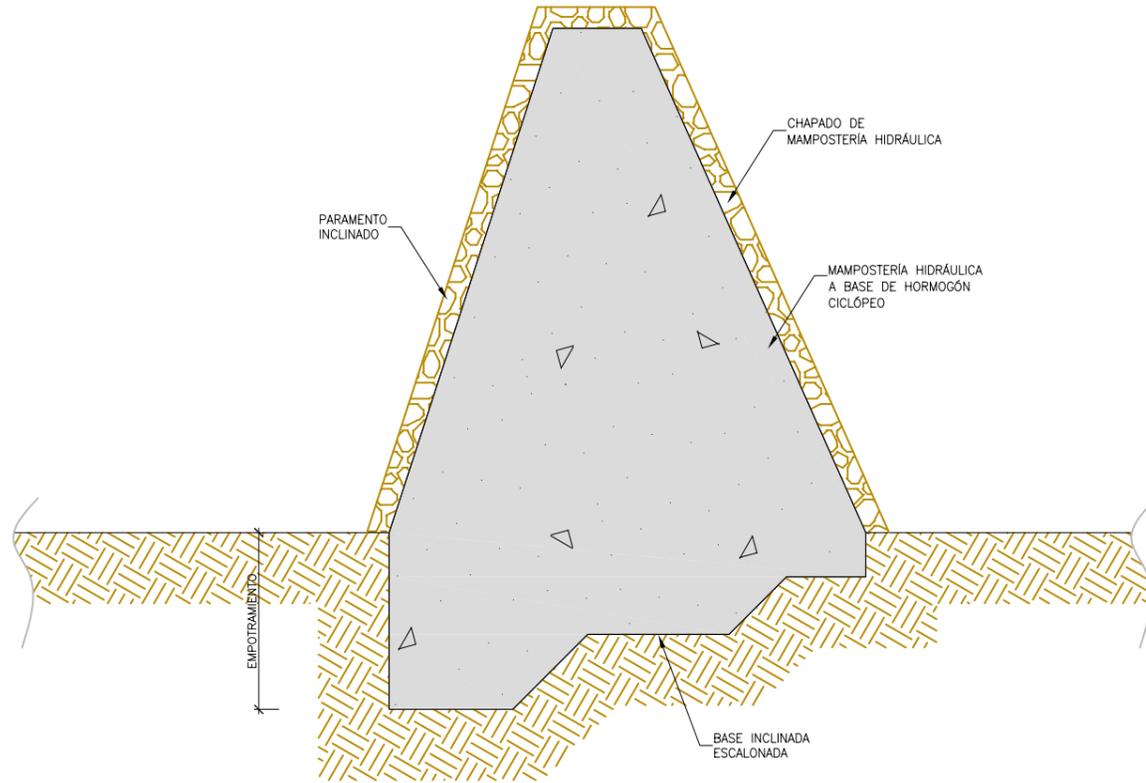
9.2.1. ACTUACIONES PROPUESTAS. PLANTA GENERAL RÍOS BOLULLA Y ALGAR



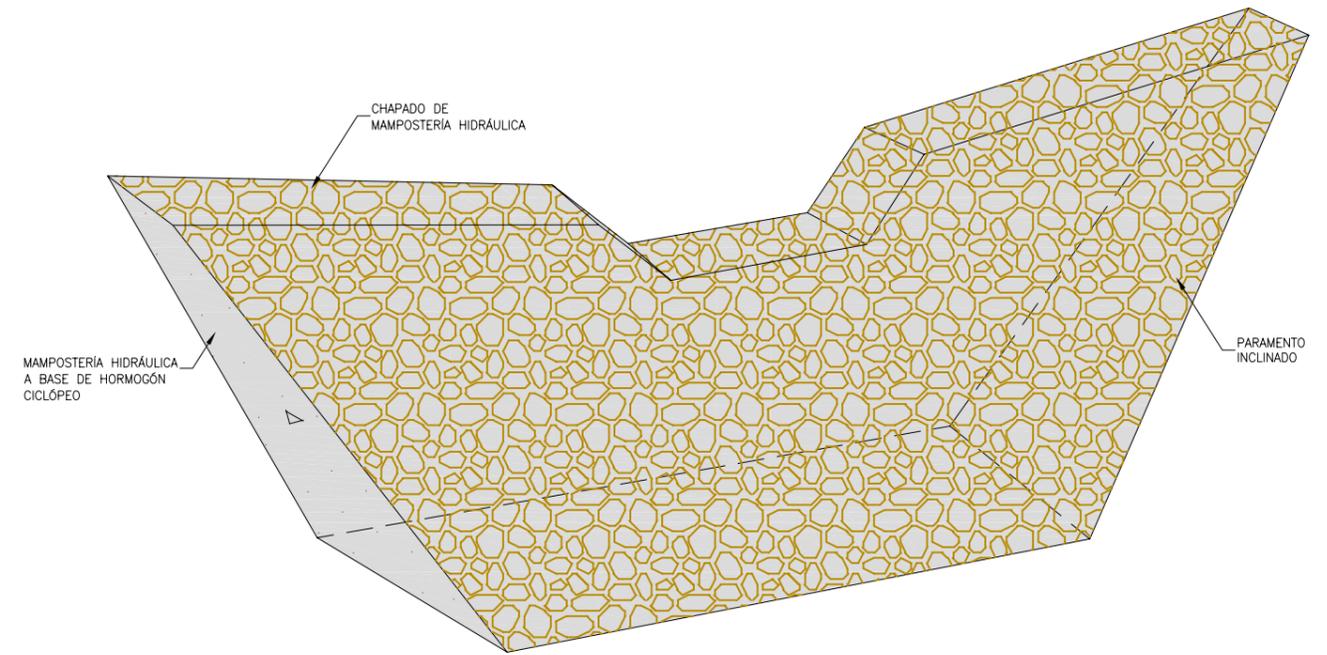
9.3. SECCIONES TIPO

9.3.1. SECCIONES TIPO RÍO ALGAR Y RÍO BOLULLA

SECCIÓN TRANSVERSAL DIQUE DE RETENCIÓN DE SÓLIDOS
ESCALA: S/E

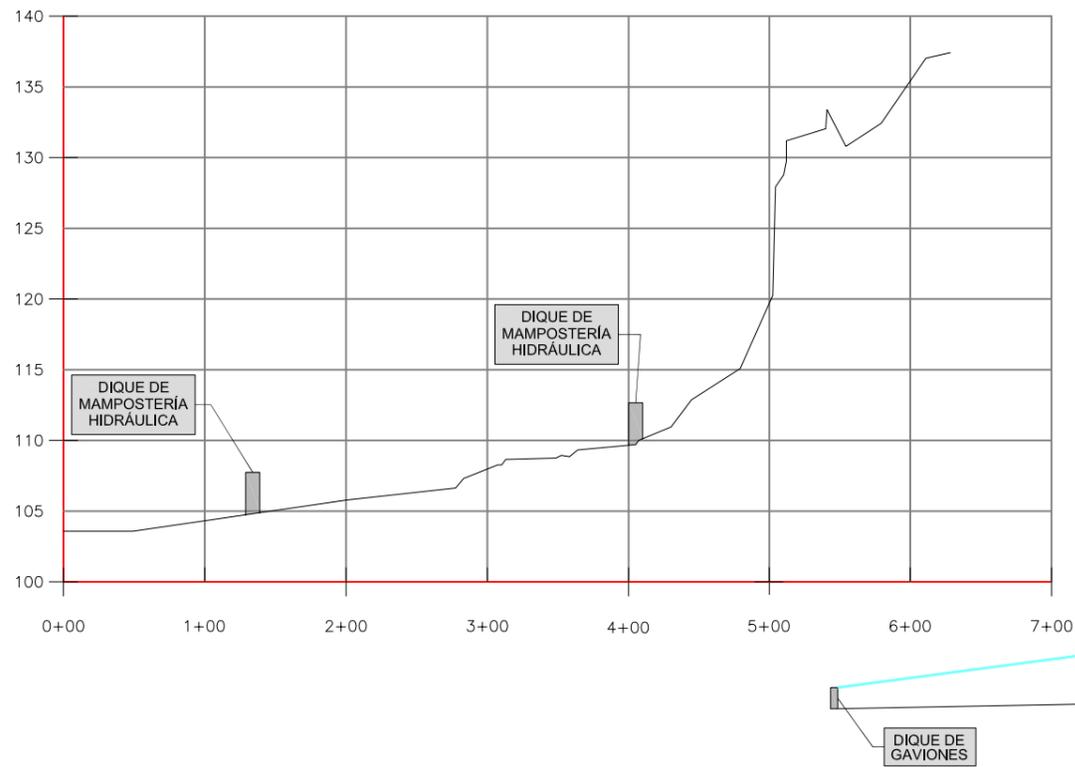


PERSPECTIVA DIQUE DE RETENCIÓN DE SÓLIDOS
ESCALA: S/E



PERFIL LONGITUDINAL RÍO BOLULLA

ESCALA: H=5.000
V=500



PERFIL LONGITUDINAL RÍO ALGAR

ESCALA: H=10.000
V=1.000

