

ANEJO 1

CARTOGRAFIA Y

TOPOGRAFIA

1. CARTOGRAFÍA	3
1.1. MAPA TOPOGRAFICO ANDALUCIA 1:10.000 (2007).....	3
1.2 MAPA CARTOGRAFIA URBANA ANDALUCIA 1:1.000 (2009).....	4
2. TOPOGRAFÍA.....	5
2.1 PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCION DE TRABAJOS TOPOGRAFICOS.....	5
2.1.1. TRABAJOS TOPOGRÁFICOS COMPLEMENTARIOS.	6
2.1.2. SUPERVISIÓN DE LA CARTOGRAFÍA.	7
2.2. VERTICES GEODESICOS	9
2.3. BASES DE REPLANTEO.....	12

1. CARTOGRAFÍA

Para la redacción del presente Proyecto de Construcción se han utilizado diversas cartografías, como base para la realización de distintos cálculos.

- Mapa Topográfico en formato digital Vectorial 1:10.000 del año 2007, facilitada por el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, dependiente de la Consejería de Economía y Conocimiento de la Junta de Andalucía. Esta cartografía se ha empleado para determinar las diversas cuencas vertientes y los puntos de desagüe de las mismas, y poder realizar los cálculos de los caudales de cada cuenca.
- Mapa de Cartografía urbana digital Vectorial a escala 1:1000 de los años 2000-2011, facilitada por el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, dependiente de la Consejería de Economía y Conocimiento de la Junta de Andalucía. Esta cartografía se ha empleado para realizar los cálculos y diseño sobre el terreno, de los distintos elementos estructurales necesarios para la ejecución del proyecto.

Esta cartografía está disponible y accesible de forma gratuita en <http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia>

1.1. MAPA TOPOGRAFICO ANDALUCIA 1:10.000 (2007)

El Mapa Topográfico Vectorial de Andalucía 1:10.000 (MTA10v) es, actualmente, la base cartográfica de mayor detalle con cobertura completa del territorio regional y tiene la consideración de cartografía oficial de Andalucía. Se realizaron dos versiones analógicas anteriores (en 1993-1997 y en 2001-2002) mediante restitución fotogramétrica a partir de fotografías aéreas. La última versión disponible, se realizó en formato vectorial mediante fotointerpretación de las ortofotografías de 2006-2007. Se presenta como un conjunto de coberturas vectoriales en formato shape, distribuida por capas, estructuradas según las distintas temáticas propias de una cartografía topográfica.

El Mapa Topográfico Vectorial de Andalucía (MTA10) es una representación espacial de tipo vectorial a escala intermedia del relieve y de otros elementos que conforman el territorio de Andalucía. Esta serie cartográfica del año 2007 fue producida de manera continua para toda Andalucía escala 1:10.000 en formato ESRI Shapefile y en AutoCad DXF. A su vez, está dividida y organizada en hojas 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y es difundida en dos sistemas geodésicos de referencia: ED50 en huso 30N (EPSG:23030) y ETRS89 en huso 30N (EPSG:25830).

El MTA10 es una representación de todo el territorio andaluz compuesta por varias capas temáticas de gran precisión espacial y geométricas, siendo por ello considerado el producto cartográfico de referencia para todo Andalucía. Los elementos que

conforman el conjunto de datos del MTA10 se pueden agrupar en los siguientes conjuntos temáticos representados por puntos, líneas y polígonos:

- División Administrativa
- Relieve
- Hidrografía
- Vegetación
- Edificaciones
- Vías de comunicación
- Hidráulica
- Energía
- División de hojas cartográficas
- Toponimia

1.2 MAPA CARTOGRAFIA URBANA ANDALUCIA 1:1.000 (2009)

Con objeto de atender las necesidades de ordenación y planificación urbanística, se elaboró la **Cartografía Urbana** de núcleos urbanos completos a escala 1:1.000, 1:2.000 y 1:5000 y de cascos históricos a escala 1:500, a partir de vuelos fotogramétricos analógicos a escalas 1:5.000, 1:8.000, 1:18.000 y 1:3.000 respectivamente y vuelos digitales de 10cm, 16cm, 30cm y 8cm respectivamente. Existe cartografía urbana raster y vectorial, mayoritariamente la información raster fue generada desde 1982 hasta 1998; la cartografía vectorial empieza a generarse en 1992 hasta 2009, siendo hasta el año 2000 resultado de la vectorización de la cartografía raster.

La cartografía vectorial se descarga en formato DGN (.dgn) y la cartografía raster en TIFF. Actualmente se ofrece en el sistema de referencia ETRS 89.

La **Cartografía Urbana Vectorial 1:1.000** (1992-2009) nace con objeto de atender las necesidades de ordenación y planificación urbanística, la cartografía de cascos históricos a escala 1:1.000, a partir de vuelos fotogramétricos analógicos a escala 1:3.000 y vuelos digitales de 8cm.

2. TOPOGRAFÍA

Previo al inicio de la ejecución del proyecto se realizará un levantamiento topográfico para obtener un modelo digital del terreno (MDT), con detalle suficiente para obtener planos a menor escala.

También se deberá de materializar en el terreno el eje de la obra y los puntos y elementos singulares de la obra, para poder realizar un correcto emplazamiento de la misma.

Los trabajos topográficos se realizarán en base **LAS PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA REDACCIÓN DE PROYECTOS DE OBRAS HIDRÁULICAS** emitida por la Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.

2.1 PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCION DE TRABAJOS TOPOGRAFICOS

Bases de replanteo.

Partiendo de los vértices de la Red Básica, se establecerán por el Consultor del Proyecto nuevas poligonales de aproximación al trazado definitivo, cerrando en vértices contiguos de la misma Red Básica. Se podrá establecer la Red de Bases de Replanteo mediante metodología GPS, para lo cual se seguirán las mismas prescripciones establecidas para la Red Básica, siendo los periodos de tiempo para recepción de señales acordes a las menores distancias de las líneas - bases.

Los vértices de estas poligonales se nivelarán geométricamente para darles cota. No será obligatorio realizar los trabajos de nivelación geométrica cuando se prevea la utilización de bombeos para la totalidad del servicio proyectado. Se situarán a distancias que permitan un uso satisfactorio para las necesidades de las obras y el relieve del terreno, con separaciones máximas de 400 m, de forma que permitan su utilización como Bases de Replanteo del trazado, una vez definido éste, y al mismo tiempo sirvan para realizar los levantamientos topográficos para obtener la cartografía de detalle necesaria para la correcta definición de elementos concretos, tales como estructuras, obras de fábrica, encauzamientos, intersecciones, cruces con servicios y servidumbres, etc.

Las Bases se situarán fuera de la zona de obras y alejadas lo suficiente del eje, de forma que el replanteo por bisección o radiación no produzca ángulos inferiores a 15 g°. Se señalarán con el sistema más adecuado en función de la zona de su implantación, pero siempre en forma tal que se garantice su permanencia, empleando hitos del tipo Feno o equivalente, clavos sobre obras de fábrica recibidos con resinas "epoxi" o clavos embutidos en macizos de hormigón (de los dos últimos se deberán colocar al menos un tercio del total). En cualquier caso, el Consultor se encargará de reponer las Bases removidas o desaparecidas, previamente a la realización de la recepción total o parcial del Proyecto,

La precisión obtenida en las coordenadas, con respecto a la Red Básica, será superior a 10 cm.

En el caso de que estos trabajos se realizasen mediante poligonales de precisión las tolerancias admitidas deberán ser mejores de:

- Error angular: $\leq 15 \sqrt{N}$ segundos centesimales
- Error lineal (después de compensación angular): $\leq 15 \sqrt{K}$ mm
- Error en cota: $\leq 12 \sqrt{K}$ mm

donde N es el número de vértices y K es la longitud, en kilómetros, del itinerario. La precisión a alcanzar en los trabajos de nivelación geométrica deberá ser de $\leq 7 \sqrt{K}$ mm.

En el caso utilización del procedimiento GPS, se deberán cumplir las siguientes prescripciones, con los tiempos de observación:

- Para la observación de Vértice Geodésico a cualquier otro punto: 20 minutos.
- Para la observación entre Vértices Topográficos: 15 minutos.
- Para la observación de Vértices Topográficos a Base de Replanteo o entre Bases de Replanteo: 10 minutos

2.1.1. TRABAJOS TOPOGRÁFICOS COMPLEMENTARIOS.

Además de los expuestos anteriormente, el Consultor del Proyecto deberá realizar los siguientes trabajos de campo y gabinete:

- Levantamientos taquimétricos a escalas 1/200 ó 1/500 de las zonas en que se vayan a emplazar importantes estructuras, muros, elementos singulares, arquetas, depósitos, estaciones, etc.
- Replanteo, obtención del perfil longitudinal y marcado, mediante elementos fijos (clavos, estaquillas...), del eje en cada punto singular del trazado en planta y en alzado, así como los elementos funcionales, límites de propiedad y como mínimo un punto del eje cada 200 m.
- Obtención de los perfiles transversales cada 20 m, mediante radiación o mediante GPS-RTK desde la Base de Replanteo más cercana, en las actuaciones donde la explanación sea superior a 10 m de ancho.

- Levantamiento taquimétrico de los servicios afectados, a fin de estudiar su modificación o reposición.
- Se obtendrán, mediante las coordenadas de puntos de su eje, las alineaciones en planta y alzado de las conducciones u otras infraestructuras con las que se conecte, bajo las que se pase, o de las que se hayan de cruzar por encima. Asimismo se obtendrán las coordenadas de las edificaciones o cualquier elemento próximo al trazado que pueda afectar a la zona expropiada. Dichas coordenadas se reflejan en los planos del proyecto.

2.1.2. SUPERVISIÓN DE LA CARTOGRAFÍA.

A continuación se define el procedimiento para la supervisión de los trabajos previamente realizados para la obtención de la Cartografía destinada a la redacción de proyectos. Este procedimiento se divide, a su vez, en dos: control de los trabajos topográficos y control de los trabajos cartográficos.

El Control lo podrá realizar, indistintamente, personal propio del Consultor o empresa especializada que contrate con éste último dichos servicios. Sin embargo, en este último caso se deberá contratar con una empresa distinta a la que realizó los trabajos objeto de control.

Control de los Trabajos Topográficos.

El control de los trabajos topográficos consistirá en la revisión en campo y en gabinete de los trabajos, documentos y cálculos realizados para la elaboración de la Cartografía.

Las observaciones para la comprobación de la Red Básica se deberán realizar con procedimientos GPS en su totalidad, comprobando al menos el 50% de los Vértices Topográficos, y con un mínimo de 2. Para dichos trabajos se tendrá en cuenta que el enlace con la Red Geodésica Nacional se deberá realizar con los mismos Vértices Geodésicos que se utilizaron para el establecimiento de la Red Básica. Además se deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Observación o posicionamiento estático relativo. Se trabajará siempre, al menos, con 3 receptores, de iguales características, simultáneamente.
- En un principio se establecerá el Marco de Referencia, situando los receptores en 3, o más, Vértices Geodésicos.
- Posteriormente se irán posicionando los receptores excepto uno, que permanecerá estático, por los vértices que compondrán la red. Para cada estacionamiento el PDOP deberá ser inferior a 5.

- Los tiempos de posicionamiento vendrán determinados por los tipos de receptores empleados, siendo de 45 minutos para los receptores monofrecuencia y de 15 minutos para los bifrecuencia, todo ello para garantizar una precisión en la Red del orden de $0,01 + 1 \text{ ppm}$. Para la observación de otros puntos que no pertenezcan a la Red Básica se podrán rebajar los tiempos de observación a 30 y 15 minutos, para los receptores monofrecuencia y bifrecuencia.
- Para el cálculo se deberá tener en cuenta la transformación Helmert entre el sistema WGS84 y el sistema de referencia oficial, ED-50.
- Se ajustará la red por el método de mínimos cuadrados, obteniendo coordenadas, parámetros de fiabilidad y precisión, residuos, error medio cuadrático del ajuste y detección de posibles errores groseros.

Los resultados obtenidos se compararán con los indicados en la memoria de los trabajos cartográficos.

Si se hubiese realizado una Red Básica Altimétrica mediante nivelación geométrica doble de precisión, se nivelará el 20% de cada tramo, comprobando los resultados obtenidos con los que en su día obtuvo el Consultor de cartografía.

Los trabajos de Apoyo Fotogramétrico se comprobarán radiando el 20% de los puntos, elegidos de forma tal que se comprueben el mayor número de pares fotogramétricos, y comprobando las coordenadas obtenidas con las indicadas en las fichas de ajuste de los pares fotogramétricos que se adjuntan a la documentación.

El control de la documentación se basará en la comprobación de los siguientes contenidos:

- Memoria
- Reseñas de los Vértices Geodésicos
- Reseñas de los clavos de las Líneas de Nivelación de Alta Precisión o de Precisión
- Red Básica: Reseñas, cálculo de la red, datos de campo, gráfico de observaciones, ajustes de observación
- Red de Nivelación Geométrica: Cálculo de los anillos y compensación, datos de campo
- Red de Apoyo: Datos de campo, cálculo, croquis de los puntos de apoyo
- Restitución: Partes de orientación, codificación, certificados de calibración de los restituidores

Control de los Trabajos Cartográficos.

Para el control de los trabajos cartográficos se comprobarán los partes de orientación resultado de los ajustes de los pares fotogramétricos en el proceso de restitución, verificando el resultado de los ajustes y los residuos resultado de los mismos.

Se realizarán radiaciones de objetos definidos en la cartografía, aleatoriamente y distribuidos de forma uniforme, y a lo largo de todo la zona restituida, con objeto de comparar las coordenadas obtenidas con las que tienen en la cartografía numérica objeto de control. Se comprobarán tanto sus coordenadas planimétricas como altimétricas. También se radiarán puntos del terreno con objeto de comprobar solamente la altimetría. Se comprobará un punto por cada cuatro hectáreas restituidas.

Se deberá comprobar que los objetos de la zona restituida que tengan significancia, tanto por su tamaño como por la relevancia que tengan para el proyecto, se hayan restituido.

2.2. VERTICES GEODESICOS

En el municipio de Martos se encuentran dos Vértices Geodésicos de la Red Geodésica Nacional, fácilmente accesibles para apoyo en el cálculo de las bases de replanteo.

- Vértice Geodésico Martos (V.G. 94663). Situado en el casco de la población de Martos, sobre la terraza de la Torre del Homenaje.
- Vértice Geodésico La Grana (94683). Situado en lo alto de la llamada sierra de la Grana.

Se adjuntan las fichas de reseña de los diferentes vértices citados.

28-may-2016

Reseña Vértice Geodésico

28-may-2016

Número..... 94683
Nombre..... Grana
Municipios..... Martos
Provincias..... Jaén
Fecha de Construcción..... 21 de septiembre de 1990
Pilar sin centrado forzado..... 1,20 m de alto, 0,30 m de diámetro.
Último cuerpo..... 1,00 m de alto, 1,00 m de ancho.
Total cuerpos..... 1 de 1,00 m de alto.

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....	-3° 54' 58,6664"	-3° 55' 03,32555" ±0.104 m
Latitud.....	37° 43' 34,4095"	37° 43' 29,93013" ±0.09 m
Alt. Elipsoidal.....		1301,567 m ±0.084 (BP)
Compensación.....	04 de febrero de 1994	01 de noviembre de 2009

Elipse de error al 95% de confianza.

Coordenadas UTM. Huso 30 :

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....	419249,00 m	419137,205 m
Y.....	4175903,85 m	4175697,971 m
Factor escala.....	0,999680309	0,999680537
Convergencia.....	-0° 33' 39"	-0° 33' 41"

Altitud sobre el nivel medio del mar: 1252,075 m. (BP)

Situación:

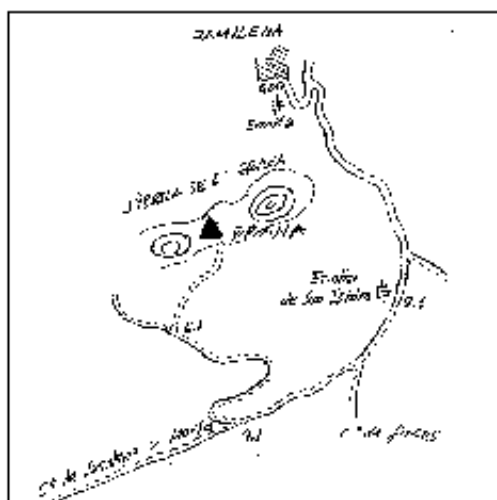
Situado en lo alto de la llamada sierra de la Grana.

Acceso:

Partiendo de Jaminela se toma la pista a la ermita de San Isidro, dejando a la izquierda el cantil a Los Villares y a Jabalcruz y a la derecha la ermita de San Isidro; se continúa por el camino de Jaminela a Martos, por la sierra de la Grana, dejando a la izquierda un camino de fincas y al llegar al P.K. 4,100, se toma a la derecha un cantil muy dificultoso, en tiempo seco para coches. Al llegar al P.K. 5,100 se toma a la derecha, campo a través, haciéndose imprescindible el uso de vehículo T.T., recorriendo hasta el final unos 500 m., siendo la distancia al origen de unos 6,600 Km.

Horizonte GPS:

Despejado



Observaciones:

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.

Informe del estado del Vértice: <http://www.geodesia.es/vertices/infoSG.pdf>

2.3. BASES DE REPLANTEO

En este apartado se proponen un serie de bases de replanteo que perduraran desde antes del inicio de la obra hasta la conclusión de esta.

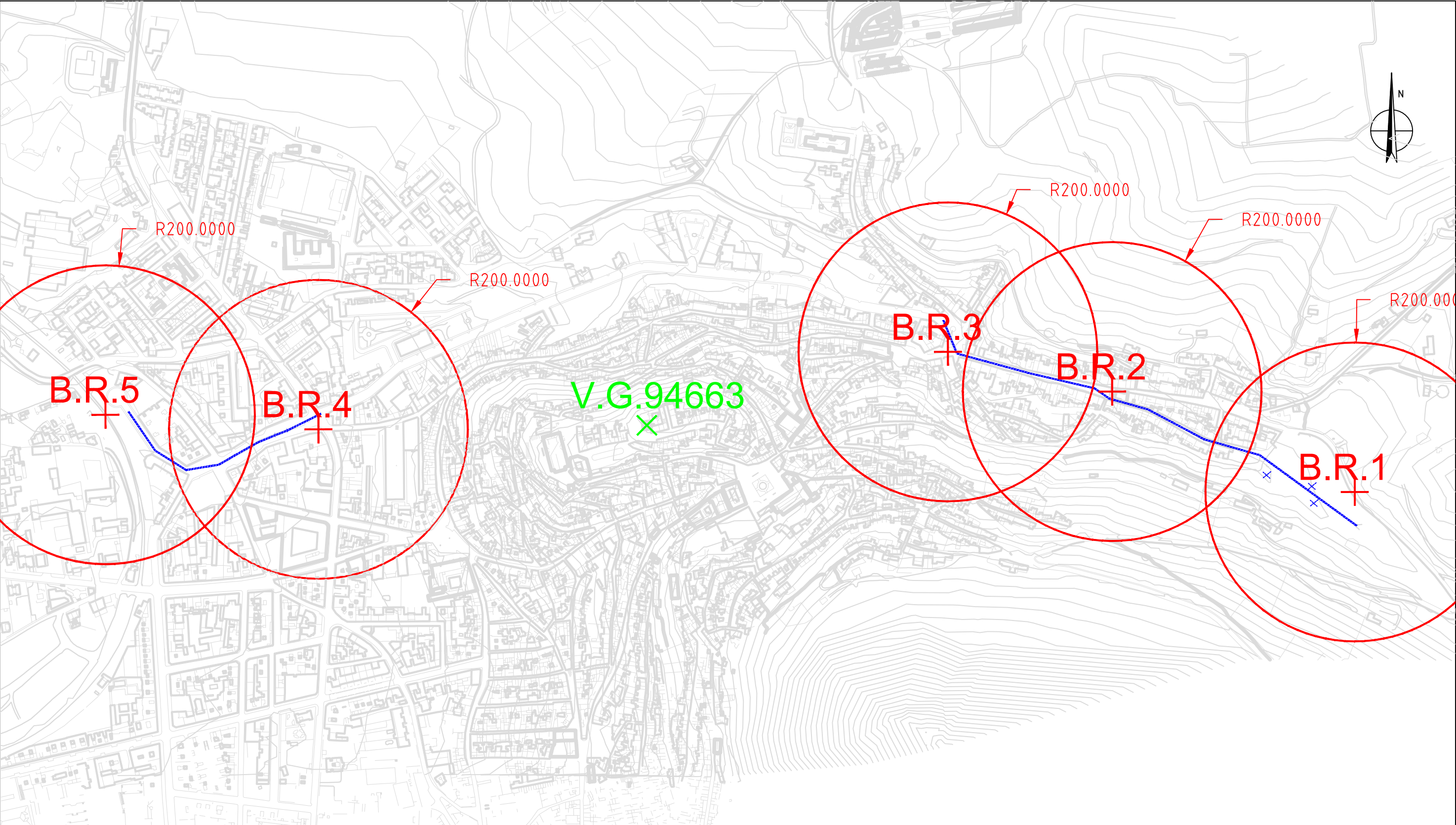
Estas bases de replanteo se han propuesto en base a las prescripciones del apartado 2.1 de este anejo. Ello no implica previo al comienzo de la obra o en el transcurso de la misma, puedan sufrir modificaciones de ubicación, supresión o aumento en cuantía debido a las necesidades de la misma, pero siempre cumpliendo las prescripciones del apartado 2.1.

A continuación se resume en una tabla las bases de replanteo propuestas

BASES DE REPLANTEO				
ID	ZONA	COORDENADAS UTM		COMENTARIO
B.R.1	30 S	415665.76 m E	4175579.65 m N	Acera derecha J-3300 sentido Martos
B.R.2	30 S	415383.99 m E	4175639.55 m N	Plazoleta Ermita Santa Lucia
B.R.3	30 S	415106.41 m E	4175701.59 m N	Plazoleta Iglesia San Amador
B.R.4	30 S	414322.56 m E	4175593.27 m N	Acera esquina Suroeste intersección Avenida Europa - Lope de Vega
B.R.5	30 S	414044.80 m E	4175590.31 m N	Vía Verde

Tabla 1.- Tabla Bases de Replanteo

La ubicación de las bases esta representada en el Plano adjunto a este anejo del apartado de planos de este proyecto.



BASES DE REPLANTEO				
ID	ZONA	COORDENADAS UTM		COMENTARIO
B.R.1	30 S	415665.76 m E	4175579.65 m N	Acera derecha J-3300 sentido Martos
B.R.2	30 S	415383.99 m E	4175639.55 m N	Plazoleta Ermita Santa Lucia
B.R.3	30 S	415106.41 m E	4175701.59 m N	Plazoleta Iglesia San Amador
B.R.4	30 S	414322.56 m E	4175593.27 m N	Acera esquina Suroeste interseccion Avenida Europa - Lope de Vega
B.R.5	30 S	414044.80 m E	4175590.31 m N	Via Verde

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	Junio 2016	RAFAEL		
COMPROBADO		CHAMORRO		
		CARRILLO		
ESCALA:	MEJORA ENCAUZAMIENTO ARROYO FUENTE DE LA VILLA MARTOS (JAÉN) ANEJO 1. PROPUESTA BASES REPLANTEO			Nº PLANO A1.1
1/5.000				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

ANEJO 2
GEOLOGIA Y
GEOTECNIA

1.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO	3
1.2. TRABAJOS REALIZADOS	4
2. ENCUADRE GEOLÓGICO.....	4
2.1. ÁMBITO REGIONAL	4
2.2. ÁMBITO LOCAL	7
3. LITOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA	7
3.1. DEPÓSITOS CUATERNARIOS	8
4. GEOMORFOLOGÍA	9
5. HIDROGEOLOGÍA	9
5.1. HIDROGEOLOGÍA REGIONAL	9
5.2. HIDROGEOLOGÍA LOCAL	10
5.3. RED DE DRENAJE	14
6. CARACTERIZACION GEOTECNICA.....	15
6.1. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS realizacion estudio geotecnico.....	15
6.2.1. ESTABLECIMIENTO POR EL CONSULTOR DE LA CAMPAÑA GEOTÉCNICA A REALIZAR.....	16
6.2.2. REALIZACIÓN DE LAS PROSPECCIONES DE CAMPO.....	17
6.2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO	18
6.2.4. INFORME FINAL. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	18
6.2 PARAMETROS CARACTERISTICOS DEL SUELO	21

1. INTRODUCCIÓN, METODOLOGÍA Y TRABAJOS REALIZADOS

La zona objeto de este estudio se encuentra ubicada a lo largo del núcleo urbano de Martos, localidad de la provincia de Jaén, aproximadamente equidistante de la capital jienense y del límite con las provincias de Córdoba y Granada.

La solución propuesta para llevar las aguas del Arroyo Fuente de la Villa, las aguas pluviales y residuales del núcleo urbano de Martos, consiste encauzar todas estas aguas a través de un colector principal cruza en dirección norte sur el núcleo urbano de Martos hasta el aliviadero de pluviales actualmente en ejecución que regula el caudal de entrada a la E.D.A.R de Martos.

El objetivo del presente estudio es, en primer lugar, proporcionar la información necesaria para la caracterización y el conocimiento geológico de los distintos tipos de materiales existentes a lo largo del recorrido del colector y con ello servir de base a los estudios y cálculos necesarios del proyecto en los que intervengan las características geológicas de estos materiales.

Geológicamente tratamos de determinar aspectos tales como:

- Litología de los materiales atravesados
- Disposición estructural
- Aspectos geomorfológicos generales y aquellos con incidencia en la traza
- Hidrogeológico de los materiales

Por otro lado, se establecerán las posibles procedencias de los materiales necesarios para el relleno de las zanjas excavadas, haciendo especial hincapié en el estudio del posible aprovechamiento de los materiales procedentes de la excavación de las propias zanjas. En el caso de que sea necesario, se caracterizarán zonas de préstamo susceptibles de suministrar el material que, bien por razones cuantitativas o cualitativas no proceda de la excavación.

1.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para la realización del presente estudio geológico se ha contado con la siguiente documentación e información bibliográfica:

- Hojas Nº 946 (Martos) a escala 1:50.000 del Mapa Geológico de España (IGME).
- Mapa Geológico a escala 1:200.000. Hoja nº 77. Síntesis de la cartografía existente.

- Mapa Geotécnico General, a escala 1:200.000. Hoja nº 77. Mapa de interpretación geotécnica.
- Mapa Hidrogeológico de España a escala 1:200.000. Hoja nº 77 (IGME). Mapa básico.
- Mapa Hidrogeológico de España. Hoja nº 77 (IGME). Mapas auxiliares.
- Fotografías aéreas del vuelo realizado en febrero de 2005.

1.2. TRABAJOS REALIZADOS

Con objeto de caracterizar las unidades aflorantes a lo largo de la traza y realizar la cartografía geológica, se han llevado a cabo los siguientes trabajos:

- Recorrido del trazado con apoyo de fotografías aéreas, con la finalidad de comprobar en el campo la información recogida en la bibliografía y cartografía consultadas, ampliando y corrigiendo en su caso los datos referentes a los materiales cortados por la conducción.
- Recopilación de información referente a las plantas de hormigón y de suministro de material de obra que por su proximidad a la zona estudiada pudieran resultar de interés.

2. ENCUADRE GEOLÓGICO

2.1. ÁMBITO REGIONAL

En Andalucía están representados varios Dominios Geológicos que se han ido formando a lo largo del tiempo con una historia geológica y paleogeográfica bastante compleja, tal y como se muestra en la Figura 1.

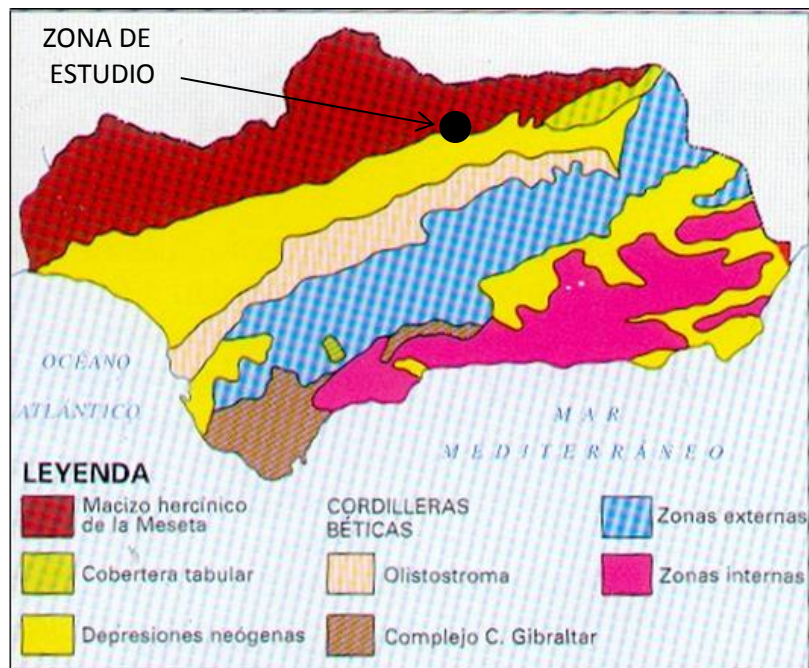


Figura 1.- Mapa Geológico esquemático de Andalucía

El Dominio más antiguo corresponde al Macizo Hercínico de la Meseta Ibérica, que aflora al norte del Guadalquivir en Sierra Morena y en las sierras del norte de Córdoba, Sevilla y Huelva. Está constituido por materiales precámbricos y paleozoicos en los que la alineación estructural dominante es la NO-SE. Fueron plegados en la orogenia hercínica durante el Carbonífero. Desde entonces hasta nuestros días han constituido relieves emergidos sometidos a meteorización y erosión, formando parte de la Placa Ibérica, única área rígida que habría en la península ibérica en el inicio del Mesozoico. Hasta gran parte del Terciario (Paleógeno y Mioceno inferior) constituyó el único elemento emergido de Andalucía.

El otro dominio geológico de Andalucía es la Cordillera Bética que constituye, junto al Rift, la parte más occidental de las Cadenas Alpinas Mediterráneas. Forma un cinturón que se sitúa en el sur y sureste de la

Península Ibérica, con una longitud aproximada de 600 Km. y una anchura máxima de 200 Km. Está limitada al norte por la Meseta Ibérica y al sur por el Mar Mediterráneo. Ocupa una gran parte del territorio andaluz y se continúa, hacia el este, por las comunidades de Murcia, Valencia y Baleares. Se trata de una gran cordillera alpina formada durante el Mioceno. En ella se pueden diferenciar varias unidades de rango menor (fig. 2).

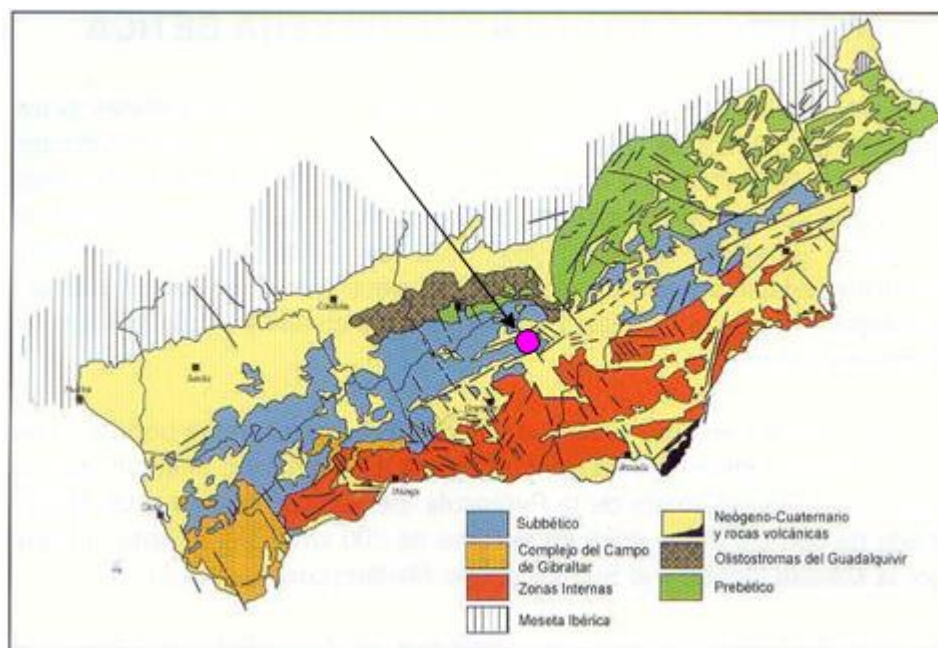


Figura 2.- Mapa Geológico esquemático de la Cordillera Bética

La primera subdivisión diferencia las Zonas Externas y las Zonas Internas. Las primeras corresponden a los materiales mesozoicos y terciarios (incluido el Mioceno inferior) que se depositaron en el margen continental que se ubicaba en el borde sur de la Placa Ibérica, los cuales fueron plegados y despegados de su basamento durante el Mioceno inferior y medio. Las Zonas Internas Béticas (denominadas Dominio de Alborán), por el contrario, constituyen un elemento tectónico alóctono de orden mayor. Se trata de un fragmento de una subplaca (Subplaca Mesomediterránea) que originariamente ocupaba una posición dentro del actual Mediterráneo (FONTBOTÉ, 1.986) y que durante el Mioceno inferior se disgregó, expulsando parte de sus materiales hacia el oeste, los cuales colisionaron con la Placa Ibérica.

Las Zonas Externas permiten una subdivisión paleogeográfica en dos conjuntos principales: Zona Prebética (al norte) y Zona Subbética (al sur). Entre ambos se sitúan las Unidades Intermedias que presentan características estratigráficas mixtas.

La Zona Prebética se localiza en la parte más próxima al margen continental sudibérico y está caracterizada por sedimentos pertenecientes a medios marinos someros, litorales y continentales. En esta zona se diferencian dos dominios paleogeográficos: Prebético Externo y Prebético Interno. Esta cobertura es casi autóctona (FONTBOTÉ y VERA, 1.983) y está afectada por pliegues y cabalgamientos.

La Zona Subbética se localiza en la parte más meridional de las Zonas Externas. Está caracterizada por sedimentos marinos pelágicos más o menos profundos. De norte a sur se diferencian tres dominios paleogeográficos: Subbético externo, Subbético medio y Subbético interno. Esta cobertura es alóctona y está estructurada en varios mantos de corrimientos que, al igual que en la Zona Prebética, aprovechan como principal nivel de despegue los materiales del Triásico de facies Keuper.

En las Zonas Internas se diferencian tres unidades principales superpuestas tectónicamente, que en orden de superposición son las siguientes: Complejo Nevado-Filábride constituido por micaesquistos y cuarcitas y, más localmente, mármoles y gneises; Complejo Alpujárride constituido por micaesquistos, peridotitas, mármoles triásicos y rocas carbonatadas no metamorfizadas (calizas y dolomías, igualmente triásicas) y Complejo Maláguide formado por un Paleozoico (lutitas, areniscas, calizas y conglomerados) y, muy localmente, una cobertera mesozoica muy poco potente.

Existe una unidad que no puede ser atribuida ni a las Zonas Externas ni a las Internas, ya que originariamente ocupaba un sector ubicado entre ambas. Se trata del Complejo del Campo de Gibraltar que corresponde a los afloramientos en el sur de España, especialmente en la provincia de Cádiz, de los materiales que originariamente se depositaron en una cuenca marina profunda que se localizaba entre las placas Ibérica, Mesomediterránea y Africana, los cuales fueron expulsados radialmente (hacia las placas Ibérica y Africana) durante la desintegración de la Subplaca Mesomediterránea. Estos materiales están constituidos por arcillas y areniscas turbidíticas.

La zona de estudio se encuentra localizada al Sur de la Depresión del Guadalquivir, inserta en el sector septentrional de las Cordilleras Béticas, más concretamente en el Subbético Externo del dominio Sudibérico, caracterizado por materiales depositados durante el Mioceno, Cretácico Inferior, Triásico y Jurásico fundamentalmente. Localmente pueden encontrarse sedimentos tipo plataforma marina propios de dominios Prebéticos.

2.2. ÁMBITO LOCAL

El área estudiada se encuadra en el entorno de latitud 37° 43' N y longitud 3° 58'W. Aproximadamente el 80% del corredor se orienta según una dirección NNO-SSE, localizándose en la Hojas nº 946 "Martos", a escala 1:50.000 de la colección Mapas Geológicos de España editada por el Instituto Tecnológico Geominero de España, formando parte fundamentalmente del Subbético Externo de las Cordilleras Béticas.

3. LITOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA

Los diferentes materiales que afloran a lo largo de la traza de estudio se pueden encuadrar por sus edades dentro del Cuaternario, fruto de la dinámica actual de sistemas fluviales y de vertientes que generan los Rellenos Cuaternarios.

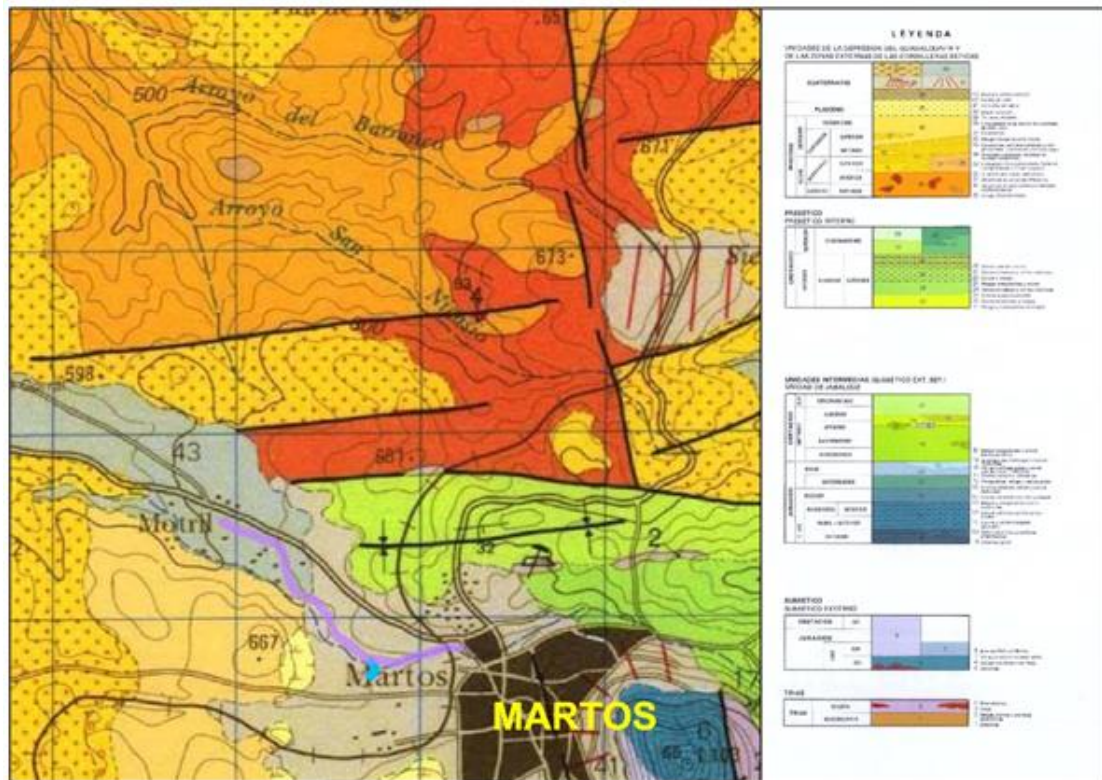


Figura 3.- Mapa Geológico termino de Martos

En la descripción estratigráfica de los materiales cartografiados se han seguido las directrices que marca la hoja geológica utilizada, que se rige por un orden cronoestratigráfico.

3.1. DEPÓSITOS CUATERNARIOS

- D Glacis (Coluvial) (40)

Están escasamente desarrollados, circunscribiéndose a las inmediaciones de Martos.

Corresponden a unos sedimentos conglomeráticos de abundante matriz limo-arcillosa rojiza, cuya superficie suele estar tapizada por delgadas costras calcáreas.

- D Aluvial (43)

Dentro de esta litología se incluyen los materiales depositados por los ríos y arroyos más importantes de la zona. Son materiales que se están produciendo en la actualidad y que se encuentran cubriendo el área de afección de los cauces.

Su litología responde a una matriz areno-arcillosa con gravas calizas y margo-calizas fundamentalmente, aunque localmente aparecen barras fluviales formadas por clastos carbonatados de dimensiones decimétricas.

Estos materiales proceden en su mayoría de las litologías atravesadas por la red fluvial, estando notablemente influenciados por los materiales de procedencia triásica. Su potencia es reducida, superando en muy pocas ocasiones los 5 metros de espesor, debido a que la zona se encuentra en un marco general de levantamiento, como se puede apreciar por el encajamiento de la mayor parte de la red fluvial, lo que provoca que predomine la erosión frente al depósito.

4. GEOMORFOLOGÍA

La zona estudiada se sitúa entre las cotas 648 y 627, coincidiendo éstas con el punto inicial y final del trazado, respectivamente, existiendo un mínimo coincidente con el cruce del arroyo de la Fuente a la cota 622,50 m.

El área estudiada presenta un relieve uniforme, condicionado estrechamente por la naturaleza de los materiales. Se trata de un relieve llano, con formas suaves y alomadas, caracterizado por los materiales cuaternarios indiferenciados (arcillas limosas, coluvial, etc.), intercalándose zonas del Trías Keuper en los escarpes que aparecen, y las arcillas y depósitos asociados a facies aluviales. Aparecen aterrazamientos ligados al arroyo próximo que presentan distintas fases de escalonamiento, determinadas por el encajamiento y su morfología meandriforme.

5. HIDROGEOLOGÍA

5.1. HIDROGEOLOGÍA REGIONAL

El contexto hidrogeológico de Andalucía está clasificado en Áreas Hidrogeológicas que recogen los acuíferos existentes en las diferentes cuencas hidrográficas y zonas de intercuenas del territorio andaluz.

Desde el punto de vista hidrogeológico el área estudiada se sitúa en la Unidad Hidrogeológica de la cuenca del Guadalquivir, no existiendo ningún acuífero de gran importancia bajo la traza de la nueva conducción y situándose en el entorno la conocida como unidad 5.16 Jabalcuz.

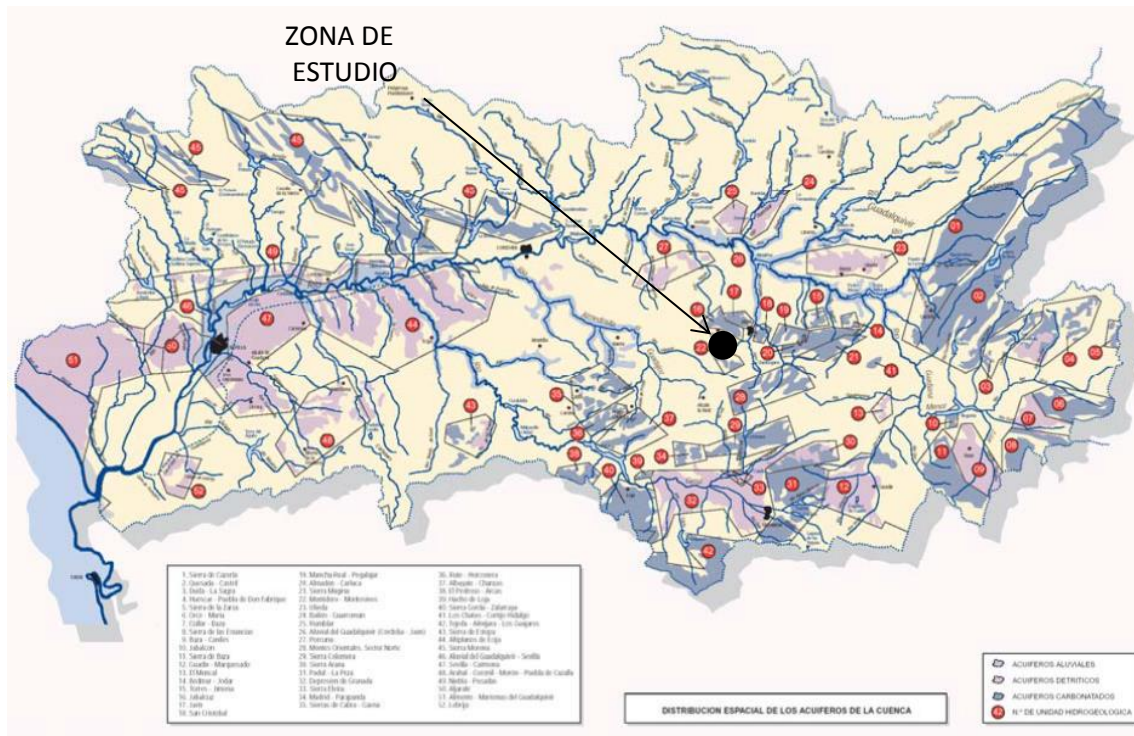


Figura 4.- Mapa de Unidades Hidrogeológicas de Andalucía

5.2. HIDROGEOLOGÍA LOCAL

Tomando como base el Mapa Hidrogeológico de España centrado en la provincia de Jaén (E 1:200.000), los materiales aflorantes en la banda de estudio se incluyen en el grupo de formaciones de muy baja permeabilidad o impermeables margas, margocalizas y areniscas (10) y no llegan a albergar acuíferos de importancia.

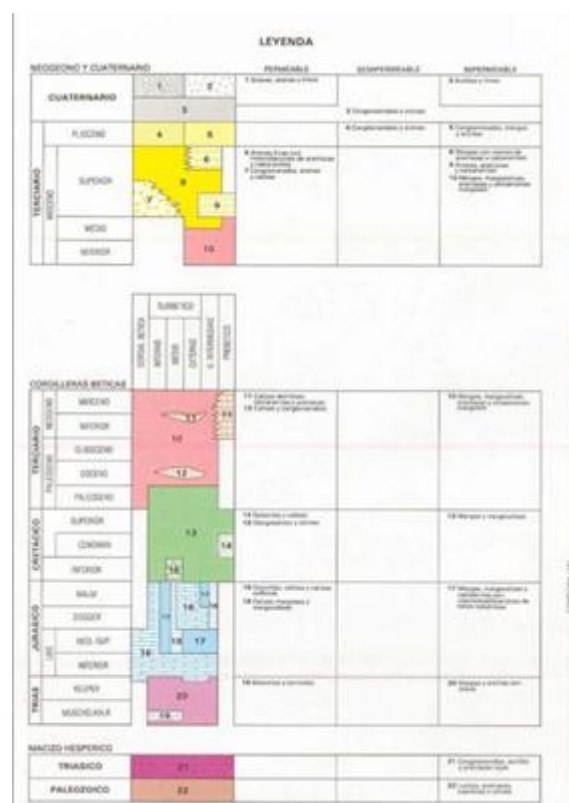
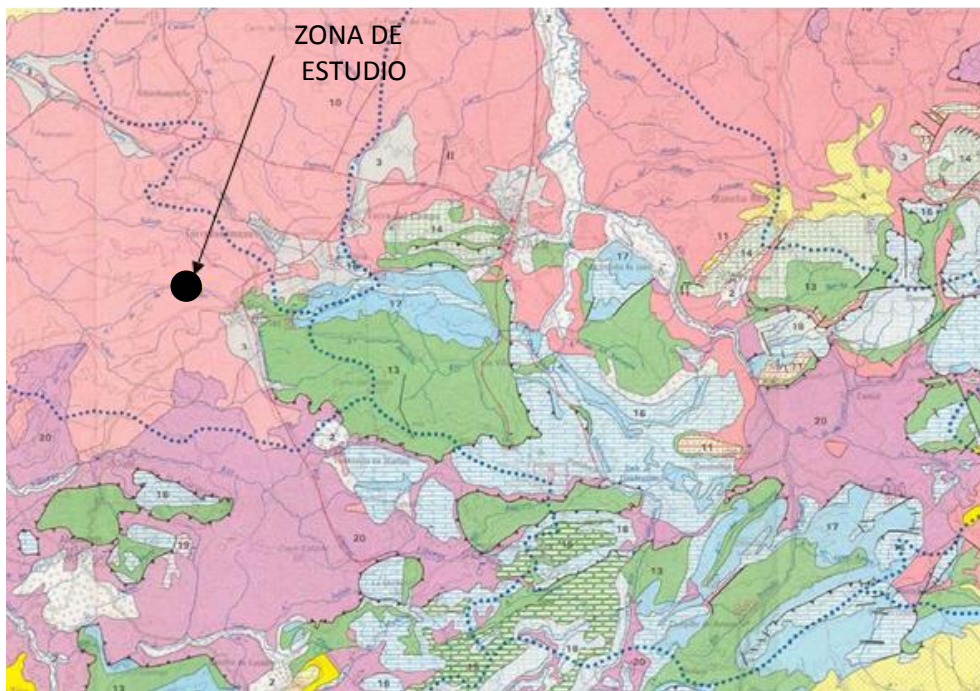


Figura 5.- Mapa Hidrogeológico. Hoja 77 Jaén. Escala original: 1/200.000

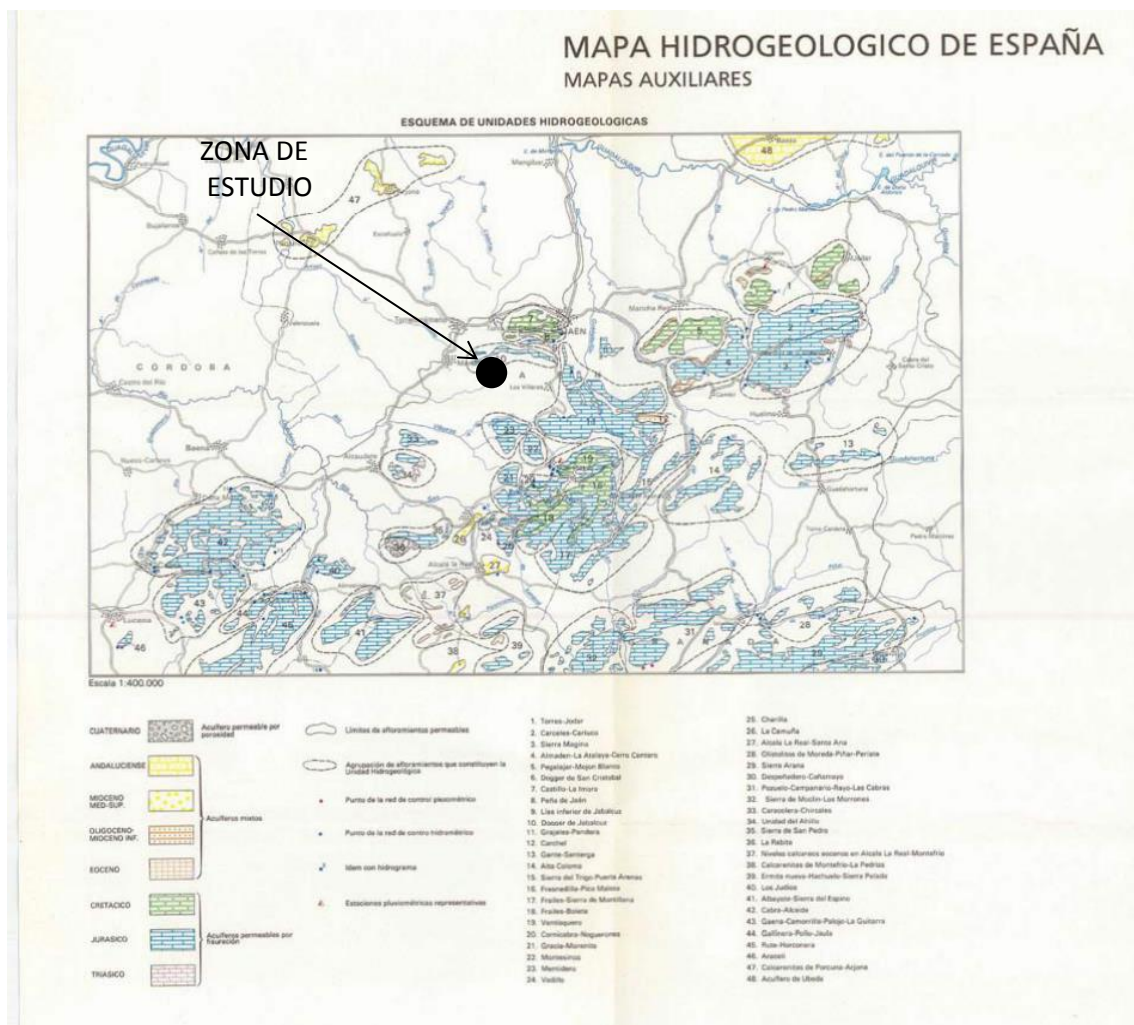


Figura 6.- Mapa Unidades Hidrogeológicas

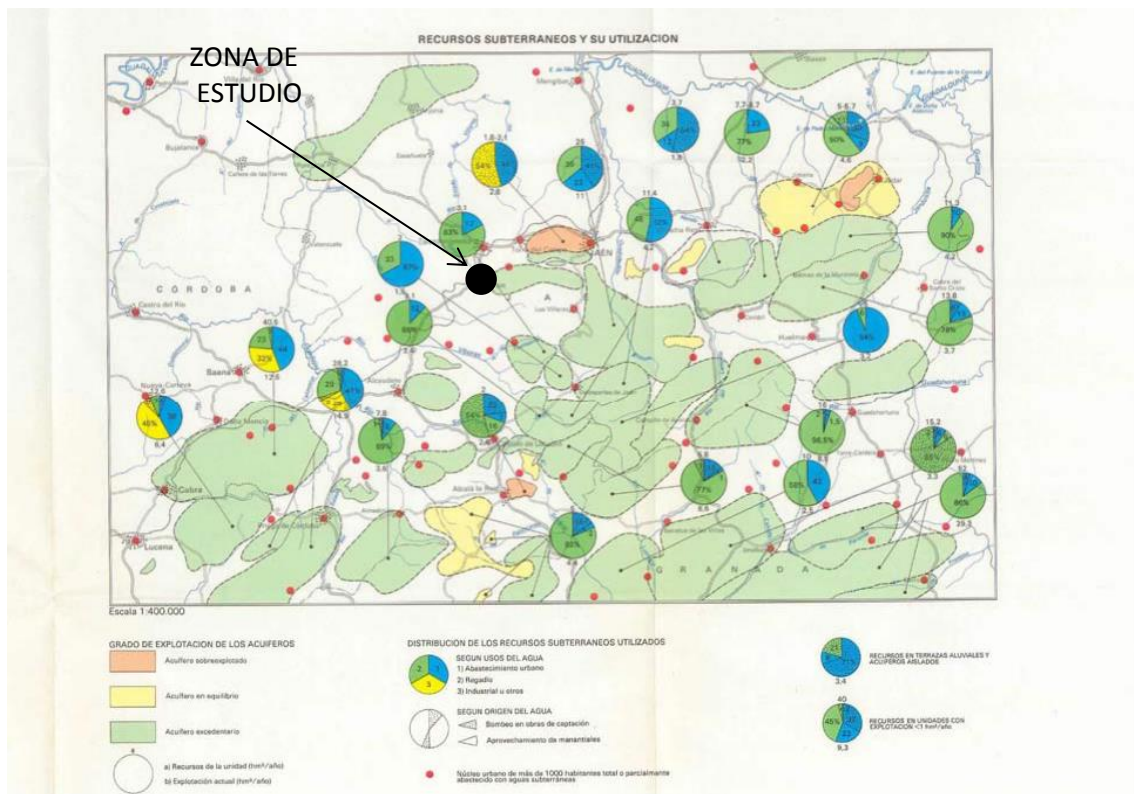


Figura 7.- Recursos Subterráneos

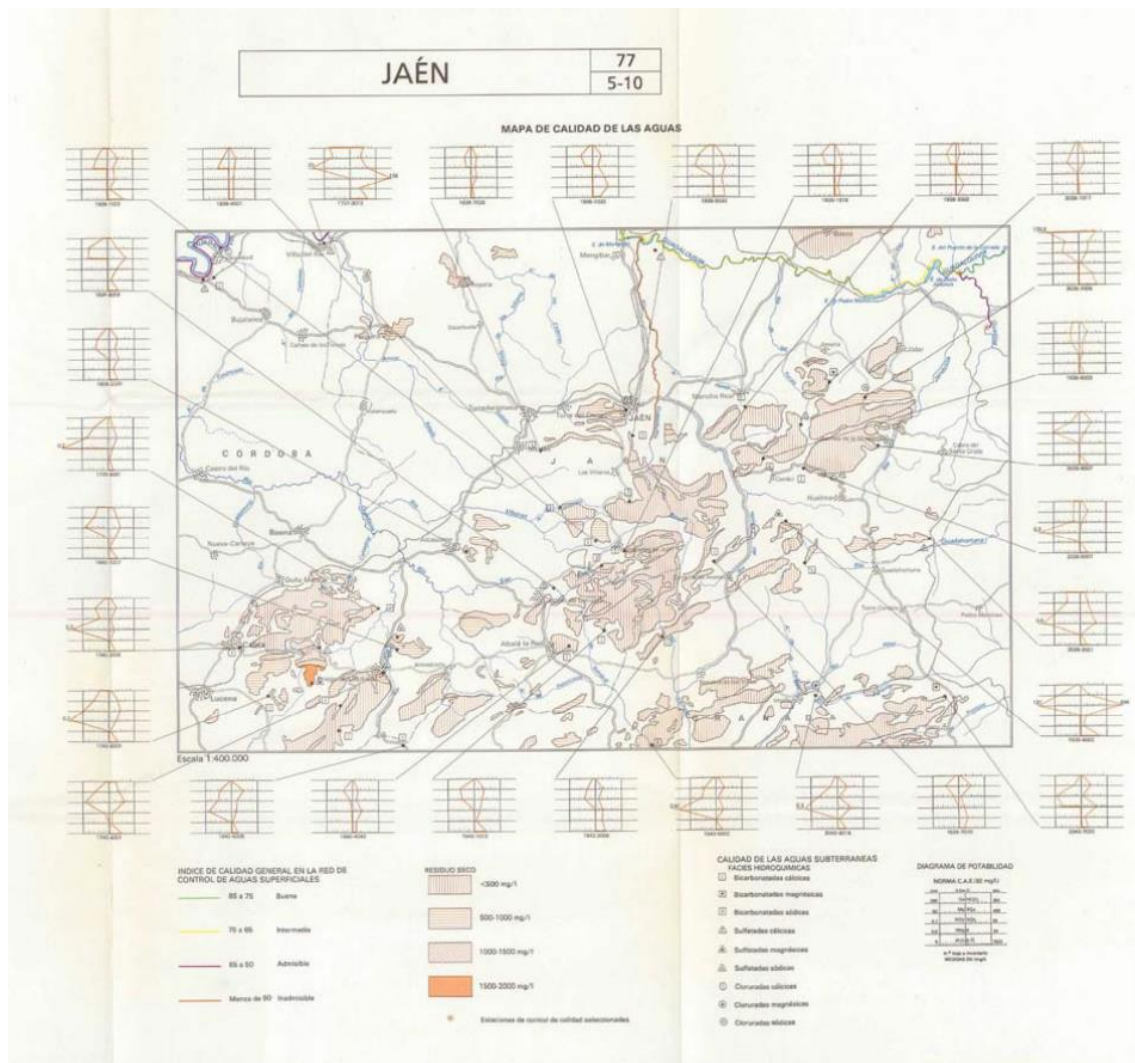


Figura 8.- Recursos Subterráneos

5.3. RED DE DRENAJE

La morfología fluvial del área dominada por el municipio de Martos está condicionada, en unos casos por los materiales margosos-salinos aflorantes y, más concretamente en el área afectada por el presente Proyecto de Construcción, por los relieves situados en el sector suroriental de la Hoja 946 del ITGME.

El único cauce interceptado en el área en estudio, el arroyo de la Fuente, es estrecho y presenta tendencia al encajamiento respecto a su llanura de inundación. En las redes hídricas secundarias se observan fenómenos de erosión remontante, que dan incluso zonas acarcavadas.

6. CARACTERIZACION GEOTECNICA

En la fase actual del proyecto, fase de redacción, no se dispone de resultados de ensayos geotécnicos. Por lo que los parámetros característicos del suelo para el cálculo de las distintas estructuras serán estimados a partir del estudio geológico del apartado 3.1.

Dichos ensayos deberán realizarse antes del comienzo de la ejecución del proyecto para comprobar y definir los parámetros geotécnicos del terreno sobre el que se va a cimentar la obra y zonas aledañas para prevenir posibles colapsos.

La campaña geotécnica y el estudio geotécnico se realizarán en base a **LAS PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA REDACCIÓN DE PROYECTOS DE OBRAS HIDRÁULICAS** emitida por la Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.

6.1. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS REALIZACION ESTUDIO GEOTECNICO

El estudio geotécnico del corredor tiene por finalidad definir la estabilidad general de la zona por donde se ubicará la conducción o las instalaciones proyectadas, la naturaleza de los materiales a excavar, el modo de excavación y utilización de los mismos, los taludes o tipo de contenciones recomendables a adoptar en las zanjas y los pozos, la estabilidad del fondo de las excavaciones, la presencia de agua en las excavaciones y su influencia sobre la estabilidad, las medidas correctoras provisionales o definitivas, la capacidad portante del terreno para soportar los elementos singulares a ejecutar, la forma de realizarlos, sus taludes, los asentamientos que puedan producirse y el tiempo necesario para que se produzcan, los coeficientes de seguridad adoptados, las medidas a tomar para disminuir los asentamientos y/o acelerarlos; todo con la finalidad de construir un cimiento seguro para la ejecución y explotación de las obras. En casos en los que se pueda afectar a otras instalaciones, construcciones o servicios, el estudio geotécnico deberá analizar la afección y proponer las medidas correctoras.

Comprenderá las siguientes fases:

Propuesta a los Organismos Competentes, de la campaña geotécnica a realizar, sobre la base del estudio geológico hasta entonces elaborado por el Consultor del Proyecto y a las características particulares de las obras a proyectar, como complemento o revisión de la estimada por el adjudicatario en su oferta.

Supervisión por el Consultor de Proyecto, de las prospecciones de campo y ensayos de laboratorio.

Informe final. Conclusiones y recomendaciones. Será redactado por el Consultor de Proyecto.

6.2.1. ESTABLECIMIENTO POR EL CONSULTOR DE LA CAMPAÑA GEOTÉCNICA A REALIZAR

La campaña geotécnica estará fundamentada en la investigación sistemática de los terrenos a excavar, su clasificación frente a los medios de excavación y su utilización en la ejecución de rellenos y terraplenes, la definición de las cimentaciones junto al estudio de aquellos puntos del trazado en los que sea previsible la aparición de algún problema particular.

El Concursante deberá especificar y valorar en su oferta la campaña de prospecciones geotécnicas necesaria. Una vez adjudicado el Contrato, el Consultor deberá concretar la campaña geotécnica a realizar, definiendo los sondeos, calicatas, penetrómetros, geofísica, etc. y ensayos necesarios para la realización del Proyecto. Definirá asimismo el plazo de ejecución de acuerdo con la programación contractual y el presupuesto necesario. El Consultor será responsable de la definición, ejecución e interpretación de la campaña geotécnica realizada.

En caso de que sea el propio Consultor el responsable de la contratación y ejecución de la Campaña geotécnica, esperará igualmente a que su propuesta sea aprobada por el Gerente del Proyecto antes de su realización.

En lo que respecta a la calidad de los trabajos realizados, el Consultor habrá de disponer de un técnico que supervise el desarrollo de las prospecciones, el manejo de las cajas, el transporte de muestras, y finalmente la realización de los ensayos. Si por razón de no realizar esta labor se produjese alguna incidencia durante la obra o posteriormente a ella se le demandará la responsabilidad correspondiente.

En relación con la planificación, en caso de producirse retrasos por parte de la empresa designada para la realización de las prospecciones y ensayos, habrá de ser comunicado por el Autor del Proyecto al Gerente del Proyecto, proponiendo la penalización a aplicar, entendiéndose que de no hacerlo así el Consultor no podrá argumentar retraso en su proyecto, cargando con la penalización que por retraso pueda, en su caso, establecerse.

En este sentido, la campaña propuesta deberá proporcionar información suficiente al menos sobre las siguientes características del terreno:

- Estabilidad de paredes y fondo de excavación. Coeficientes de seguridad en taludes.
- Erosionabilidad. Medidas correctoras.
- Presencia de niveles freáticos. Previsible evolución.
- Determinación del modo de excavación. Porcentajes estimados.
- Empleo en rellenos.

- Capacidad portante del cimiento.
- Terrenos de baja capacidad portante.
- Asientos excesivos.

Se dispondrá la campaña de investigación de campo de forma que sirva para el trazado y para el estudio de los problemas geotécnicos de las instalaciones a proyectar.

El Consultor propondrá al Gerente del Proyecto los trabajos geotécnicos que considera adecuado efectuar con su correspondiente justificación, que deberán ser aprobados expresamente por el Gerente del Proyecto. Estos trabajos deben ser los necesarios y suficientes para la adecuada redacción del proyecto.

Las prospecciones geotécnicas de campo recomendables estarán formadas al menos por las siguientes investigaciones:

- Calicatas.
- Ensayos de penetración dinámica.
- Sondeos geofísicos.
- Sondeos mecánicos.

La investigación debe plantearse escalonadamente, de manera que se tenga conocimiento del terreno que vaya de lo general a lo particular.

Por lo tanto se deben hacer prioritariamente aquellas investigaciones, catas y penetraciones dinámicas que son más rápidas de ejecución y permiten tener un primer conocimiento de la naturaleza del terreno, así como contribuir a detectar problemas no previstos.

6.2.2. REALIZACIÓN DE LAS PROSPECCIONES DE CAMPO

En toda la realización de las prospecciones de campo, estará presente un técnico cualificado por parte del Consultor del Proyecto, que verificará la realización de las mismas, siendo el Consultor por tanto responsable de la correcta toma de datos e interpretación de los mismos, independientemente del informe que pueda realizar la empresa ejecutora de las prospecciones.

6.2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de laboratorio a realizar con las muestras alteradas obtenidas serán los adecuados en cada caso a los fines que se persiguen: idoneidad de los materiales para un determinado uso, estabilidad de los taludes, cargas sobre cimentaciones, asientos, etc.

En los ensayos de laboratorio se hará constar, como observaciones al ensayo, cualquier anomalía que se presente durante su ejecución, así como si se han producido circunstancias que hagan el ensayo poco fiable.

Las mediciones de la campaña de ensayos se estimarán en la oferta del Consultor y se concretará durante el desarrollo del proyecto en la medida en que sea necesario para el buen conocimiento geotécnico del terreno.

6.2.4. INFORME FINAL. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Sobre la base de la información geológica, las observaciones de campo y la investigación geotécnica de detalle tanto de campo como de laboratorio, el Consultor del Proyecto redactará un informe final que incluirá al menos los siguientes apartados:

- Exposición de los trabajos realizados.
- Descripción geotécnica de la zona de implantación de las obras.
- Propiedades geotécnicas de los materiales.
- Planos de planta y perfil longitudinal.
- Planos con secciones transversales.

y tendrá, al menos, el siguiente contenido:

Planta y Perfil Geotécnico.

Sobre la base de la información geológica y geotécnica obtenida se realizarán la planta y el perfil geotécnico de la traza o área de implantación de las obras a escalas 1:5.000 y H. 1:5.000 y V. 1:500 respectivamente.

En dichos planos se representarán la rasante de la traza y las obras a realizar, así como la situación de las investigaciones efectuadas; catas, penetraciones dinámicas y sondeos, que se anotarán con su proyección en el eje, su profundidad y la distancia al eje indicando si es a la derecha o a la izquierda de la progresiva.

Al pie del perfil longitudinal se representará una "guitarra" que al menos contendrá:

- Indicación por tramos del espesor de la tierra vegetal.
- Los porcentajes de material inadecuado y adecuado para la ejecución para la ejecución de rellenos, así como si el material es excavable por medios mecánicos o si es necesario el uso de explosivos y su estimación porcentual.
- Asimismo se grafiarán al pie de cada perfil longitudinal las calicatas con indicación simplificada de los materiales encontrados y su clasificación, y los gráficos simplificados de las penetraciones mecánicas.

Se estudiará la estabilidad de taludes de zanjas, las afecciones a propiedades colindantes, presencia del nivel freático, etc., con indicación expresa de los taludes mínimos u otras medidas a adoptar en función de las características geotécnicas de los materiales a excavar.

Cuando sea necesario se definirán medidas especiales de sostenimiento (entibaciones, muros, anclajes, etc.) así como medidas especiales de drenaje en los casos en que sean previsibles afloramientos de agua.

Para cada zanja de profundidad superior a 5 metros, se realizará un plano geológico de detalle a escala 1:1.000 ó 1:2.000.

Para las excavaciones en zanja se obtendrá el coeficiente de seguridad según diversos tipos de rotura y se determinará con cálculos complementarios los refuerzos eventualmente necesarios. Por otra parte se definirán los anchos de bermas y cunetas necesarios para asegurar una buena protección de la obra y su ejecución.

En el caso de zanjas de menor entidad los taludes podrán asimilarse a los de mayor entidad de naturaleza similar ya estudiados, siempre que el coste de tal medida no fuera significativo. En caso contrario requerirán de un estudio específico de estabilidad.

Se preparará un cuadro resumen con indicación por distancias al origen (D.O.) de los taludes recomendados en las zanjas.

Cuando a pesar de la excavación, los terrenos subyacentes sean arcillas expansivas se estudiarán diferentes propuestas de actuaciones proponiendo la más adecuada tanto técnica como económicamente.

Geotecnia de Cimentaciones de Estructuras.

Se indicará la tipología de la estructura, ubicación y el orden de magnitud de la carga que se va a transmitir a cada elemento de cimentación y de los asientos diferenciales que la estructura podrá admitir.

Sobre la base de los datos disponibles se harán recomendaciones sobre:

- Tipo de cimentación.
- Carga admisible sobre el terreno.
- Situación del plano de cimentación.
- Trabajos geotécnicos complementarios, cuya ejecución se recomienda efectuar durante la fase de obra, para confirmación de algún aspecto que no se hubiera podido verificar durante la campaña por determinadas razones (falta de permiso de acceso, inaccesibilidad física, etc.).
- Dimensionamiento y cálculo de la cimentación.
- En las cimentaciones profundas, el tipo de pilote, longitud, forma de ejecución, carga admisible por fuste y punta, rozamiento negativo, efecto de grupo y estudio de asientos en su caso.
- Especificación de calidad de los materiales a emplear en la construcción del cimiento o en los elementos de protección (escolleras, etc.).

Se realizará un cuadro resumen del tipo de cimentación y cargas admisibles en cada una de las estructuras, así como de la cota de cimentación y en su caso la profundidad y diámetro de los pilotes.

De cada estructura se realizará una planta y un perfil geológico - geotécnico a escala adecuada para representar el corte completo en un plano A-3, en el que se representarán la situación de los elementos de cimentación y la de los sondeos, catas, penetraciones dinámicas, tanto en planta como en alzado.

Al pie de cada perfil se anotarán los distintos estratos atravesados, indicando el espesor y características geotécnicas, resistencia y compresibilidad de aquellos que han determinado la cimentación adoptada y las cargas de hundimiento de las penetraciones dinámicas realizadas, destacando los estratos y características básicas correspondientes a aquellos horizontes determinantes para el apoyo de la cimentación, con el fin de que sirvan de herramienta clara y útil a las verificaciones a realizar en obra, durante la fase de excavación o de ejecución de cimientos.

Si la complicación del área de cimentación lo requiriese, se elaborarán tantos perfiles de detalle como fuera necesario, para una exposición clara de las condiciones previstas del terreno, que permitan establecer un adecuado procedimiento de ejecución en obra. Los planos del Proyecto deberán incluir los datos precisos para

definir con exactitud la ubicación, orientación, dimensiones y cotas del plano de la cimentación de todas y cada una de las estructuras proyectadas.

6.2 PARAMETROS CARACTERISTICOS DEL SUELO

Tal y como se ha expuesto en el apartado 3.1 de este anejo, los tipos de suelos predominantes en la zona de influencia de la obra son los siguientes:

- Coluviales. Corresponden a unos sedimentos conglomeráticos de abundante matriz limo-arcillosa rojiza, cuya superficie suele estar tapizada por delgadas costras calcáreas.
- Aluviales. Su litología responde a una matriz areno-arcillosa con gravas calizas y margo-calizas.

Para la determinación de los parámetros geotécnicos necesarios para los posteriores cálculos de las diferentes estructuras del proyecto, emplearemos TABLA DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS COMPACTADOS DEL *BUREAU OF RECLAMATION* de Estados Unidos

Tabla de propiedades mecánicas de los suelos compactados del Bureau of Reclamation

Grupo de clasificación del suelo	Compactación del Proctor		Relación de huecos, eo	Permeabilidad k, cm/seg	Resistencia al corte		
	Densidad máxima de material seco (t/m³) 100 % P.N.	Proporción óptima de agua (%)			C _u (t/m²)	C _{ca} (t/m²)	Ángulo
GWmax				3,87E-02			38,31
GWmed	1,91	< 13,3	(*)	2,61E-02	(*)	(*)	38,31
GWmin				1,35E-02			38,31
GPmax				9,47E-02			36,50
GPmed	1,76	< 12,4	(*)	6,19E-02	(*)	(*)	36,50
GPmin				2,90E-02			36,50
GM	1,83	< 14,5	(*)	> 2,90E-07	(*)	(*)	33,82
GC	1,84	< 14,7	(*)	> 2,90E-07	(*)	(*)	30,96
SWmax	1,99	15,8	0,37 + (*)		4,43		39,01
SWmed	1,91	13,3	0,37	(*)	4,01	(*)	38,31
SWmin	1,83	10,8	0,37 - (*)		3,59		37,60
SPmax	1,79	13,4	0,53		2,95		37,23
SPmed	1,76	12,4	0,5	> 1,45E-05	2,32	(*)	36,50
SPmin	1,73	11,4	0,47		1,69		35,75
SMmax	1,84	14,9	0,5	1,19E-05	5,84	2,74	34,61
SMmed	1,83	14,5	0,48	7,25E-06	5,20	2,04	33,82
SMmin	1,81	14,1	0,46	2,61E-06	4,57	1,34	33,02
SM-SCmax	1,92	13,3	0,43	1,35E-06	7,31	2,04	36,13
SM-SCmed	1,91	12,8	0,41	7,73E-07	5,13	1,48	33,42
SM-SCmin	1,89	12,3	0,39	1,93E-07	2,95	0,91	30,54
SCmax	1,86	15,1	0,49	4,83E-07	9,21	1,76	33,82
SCmed	1,84	14,7	0,48	2,90E-07	7,66	1,12	30,96
SCmin	1,83	14,3	0,47	9,67E-08	6,12	0,49	27,92
MLmax	1,67	19,9	0,65	7,93E-07	7,87	0,91 + (*)	33,42
MLmed	1,65	19,2	0,63	5,70E-07	6,82	0,91	31,80
MLmin	1,63	18,5	0,61	3,48E-07	5,76	0,91 - (*)	30,11
ML-CLmax	1,78	17,5	0,57	1,93E-07	8,36	2,25 + (*)	34,22
ML-CLmed	1,75	16,8	0,54	1,26E-07	6,47	2,25	31,80
ML-CLmin	1,71	16,1	0,51	5,80E-08	4,78	2,25 - (*)	29,25
CLmax	1,75	17,6	0,57	1,06E-07	9,91	1,55	30,11
CLmed	1,73	17,3	0,56	7,73E-08	8,86	1,34	28,37
CLmin	1,71	17	0,55	4,83E-08	7,80	1,12	26,57
OL	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
MHmax	1,38	39,5	1,27	2,51E-07	10,40	2,95	27,47
MHmed	1,31	36,3	1,15	1,55E-07	7,38	2,04	25,17
MHmin	1,25	33,1	1,03	5,80E-08	4,36	1,12	22,78
CHmax	1,54	26,7	0,84	9,67E-08	13,92	1,73	23,75
CHmed	1,51	25,5	0,8	4,83E-08	10,48	1,12	19,29
CHmin	1,47	24,3	0,76	0,00E+00	7,03	0,52	14,57
DH	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)

(*) Datos insuficientes

Fuente: Bureau of Reclamations

Tabla 1.- Tabla de propiedades mecánicas de los suelos compactados del Bureau of Reclamation

Obteniendo así los siguientes valores:

TIPO SUELO	ID	DENSIDAD (t/m³)	Permeabilidad (cm/seg)	Cohesión saturada (t/m²)	Angulo roz. Interno (°)
LIMO-ARCILLOSO	ML-CL	1,75	1,26E-07	2,25	31,8
ARENO-ARCILLOSO	SM	1,83	7,25E-06	2,04	33,82

Tabla 2.- Valores geotécnicos estimados del suelo

Como según el apartado 3.1, el suelo predominante es el suelo del tipo Limo-arcillo, por lo cual los datos que tomaremos para nuestros cálculos serán los de dicho suelo.

Estos datos deberán contrastarse y corroborarse con los valores obtenidos en el estudio geotécnico correspondiente, para que en caso de sufrir variaciones considerables, vuelvan a realizarse los cálculos y comprobaciones estructurales de las diferentes estructuras que se definen en el proyecto.

ANEJO 3

HIDROLOGÍA

1. INTRODUCCION	4
2. ANTECEDENTES.....	4
2.1. PLAN DE PREVENCION CONTRA AVENIDAS E INUNDACIONES EN CAUCES URBANOS ANDALUCES. PROVINCIA: JAEN. MUNICIPIO: MARTOS	5
2.2. ESTUDIO INUNDABILIDAD EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MARTOS	6
2.3. ACLARACIONES AL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD EN EL T.M DE MARTOS (JAÉN) EN RELACION AL ARROYO FUENTE DE LA VILLA	7
3. METODOLOGÍA.....	7
4. DETERMINACION DE LOS CAUDALES DE LAS CUENCAS INTERCEPTADAS..	7
4.1. DELIMITACIÓN DE CUENCAS.....	8
4.2. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS CUENCAS	9
4.3. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO	10
4.3.1. INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN	11
4.3.2. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	18
4.3.3. ÁREA DE LA CUENCA.....	30
4.3.4. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD EN LA DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN.....	31
4.4. CAUDALES OBTENIDOS.....	37
4.5. COMPROBACION CON CAUMAX	38
ANEXO 1 AL ANEJO 3	44
1. SOFTWARE MAXPLU	44
2. METODO MAXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR.....	46
3. ESTUDIO ESTADISTICO A PARTIR DE SERIES DE PRECIPITACIONES DIARIAS.....	51

3.1. DISTRIBUCION GUMBEL.....	53
3.2. DISTRIBUCIÓN SQRT-ET MAX.....	57

1. INTRODUCCION

En el presente anejo se expone la metodología que se ha seguido para la obtención de los caudales de diseño de las distintas actuaciones consideradas en el presente Proyecto de Construcción, para mejorar la protección de la localidad de Martos, frente a las inundaciones producidas por los cauces que confluyen en el casco urbano.

En los siguientes apartados se recogen los trabajos y las conclusiones referentes a la delimitación de las cuencas que quedan interceptadas y a la determinación de los caudales punta asociados que se han de desaguar. Estos caudales servirán de referencia para la determinación de los caudales de diseño de cada obra específica de drenaje.

La obtención de los caudales de diseño se realiza de acuerdo con las prescripciones contenidas en la Instrucción 5.2 – IC Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras del 15 de febrero de 2016. En base a la metodología desarrollada en dicha normativa, se emplea la modificación al Método Racional.

Los puntos en los que se ha decidido realizar el cálculo de caudales han sido los expuestos a continuación junto con su justificación de elección de dichos puntos:

1. Paraje del Sapillo. Comienzo del drenaje existente.
2. Ermita de Santa Lucia. Cambio de ancho de calle, eliminando restricción de dimensiones de estructura de drenaje.
3. Plaza Fuente de la Villa. Punto de aumento notable de la cuenca vertiente.
4. Zona media Avenida Fuente de la Villa. Punto intermedio entre el anterior y el siguiente punto significativo.
5. Comienzo Calle Lope de Vega. Punto de aumento notable de la cuenca vertiente.
6. Travesía Isabel de Solís – Vía Verde. Punto de vertido de la obra de drenaje.

2. ANTECEDENTES

Existen, por parte de las distintas Administraciones Publicas, diversos estudios, informes y planes sobre avenidas e inundaciones, los cuales pueden ser empleados como base y guía para la redacción de diversos apartados de este anejo.

La documentación de la que se dispone sobre distintos estudios realizados en nuestra zona son los siguientes:

- Plan de prevención contra avenidas e inundaciones en cauces urbanos andaluces según DECRETO 54/1998, de 10 de marzo. Junta Andalucía
- Estudio inundabilidad del Arroyo Fuente de la Villa de Martos, encargado por el Ayuntamiento de Martos
- Aclaraciones al estudio de inundabilidad del Arroyo Fuente de la Villa de Martos.

Esta documentación se adjunta al final de este anejo.

2.1. PLAN DE PREVENCIÓN CONTRA AVENIDAS E INUNDACIONES EN CAUCES URBANOS ANDALUCES. PROVINCIA: JAÉN. MUNICIPIO: MARTOS

La Junta de Andalucía abordó en 1997 la elaboración de un estudio para definir el verdadero alcance de la problemática de las inundaciones en la región. Como consecuencia, en 1998 se inicia la redacción del Plan de Prevención de Avenidas e Inundaciones en Cauces Urbanos Andaluces, cuya formulación se dispuso por Decreto 54/1998, de 10 de marzo y finalmente aprobado por Decreto 189/2002, de 2 de julio. El Plan tiene como principal objetivo establecer las medidas necesarias para evitar o minimizar las inundaciones en los núcleos urbanos.

Con el Plan se puso de manifiesto la extensión territorial de las inundaciones y los niveles de riesgo personales y materiales que generan. En Andalucía se inventariaron 1.099 puntos de riesgo por inundaciones distribuidos por todo su territorio, catalogados por niveles de riesgo A, B, C y D (siendo A los puntos de mayor gravedad y D los de menor), alcanzando los niveles A y B un tercio del total de puntos. Respecto a la distribución municipal de los puntos, se detectaron puntos en 428 municipios, lo que supone que el 56% de los municipios andaluces tienen problemas de inundaciones y que afectan al 60% de la población andaluza. A nivel provincial, las más afectadas son las provincias del litoral mediterráneo: Almería, Granada y Málaga.

Además de la identificación de la problemática de las inundaciones, la aportación más relevante del Plan fue la intervención a través del planeamiento urbanístico para aumentar la adaptación de los asentamientos en los cursos fluviales, evitando la ocupación de los cauces y limitando los usos en zonas inundables. El Plan también impulsó la elaboración de estudios hidrológicos-hidráulicos para la delimitación de las zonas inundables.

Para evitar la disgregación de esfuerzos públicos, el Plan no olvidó la necesidad de coordinar sus actuaciones con el desarrollo de la planificación, incidiendo especialmente en la información, formación y participación ciudadanas. Finalmente, como herramienta adicional para disminuir los impactos socioeconómicos de inundación, el Plan apostó por el establecimiento de un modelo de aseguramiento de bienes y propiedades expuestas a las avenidas, y mecanismos de coordinación entre

los organismos responsables de la información hidrológica y meteorológica y los de protección civil.

La información contenida en el Plan fue tomada en cuenta, junto con la cartografía disponible, el análisis de la red hidrográfica, de las características geomorfológicas, los usos del suelo, o el análisis de los registros de inundaciones históricas; en la preparación de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) e identificación de las áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs) en el marco de la preparación de los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación en cumplimiento de la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación aprobados en 2015, por el Real Decreto 21/2016, de 15 de enero, por el que se aprueban los Planes de gestión del riesgo de inundación de las cuencas internas de Andalucía: demarcaciones hidrográficas del Tinto, Odiel y Piedras; Guadalete y Barbate; y Cuencas Mediterráneas Andaluzas.

El estudio realizado en el año 2003 el municipio de Martos se adjunta como anexo 1 a este anejo. En él, se determina que el nivel de riesgo de inundación del Arroyo Fuente de la Villa, y Arroyo Larija. La clasificación de riesgo obtenida es: RIESGO MODERADO.

Expone también que existen deficiencias en el sistema de drenaje existente en el municipio.

2.2. ESTUDIO INUNDABILIDAD EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MARTOS

Este documento responde a un Estudio de Inundabilidad que se redacta como complemento al documento del Plan General de Ordenación Urbanística del Término Municipal de Martos en la provincia de Jaén.

El objetivo del mismo es el de estudiar la llanura de inundación para la avenida extraordinaria de periodo de retorno 500 años de dos arroyos del término municipal de Martos, concretamente:

- Arroyo de la Fuente de la Villa
- Arroyo Larija

El presente documento se realiza por iniciativa de los arquitectos Antonio Estrella Lara y Jacinta Ortiz Miranda, redactores del mencionado Plan General de Ordenación Urbanística.

El tramo del arroyo estudiado se localiza al noroeste del núcleo urbano de Martos. Concretamente se inicia tras el tramo en el que el arroyo discurre embovedado bajo los viales de la zona urbana y finaliza antes del cruce bajo la autovía A-316.

El estudio concluye que no se producirán daños en el sector SUB-S_T4 puesto que la este sector se ubica a cotas superiores a la 623,5 m, cota de lámina de agua para una avenida de periodo de retorno 500 años.

Este estudio realizado en el año 2009 el municipio de Martos se adjunta como anexo 2 a este anejo.

2.3. ACLARACIONES AL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD EN EL T.M DE MARTOS (JAÉN) EN RELACION AL ARROYO FUENTE DE LA VILLA

Este Informe se redactó como complemento al “Estudio de Inundabilidad en el Término Municipal de Martos (Jaén)”, redactado por INGESA en marzo de 2009.

El objetivo del mismo es la justificación de la no afección al sector SUB-S_T4 por el arroyo Fuente de la Villa. Para ello se analizará el comportamiento de la ODT ubicada aguas abajo del tramo de arroyo estudiado y su nula afección al planeamiento previsto.

El presente documento se realiza por iniciativa de la empresa PLANEO representada por los arquitectos Antonio Estrella Lara y Jacinta Ortiz Miranda, redactores del Plan General de Ordenación Urbanística de Martos.

Este estudio realizado en el año 2013 el municipio de Martos se adjunta como anexo 2 a este anejo.

3. METODOLOGÍA

Para la obtención del caudal de diseño en cada una de las cuencas, se ha seguido una serie de etapas a través de las cuales se han ido concretando los condicionantes, criterios y métodos de cálculo que permitirán su determinación.

Inicialmente, se delimitan y determinan las superficies de las cuencas interceptadas por la obra de drenaje, así como sus características físicas principales (pendientes, tiempos de concentración, etc.).

A continuación se estudian las características de infiltración y escorrentía de las diferentes cuencas y, posteriormente, se determinan las precipitaciones máximas probables diarias asociadas a los diversos períodos de retorno considerados. Por último, se realiza la aplicación de las fórmulas de obtención de los caudales punta, a las cuencas interceptadas.

4. DETERMINACION DE LOS CAUDALES DE LAS CUENCAS INTERCEPTADAS

La definición de las cuencas que se ven interceptadas y los estudios que se han llevado a cabo con las mismas para la determinación de los caudales a desaguar se han realizado en sucesivas etapas:

- Delimitación de las cuencas interceptadas por las obras
- Evaluación de las características físicas de las cuencas
- Selección del método de cálculo
- Selección del período de retorno
- Estimación del umbral de escorrentía
- Determinación de la máxima precipitación diaria
- Obtención del coeficiente de escorrentía
- Leyes de intensidad-duración
- Caudales de referencia de cada cuenca

Para cada una de estas etapas se describen en los puntos siguientes, los criterios adoptados para su aplicación, las bases de partida, las herramientas empleadas y las conclusiones.

4.1. DELIMITACIÓN DE CUENCAS

Se han identificado, sobre la cartografía a escala 1/10.000 de la Junta de Andalucía, todos los posibles cursos de agua, así como sus cuencas receptoras. El procedimiento seguido ha consistido en la determinación de vaguadas y puntos bajos en general sobre el eje del trazado proyectado en la cartografía 1/10.000.

Para la identificación de las cuencas y el cálculo de todos los parámetros necesarios para la obtención del caudal se ha empleado el programa ArcGIS y GVSIG. El proceso de identificación de las cuencas y cálculo de los parámetros ha sido el siguiente:

- Creación del modelo digital del terreno (MDT) a partir de la cartografía vectorial a escala 1/10.000 de la Junta de Andalucía
- Creación de la red de drenaje de la topografía introducida
- Selección del punto de desagüe de la red de drenaje
- Cálculo de la cuenca vertiente asociada al punto de desagüe seleccionado.

También se han empleado ambos programas para el cálculo de las diferentes áreas de tipos de suelo para la obtención del Coeficiente de escorrentía, a partir de la observación de las ortofotos disponibles en la web del Instituto de Estadística y Cartografía de la Junta de Andalucía.



Figura 1.- Mapa de cuencas

Se adjunta anexo a este anejo el PLANO DE CUENCAS, a menor escala

4.2. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS CUENCAS

Una vez identificadas y delimitadas cartográficamente cada una de las cuencas representadas, se procede a la determinación de sus parámetros físicos más significativos, que servirán para la determinación de los caudales en las cuencas.

Los parámetros determinados y el método seguido para su obtención han sido los siguientes:

- SUPERFICIE, medida sobre modelo digital del terreno creado a partir de las curvas de nivel de la cartografía digital de la Junta de Andalucía a escala 1/1000 con el programa ArcGIS.
- COTA MÁXIMA medida sobre modelo digital del terreno creado a partir de las curvas de nivel de la cartografía digital de la Junta de Andalucía a escala 1/1000 con el programa ArcGIS.
- COTA MÍNIMA, medida sobre modelo digital del terreno creado a partir de las curvas de nivel de la cartografía digital de la Junta de Andalucía a escala 1/1000 con el programa ArcGIS.

- DESNIVEL, por diferencia entre la cota máxima y mínima.
- LONGITUD, medida sobre modelo digital del terreno creado a partir de las curvas de nivel de la cartografía digital de la Junta de Andalucía a escala 1/1000 con el programa ArcGIS.
- PENDIENTE, por cociente entre el desnivel y la longitud.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
	PARAJE DEL SAPILLO	ERMITA SANTA LUCIA	PLAZA FUENTE DE LA VILLA	AVENIDA FUENTE DE LA VILLA	CALLE LOPE DE VEGA	TRAVESIA ISABEL DE SOLIS	
AREA	3,13	3,67	3,89	4,22	4,33	5,28	Km2
LONGITUD	3,93	4,36	4,66	5,26	5,65	6,04	Km
COTA MAX	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	Mts
COTA MIN	700,00	710,00	700,00	680,00	658,00	640,00	Mts
PENDIENTE	0,14	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	Mts/Mts

Tabla 1.- Tabla resumen características cuencas

4.3. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO

Para las cuencas asociadas a pequeñas obras de drenaje transversal así como para los 4 puntos críticos a estudiar, se emplea la metodología que se describe a continuación. El cálculo de los caudales en los puntos referenciados, se desarrollará en sus apartados correspondientes.

El método de cálculo que se emplea para la obtención de los caudales asociados a las pequeñas obras de drenaje transversal, así como para el dimensionamiento del sistema hidráulico de drenaje, es básicamente el contenido en la Instrucción 5.2-IC: "Drenaje Superficial".

En base a esta Norma, se ha empleado el Método Racional, puesto que el tiempo de concentración mayor de las cuencas es menor de 6 horas. El Método Racional esta modificado respecto al original por la última actualización de la Norma publicada en el Boletín Oficial del Estado con fecha de 15 de febrero de 2016. Las principales modificaciones aplicadas al Método "Hidrometeorológico o Racional", son las siguientes:

- Modificación en el cálculo de la intensidad de precipitación: La intensidad a considerar es la Intensidad Media Diaria multiplicada por un factor de intensidad adimensional

- Modificación en el cálculo del tiempo de concentración, en función del tiempo de concentración correspondiente a la cuenca.
- Modificación en el cálculo del coeficiente de escorrentía, actualizando tabla de usos del suelo y los coeficientes de umbral de escorrentía y fórmula de cálculo.
- Planteamiento forma específica de cálculo de caudales en las cuencas del Levante y Sureste peninsular en el caso de que su superficie sea menor de 50km².

$$Q = \frac{I(T, tc) * C * A * K_t}{3,6} \quad (1)$$

Siendo:

Q (m3/s): Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca.

I(T, tc) (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado

T: para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración tc, de la cuenca.

C: (adimensional) Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.

A: (km2) Área de la cuenca o superficie considerada.

Kt: (adimensional) Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

4.3.1. INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN

La intensidad de precipitación I (T, t) correspondiente a un período de retorno T, y a una duración del aguacero t, a emplear en la estimación de caudales por el método racional, se obtendrá por medio de la siguiente fórmula:

$$I(T, t) = I_d * F_{int} \quad (2)$$

Donde:

I (T, t) (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno T y a una duración del aguacero t.

I_d (mm/h) Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T.

F_{int} (adimensional) Factor de intensidad.

La intensidad de precipitación a considerar en el cálculo del caudal máximo anual para el período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca QT, es la que corresponde a una duración del aguacero igual al tiempo de concentración ($t = t_c$) de dicha cuenca.

3.3.1.1 SELECCIÓN DEL PERIODO DE RETORNO

De acuerdo con lo contenido en la instrucción 5.2-IC y en el Plan Hidrológico del Guadalquivir, se han adoptado como períodos de retorno, los siguientes valores:

- 100 años para obras de drenaje transversal
- 50 años para la protección frente inundaciones en suelo rustico.
- 500 años para la comprobación de los pasos con estructuras sobre los ríos ya arroyos proyectados y protección frente inundaciones en suelo urbano.

Realizaremos los cálculos con los periodos de retorno de 100 y 500 años de acuerdo con los máximos valores de la Instrucción 5.2-IC y el Plan Hidrológico del Guadalquivir, respectivamente.

3.3.1.2 INTENSIDAD MEDIA DIARIA DE PRECIPITACIÓN CORREGIDA

La intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T, se obtiene mediante la fórmula.

$$I_d = \frac{P_d * K_A}{24} \quad (3)$$

Donde:

I_d (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T

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

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

Para la determinación de la precipitación diaria correspondiente al período de retorno T, P_d adoptaremos el mayor valor de los obtenidos a partir de:

- Programa MAXPLUWIN el cual proporciona para cada punto geográfico de la España peninsular el valor medio de la precipitación diaria máxima anual, el del coeficiente de variación y el de la precipitación diaria máxima correspondiente al periodo de retorno solicitado. (MFOM, 2003)
- Serie monográfica Máximas lluvias diarias en la España Peninsular (MFOM, 2003)

- Estudio estadístico de las series de precipitaciones diarias máximas anuales del pluviómetro característico de nuestra zona obtenido por polígonos de Thiessen. El pluviómetro característico es el ubicado en el municipio de Alcaudete a una distancia de 17 Km de nuestra cuenca. La precipitación será obtenida a partir de la función de distribución Gumbel y SQRT ET-max.

En el anexo 1 de este anejo se justifica el cálculo de los valores de Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno correspondiente.

En la siguiente tabla se resumen todos los valores de precipitación obtenidos:

Periodo Retorno	Pd (mm)			
	MAXPLUWIN	Máximas Lluvias	Gumbel	Distribución SQRT-ET max
5 años	53	60	57	49
10 años	63	71	66	57
25 años	77	87	77	68
50 años	89	100	85	77
100 años	100	113	93	86
500 años	143	147	112	109

Tabla 2.- Precipitación Máxima Diaria (mm)

Realizaremos los cálculos de caudal con las siguientes precipitaciones según los periodos de retorno seleccionamos anteriormente:

- $T = 100 \text{ años} \rightarrow Pd = 113 \text{ mm}$

- $T = 500 \text{ años} \rightarrow Pd = 147 \text{ mm}$

3.3.1.3 FACTOR REDUCTOR DE LA PRECIPITACIÓN POR ÁREA DE LA CUENCA

El factor reductor de la precipitación por área de la cuenca K_A , tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda su superficie. Se obtiene a partir de la siguiente formula:

$$\text{Si } A < 1\text{km}^2 \quad K_A = 1 \quad (4)$$

$$\text{Si } A > 1\text{km}^2 \quad K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15} \quad (5)$$

Donde:

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

A (km²): Área de la cuenca.

3.3.1.4 FACTOR DE INTENSIDAD F_{int}

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de:

- La duración del aguacero t .
- El período de retorno T , si se dispone de curvas intensidad – duración - frecuencia (IDF) aceptadas por la Dirección General de Carreteras, en un pluviógrafo situado en el entorno de la zona de estudio que pueda considerarse representativo de su comportamiento.

Se tomará el mayor valor de los obtenidos de entre los que se indican a continuación:

$$F_{Int} = \max (F_a, F_b) \quad (6)$$

Donde:

F_{int} (adimensional) Factor de intensidad.

F_a (adimensional) Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad ($I1/I_d$).

F_b (adimensional) Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

a) Obtención de F_a

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287 t^{0,1}} \quad (7)$$

Donde:

F_a (adimensional): Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad ($I1/I_d$).

$I1/I_d$ (adimensional); Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del mapa de la figura 2.

t (horas): Duración del aguacero.

Para la obtención del factor F_a , se debe particularizar la expresión para un tiempo de duración del aguacero igual al tiempo de concentración ($t = t_c$).

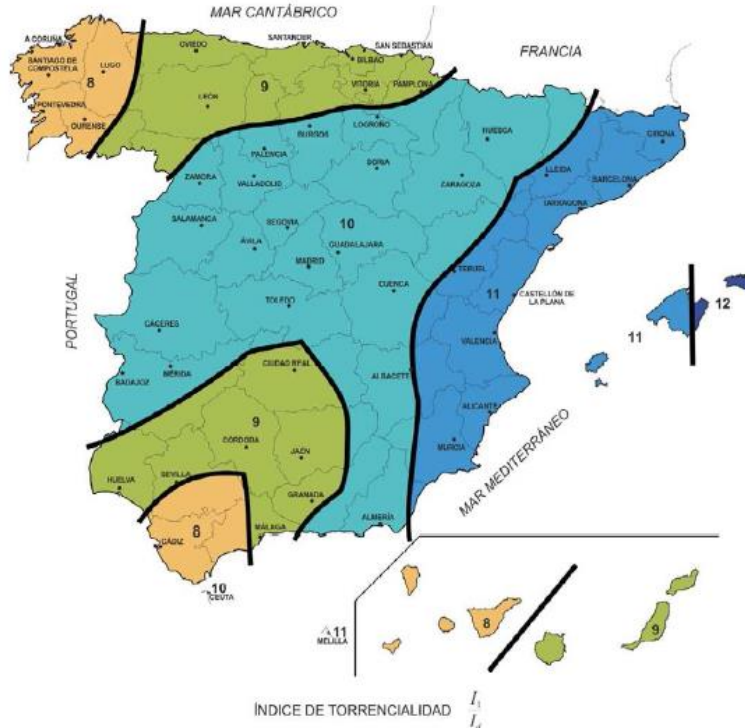


Figura 2.- Mapa del índice de torrencialidad (I_1/I_d)

b) Obtención de F_b

$$F_b = k_b \frac{I_{IDF}(T, t_c)}{I_{IDF}(T, 24)} \quad (8)$$

Donde:

F_b (adimensional) Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

$I_{IDF}(T, t_c)$ (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y al tiempo de concentración t_c , obtenido a través de las curvas IDF del pluviógrafo.

$I_{IDF}(T, 24)$ (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y a un tiempo de aguacero igual a veinticuatro horas ($t = 24$ h), obtenido a través de curvas IDF (figura 2).

k_b (adimensional) Factor que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en un período de veinticuatro horas y la intensidad máxima anual diaria. En defecto de un cálculo específico se puede tomar $k_b = 1,3$

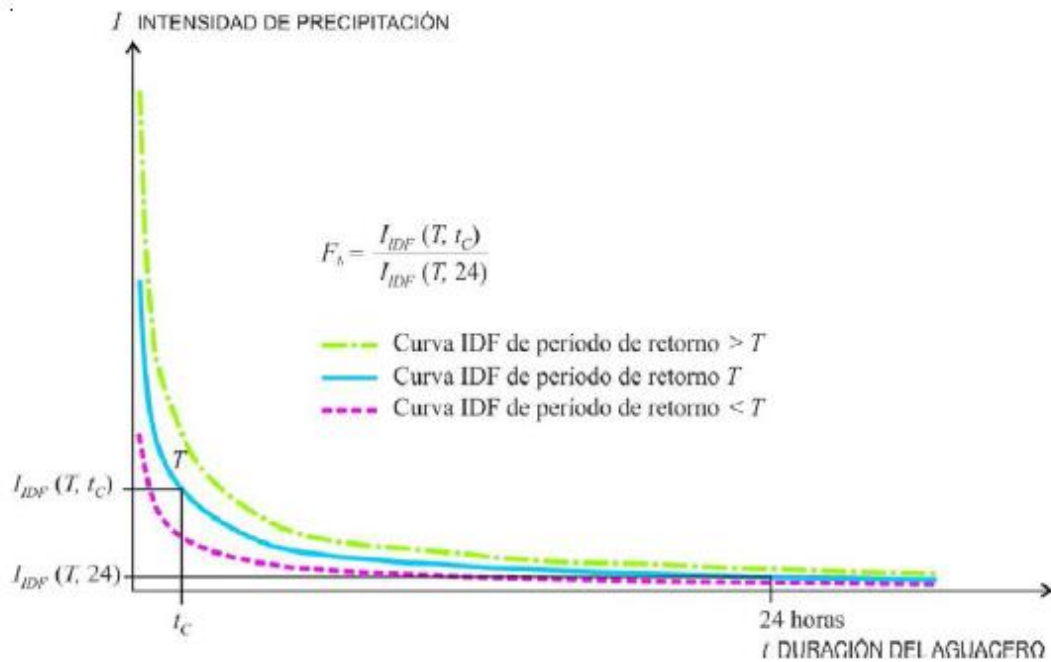


Figura 3.- Obtención del factor F_b

3.3.1.5 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

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

Para cuencas principales:

$$T_c = 0,3 * L_c^{0,76} * J_c^{-0,19} \quad (9)$$

Donde

T_c = Tiempo de concentración, en horas.

L_c = Longitud del cauce, en km.

J_c = Pendiente media del cauce, en m/m.

Obteniendo los siguientes tiempos de concentración para cada cuenca.

	PARAJE DEL SAPILLO	ERMITA SANTA LUCIA	PLAZA FUENTE DE LA VILLA	AVENIDA FUENTE DE LA VILLA	CALLE LOPE DE VEGA	TRAVESIA ISABEL DE SOLIS	
Tc	0,58	0,62	0,64	0,69	0,73	0,76	Hrs

Tabla 3.- Tabla de tiempos de concentración

Como se ha comentado en el apartado 3.3, podemos comprobar que los tiempos de concentración son inferiores a 6 horas, por lo cual puede aplicarse el Método Racional para el cálculo de los caudales de desagüe de todas las cuencas interceptadas por las distintas obras

Con los tiempos de concentración calculados calculamos la intensidad de precipitación

T=100 años							
	PARAJE DEL SAPILLO	ERMITA SANTA LUCIA	PLAZA FUENTE DE LA VILLA	AVENIDA FUENTE DE LA VILLA	CALLE LOPE DE VEGA	TRAVESIA ISABEL DE SOLIS	
Pd	113,00	113,00	113,00	113,00	113,00	113,00	mm
Ka	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,95	
Id	4,55	4,53	4,52	4,51	4,51	4,48	
I1/ID	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	
Fint	12,06	11,71	11,45	11,00	10,72	10,47	
I (T, Tc)	54,89	53,07	51,80	49,63	48,34	46,92	mm/h

Tabla 4.- Tabla cálculo intensidad de precipitación T=100 años

T=500 años							
	PARAJE DEL SAPILLO	ERMITA SANTA LUCIA	PLAZA FUENTE DE LA VILLA	AVENIDA FUENTE DE LA VILLA	CALLE LOPE DE VEGA	TRAVESIA ISABEL DE SOLIS	
Pd	147,00	147,00	147,00	147,00	147,00	147,00	mm
Ka	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,95	
Id	5,92	5,89	5,88	5,87	5,87	5,83	
I1/ID	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	
Fint	12,06	11,71	11,45	11,00	10,72	10,47	
I (T, Tc)	71,40	69,04	67,38	64,56	62,89	61,04	mm/h

Tabla 5.- Tabla cálculo intensidad de precipitación T=500 años

4.3.2. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

3.3.2.1 FÓRMULA DE CÁLCULO

El coeficiente de escorrentía C , define la parte de la precipitación de intensidad I (T, tc) que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca. El coeficiente de escorrentía C , se obtendrá mediante la siguiente formula, representada gráficamente en la figura 4.

$$\text{Si } P_d * K_A > P_0 \quad C = \frac{\left(\frac{P_d * K_A}{P_0} - 1\right) \left(\frac{P_d * K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d * K_A}{P_0} - 11\right)^2} \quad (10)$$

$$\text{Si } P_d * K_A > P_0 \quad C = 0 \quad (11)$$

Donde:

C (adimensional): Coeficiente de escorrentía

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

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

P_0 (mm): Umbral de escorrentía

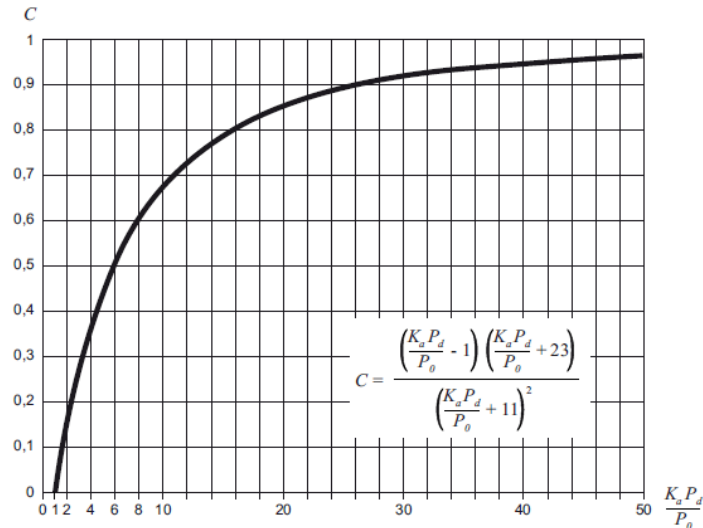


Figura 4.- Determinación del coeficiente de escorrentía

3.3.2.2 UMBRAL DE ESCORRENTÍA

El umbral de escorrentía P_0 , representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$P_0 = P_0^i * \beta \quad (12)$$

Donde:

P_0 (mm) Umbral de escorrentía

P_0^i (mm) Valor inicial del umbral de escorrentía

β (adimensional) Coeficiente corrector del umbral de escorrentía

3.3.2.3 VALOR INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

El valor inicial del umbral de escorrentía P_0^i , se determinará como se refiere a continuación, a partir de:

- Series de datos o mapas publicados por la Dirección General de Carreteras, en los que se obtenga directamente el valor de P_0 i para una determinada localización geográfica. Normalmente, dicho valor en cada punto se obtendrá como promedio en la cuenca vertiente al punto de cálculo de una determinada discretización espacial llevada a cabo sobre el territorio
- Tabla 6

La determinación de los grupos hidrológicos de suelo presentes en la cuenca se debe realizar a partir del mapa de la figura 5. Cuando se disponga de información más detallada, en el proyecto se puede justificar el cambio del grupo hidrológico de suelo en alguna cuenca concreta, según los criterios de la tabla 3.5 y la figura 6.

Cuando se considere oportuno, se pueden diferenciar las proporciones de los distintos tipos y usos del suelo existentes en la cuenca, atribuyendo a cada uno el valor correspondiente de P_0^i que se indica en la tabla 3.5.

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
11100	Tejido urbano continuo			1	1	1	1
11200	Tejido urbano discontinuo			24	14	8	6
11200	Urbanizaciones			24	14	8	6
11210	Estructura urbana abierta			24	14	8	6
11220	Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas			24	14	8	6
12100	Zonas industriales y comerciales			6	4	3	3
12100	Granjas agrícolas			24	14	8	6
12110	Zonas industriales			12	7	5	4
12120	Grandes superficies de equipamiento y servicios			6	4	3	3
12200	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados			1	1	1	1
12210	Autopistas, autovías y terrenos asociados			1	1	1	1
12220	Complejos ferroviarios			12	7	5	4

12300	Zonas portuarias			1	1	1	1
12400	Aeropuertos			24	14	8	6
13100	Zonas de extracción minera			16	9	6	5
13200	Escombreras y vertederos			20	11	8	6
13300	Zonas de construcción			24	14	8	6
14100	Zonas verdes urbanas			53	23	14	10
14200	Instalaciones deportivas y recreativas			79	32	18	13
14210	Campos de golf			79	32	18	13
14220	Resto de instalaciones deportivas y recreativas			53	23	14	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R	•	29	17	10	8
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	N	•	32	19	12	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R/N	< 3	34	21	14	12
21100	Tierras de labor en secano (viveros)			0	0	0	0
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	R	•	23	13	8	6
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	N	•	25	16	11	8
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	R/N	< 3	29	19	14	11
21100	Tierras abandonadas		•	16	10	7	5
21100	Tierras abandonadas		< 3	20	14	11	8
21200	Terrenos regados permanentemente	R	•	37	20	12	9
21200	Terrenos regados permanentemente	N	•	42	23	14	11
21200	Terrenos regados permanentemente	R/N	< 3	47	25	16	13
21210	Cultivos herbáceos en regadío	R	•	37	20	12	9
21210	Cultivos herbáceos en regadío	N	•	42	23	14	11
21210	Cultivos herbáceos en regadío	R/N	< 3	47	25	16	13
21220	Otras zonas de irrigación			0	0	0	0
21300	Arrozales			47	25	16	13
22100	Viñedos		•	62	28	15	10
22100	Viñedos		< 3	75	34	19	14
22110	Viñedos en secano		•	62	28	15	10
22110	Viñedos en secano		< 3	75	34	19	14
22120	Viñedos en regadío		•	62	28	15	10
22120	Viñedos en regadío		< 3	75	34	19	14
22200	Frutales y plantaciones de bayas		•	80	34	19	14
22200	Frutales y plantaciones de bayas		< 3	95	42	22	15
22210	Frutales en secano		•3	62	28	15	10
22210	Frutales en secano		< 3	75	34	19	14
22220	Frutales en regadío		•	80	34	19	14
22220	Frutales en regadío		< 3	95	42	22	15
22221	Cítricos		•	80	34	19	14
22221	Cítricos		< 3	95	42	22	15
22222	Frutales tropicales		•	80	34	19	14
22222	Frutales tropicales		< 3	95	42	22	15
22223	Otros frutales en regadío		•	80	34	19	14
22223	Otros frutales en regadío		< 3	95	42	22	15
22300	Olivares		•	62	28	15	10
22300	Olivares		< 3	75	34	19	14
22310	Olivares en secano		•	62	28	15	10
22310	Olivares en secano		< 3	75	34	19	14
22320	Olivares en regadío		•	62	28	15	10
22320	Olivares en regadío		< 3	75	34	19	14
23100	Prados y praderas		•	70	33	18	13

23100	Prados y praderas		< 3	120	55	22	14
23100	Pastos en tierras abandonadas		•	24	14	8	6
23100	Pastos en tierras abandonadas		< 3	58	25	12	7
23100	Prados arbolados		•	70	33	18	13
23100	Prados arbolados		< 3	120	55	22	14
24110	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano		• 3	39	20	12	8
24110	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano		< 3	66	29	15	10
24120	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío		• 3	75	33	18	14
24120	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío		< 3	106	48	22	15
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	R	•3	26	15	9	6
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	N	•3	28	17	11	8
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	R/N	< 3	30	19	13	10
24212	Mosaico de cultivos permanentes en secano		•	62	28	15	10
24212	Mosaico de cultivos permanentes en secano		< 3	75	34	19	14
24213	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano		• 3	39	20	12	8
24213	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano		< 3	66	29	15	10
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	R	•3	37	20	12	9
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	N	•3	42	23	14	11
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	R/N	< 3	47	25	16	13
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadío		•	80	34	19	14
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadío		< 3	95	42	22	15
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío		• 3	75	33	18	14
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío		< 3	106	48	22	15
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	R	•	31	17	10	8
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	N	•	34	20	13	10
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	R/N	< 3	37	22	14	11
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R	•3	26	15	9	6
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	N	•3	28	17	11	8
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R/N	< 3	30	19	13	10
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R	•3	37	20	12	9
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	N	•3	42	23	14	11
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R/N	< 3	47	25	16	13
24330	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		• 3	70	33	18	13
24330	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		< 3	120	55	22	14

24400	Sistemas agroforestales		•3	53	23	14	9
24400	Sistemas agroforestales		< 3	80	35	17	10
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adehesado		• 3	53	23	14	9
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adehesado		< 3	80	35	17	10
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adehesado		•	53	23	14	9
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adehesado		< 3	80	35	17	10
31100	Frondosas			90	47	31	23
31110	Perennifolias			90	47	31	23
31120	Caducifolias y marcescentes			90	47	31	23
31130	Otras frondosas de plantación		•	79	34	19	14
31130	Otras frondosas de plantación		< 3	94	42	22	15
31140	Mezclas de frondosas			90	47	31	23
31150	Bosques de ribera			76	34	22	16
31160	Laurisilva macaronésica			90	47	31	23
31200	Bosques de coníferas			90	47	31	23
31210	Bosques de coníferas de hojas aciculares			90	47	31	23
31220	Bosques de coníferas de hojas tipo cupresáceo			90	47	31	23
31300	Bosque mixto			90	47	31	23
32100	Pastizales naturales		•	53	23	14	9
32100	Pastizales naturales		< 3	80	35	17	10
32100	Prados alpinos		•	70	33	18	13
32100	Prados alpinos		< 3	120	55	22	14
32100	Formaciones herbáceas de llanuras aluviales inundadas y llanuras costeras, tierras bajas		• 3	70	33	18	13
32100	Formaciones herbáceas de llanuras aluviales inundadas y llanuras costeras, tierras bajas		< 3	120	55	22	14
32110	Pastizales supraforestales		•	70	33	18	13
32110	Pastizales supraforestales		< 3	120	55	22	14
32111	Pastizales supraforestales templado-oceánicos, pirenaicos y orocantábricos		• 3	70	33	18	13
32111	Pastizales supraforestales templado-oceánicos, pirenaicos y orocantábricos		< 3	120	55	22	14
32112	Pastizales supraforestales mediterráneos		•	24	14	8	6
32112	Pastizales supraforestales mediterráneos		< 3	57	25	12	7
32121	Otros pastizales templado oceánicos		•	53	23	14	9
32121	Otros pastizales templado oceánicos		< 3	79	35	17	10
32122	Otros pastizales mediterráneos		•	24	14	8	6
32122	Otros pastizales mediterráneos		< 3	57	25	12	7
32200	Landas y matorrales mesófilas			76	34	22	16
32210	Landas y matorrales en climas húmedos. Vegetación mesófila			76	34	22	16
32220	Fayal-breza macaronésico			60	24	14	10
32300	Vegetación esclerófila			60	24	14	10
32311	Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso			75	34	22	16
32312	Matorrales subarbusivos o arbustivos muy poco densos			60	24	14	10
32320	Matorrales xerófilos macaronésicos			40	17	8	5
32400	Matorral boscoso de transición			75	34	22	16
32400	Claros de bosques			40	17	8	5
32400	Zonas empantanadas fijas o en transición			60	24	14	10
32410	Matorral boscoso de frondosas			75	34	22	16

32420	Matorral boscoso de coníferas			75	34	22	16
32430	Matorral boscoso de bosque mixto			75	34	22	16
33110	Playas y dunas			152	152	152	152
33120	Ramblas con poca o sin vegetación			15	8	6	4
33200	Roquedo			2	2	2	2
33210	Rocas desnudas con fuerte pendiente			2	2	2	2
33220	Afloramientos rocosos y canchales		•	2	2	2	2
33220	Afloramientos rocosos y canchales		< 3	4	4	4	4
33230	Coladas lávicas cuaternarias		•	3	3	3	3
33230	Coladas lávicas cuaternarias		< 3	5	5	5	5
33300	Espacios con vegetación escasa		•	24	14	8	6
33300	Espacios con vegetación escasa		< 3	58	25	12	7
33310	Xeroestepa subdesértica		•	24	14	8	6
33310	Xeroestepa subdesértica		< 3	58	25	12	7
33320	Cárcavas y/o zonas en proceso de erosión			15	8	6	4
33330	Espacios orófilos altitudinales con vegetación es- casa		• 3	24	14	8	6
33330	Espacios orófilos altitudinales con vegetación es- casa		< 3	58	25	12	7
33400	Zonas quemadas			15	8	6	4
33500	Glaciares y nieves permanentes			0	0	0	0
41100	Humedales y zonas pantanosas			2	2	2	2
41200	Turberas y prados turbosos			248	99	25	16
42100	Marismas			2	2	2	2
42200	Salinas			5	5	5	5
42300	Zonas llanas intermareales			0	0	0	0
51100	Cursos de agua			0	0	0	0
51110	Ríos y cauces naturales			0	0	0	0
51120	Canales artificiales			0	0	0	0
51210	Lagos y lagunas			0	0	0	0
51210	Lagos y lagunas (almacenamiento de agua)			0	0	0	0
51120	Embalses			0	0	0	0
51120	Embalses (almacenamiento de agua)			0	0	0	0
52100	Lagunas costeras			0	0	0	0
52200	Estuarios			0	0	0	0
52300	Mares y océanos			0	0	0	0

Notas:

La codificación de los tipos del suelo corresponde al proyecto europeo Corine Land Cover 2000

N: Denota cultivo según las curvas de nivel.

R: Denota cultivo según la línea de máxima pendiente.

Tabla 6.- Valor inicial del umbral de esorrentía

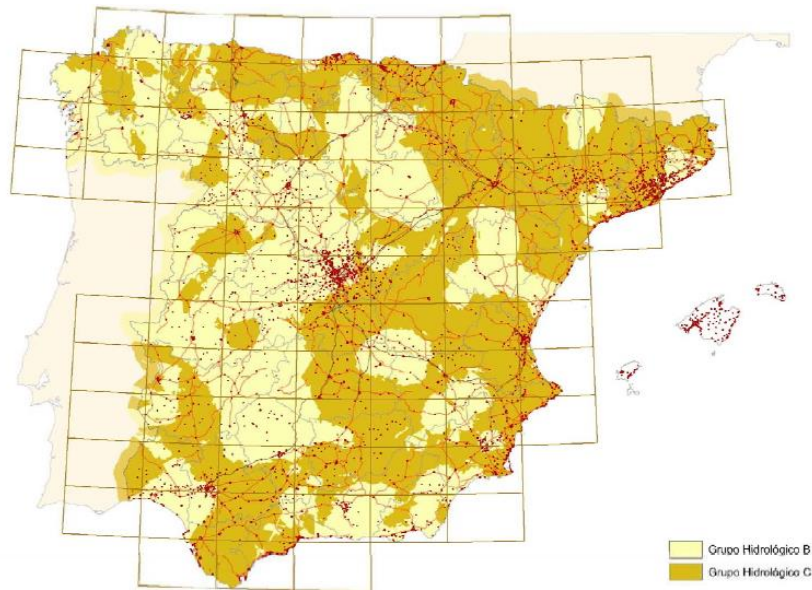


Figura 5.- Mapa de grupos hidrológicos de suelo

Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el Grupo D.

Tabla 5.- Grupos hidrológicos de suelo a efectos de la determinación del valor inicial del umbral de esorrentía P_0^i

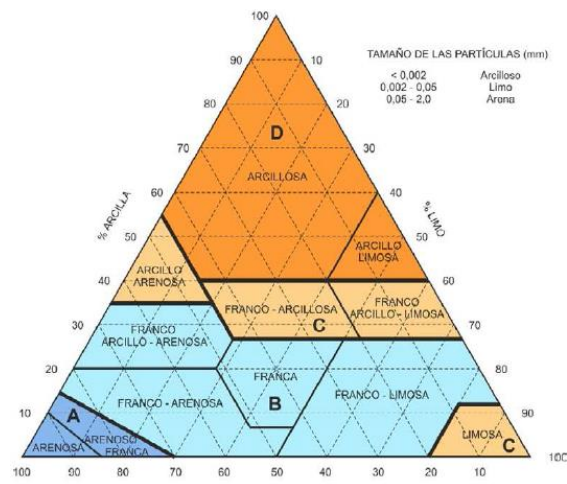


Figura 6.- Diagrama triangular para determinación de la textura en materiales tipo suelo

3.3.2.4 COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

La formulación del método racional efectuada en los epígrafes precedentes requiere una calibración con datos reales de las cuencas, que se introduce en el método a través de un coeficiente corrector del umbral de escorrentía β .

Se pueden distinguir los siguientes casos, en función de los datos disponibles:

- Cuando se disponga de una calibración específica para una cuenca concreta, el valor del coeficiente corrector a aplicar es, directamente, el obtenido en ella.
- Cuando se disponga de datos sobre caudales suficientemente representativos para una cuenca concreta o cuencas próximas similares, se debe efectuar una calibración por comparación entre datos reales y resultados del método racional, de tal forma que los caudales correspondientes a distintos períodos de retorno obtenidos a partir del análisis estadístico de los datos de caudal, coincidan sensiblemente con los obtenidos mediante la aplicación del método.
- Cuando no se disponga de información suficiente en la propia cuenca de cálculo o en cuencas próximas similares, para llevar a cabo la calibración, se puede tomar el valor del coeficiente corrector a partir de los datos de la tabla 3.6, correspondientes a las regiones de la figura 7.

En este último caso, se debe proceder como se indica a continuación:

- En las cuencas del Levante y Sureste peninsular se debe estar a lo especificado en el apartado 2.3.
- En el resto de las cuencas se debe proceder como sigue, atendiendo al tipo de obra de que en cada caso se trate:
 - Drenaje transversal de vías de servicio, ramales, caminos, accesos a instalaciones y edificaciones auxiliares de la carretera y otros elementos anejos (siempre que el funcionamiento hidráulico de estas obras no afecte a la carretera principal) y drenaje de plataforma y márgenes: Se debe aplicar el producto del valor medio de la región del coeficiente corrector del umbral de escorrentía por un factor dependiente del período de retorno T , considerado para el caudal de proyecto en el elemento de que en cada caso se trate:

$$\beta^{PM} = \beta_m * F_T \quad (13)$$

- Drenaje transversal de la carretera (puentes y obras de drenaje transversal): producto del valor medio de la región del coeficiente corrector del umbral de escorrentía corregido por el valor correspondiente al intervalo de confianza del cincuenta por ciento, por

un factor dependiente del período de retorno T considerado para el caudal de proyecto, es decir:

$$\beta^{DT} = (\beta_m - \Delta_{50}) * F_T \quad (13)$$

Donde:

β^{PM} (adimensional) Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje de plataforma y márgenes, o drenaje transversal de vías auxiliares

β^{DT} (adimensional) Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje transversal de la carretera

β_m (adimensional) Valor medio en la región, del coeficiente corrector del umbral de escorrentía (tabla 3.6)

F_T (adimensional) Factor función del período de retorno T (tabla 3.6)

Δ_{50} (adimensional) Desviación respecto al valor medio: intervalo de confianza correspondiente al cincuenta por ciento (50 %)



Figura 7.- Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía

Región	Valor medio, $\bar{u}_m$	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período de retorno T (años), T				
		50% 50	67% 67	90% 90	2	5	25	100	500
11	0,90	0,20	0,30	0,50	0,80	0,90	1,13	1,34	1,59
12	0,95	0,20	0,25	0,45	0,75	0,90	1,14	1,33	1,56
13	0,60	0,15	0,25	0,40	0,74	0,90	1,15	1,34	1,55
21	1,20	0,20	0,35	0,55	0,74	0,88	1,18	1,47	1,90
22	1,50	0,15	0,20	0,35	0,74	0,90	1,12	1,27	1,37
23	0,70	0,20	0,35	0,55	0,77	0,89	1,15	1,44	1,82
24	1,10	0,15	0,20	0,35	0,76	0,90	1,14	1,36	1,63
25	0,60	0,15	0,20	0,35	0,82	0,92	1,12	1,29	1,48
31	0,90	0,20	0,30	0,50	0,87	0,93	1,10	1,26	1,45
32	1,00	0,20	0,30	0,50	0,82	0,91	1,12	1,31	1,54
33	2,15	0,25	0,40	0,65	0,70	0,88	1,15	1,38	1,62
41	1,20	0,20	0,25	0,45	0,91	0,96	1,00	1,00	1,00
42	2,25	0,20	0,35	0,55	0,67	0,86	1,18	1,46	1,78
511	2,15	0,10	0,15	0,20	0,81	0,91	1,12	1,30	1,50
512	0,70	0,20	0,30	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
52	0,95	0,20	0,25	0,45	0,89	0,94	1,09	1,22	1,36
53	2,10	0,25	0,35	0,60	0,68	0,87	1,16	1,38	1,56
61	2,00	0,25	0,35	0,60	0,77	0,91	1,10	1,18	1,17
71	1,20	0,15	0,20	0,35	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
72	2,10	0,30	0,45	0,70	0,67	0,86	1,00	-	-
81	1,30	0,25	0,35	0,60	0,76	0,90	1,14	1,34	1,58
821	1,30	0,35	0,50	0,85	0,82	0,91	1,07	-	-
822	2,40	0,25	0,35	0,60	0,70	0,86	1,16	-	-
83	2,30	0,15	0,25	0,40	0,63	0,85	1,21	1,51	1,85
91	0,85	0,15	0,25	0,40	0,72	0,88	1,19	1,52	1,95
92	1,45	0,30	0,40	0,70	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
93	1,70	0,20	0,25	0,45	0,77	0,92	1,00	1,00	1,00
941	1,80	0,15	0,20	0,35	0,68	0,87	1,17	1,39	1,64
942	1,20	0,15	0,25	0,40	0,77	0,91	1,11	1,24	1,32
951	1,70	0,30	0,40	0,70	0,72	0,88	1,17	1,43	1,78
952	0,85	0,15	0,25	0,40	0,77	0,90	1,13	1,32	1,54
101	1,75	0,30	0,40	0,70	0,76	0,90	1,12	1,27	1,39
1021	1,45	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00
1022	2,05	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00
En Ceuta y Melilla se adoptarán valores similares a los de la región 61. Pueden obtenerse valores intermedios por interpolación adecuada a partir de los datos de esta tabla En todos los casos $F_{10}=1,00$									

Tabla 7.- Coeficiente corrector del umbral de escorrentía: Valores correspondientes a calibraciones regionales

A continuación se desarrollan los distintos coeficientes de escorrentía:

COEFICIENTE ESCORRENTIA CUENCA PARAJE DEL SAPILLO				
USOS SUELO	GRUPO SUELO	Poi	Po	C
MATORRAL SUBARBUSTICOS MUY POCO DENSOS	D	10	28,86	0,43
TIERRAS LABOR EN SECANO	D	11	31,75	0,40
OLIVAR >3%	D	10	28,86	0,43
ROCA DESNUDA CON FUERTE PENDIENTE		2	5,77	0,89
TEJIDO URBANO CONTINUO		1	2,89	0,96

Tabla 8.- Coeficientes escorrentía cuenca Paraje del Sapillo

COEFICIENTE ESCORRENTIA CUENCA ERMITA SANTA LUCIA				
USOS SUELO	GRUPO SUELO	Poi	Po	C
MATORRAL SUBARBUSTICOS MUY POCO DENSOS	D	10	28,86	0,43
TIERRAS LABOR EN SECANO	D	11	31,75	0,40
OLIVAR >3%	D	10	28,86	0,43
ROCA DESNUDA CON FUERTE PENDIENTE		2	5,77	0,89
TEJIDO URBANO CONTINUO		1	2,89	0,96

Tabla 9.- Coeficientes escorrentía cuenca Ermita Santa Lucia

COEFICIENTE ESCORRENTIA CUENCA PLAZA FUENTE DE LA VILLA				
USOS SUELO	GRUPO SUELO	Poi	Po	C
MATORRAL SUBARBUSTICOS MUY POCO DENSOS	D	10	28,86	0,43
TIERRAS LABOR EN SECANO	D	11	31,75	0,40
OLIVAR >3%	D	10	28,86	0,43
ROCA DESNUDA CON FUERTE PENDIENTE		2	5,77	0,89
TEJIDO URBANO CONTINUO		1	2,89	0,96

Tabla 10.- Coeficientes escorrentía cuenca Plaza Fuente de la Villa

COEFICIENTE ESCORRENTIA CUENCA AVENIDA FUENTE DE LA VILLA				
USOS SUELO	GRUPO SUELO	Poi	Po	C
MATORRAL SUBARBUSTICOS MUY POCO DENSOS	D	10	28,86	0,43
TIERRAS LABOR EN SECANO	D	11	31,75	0,40
OLIVAR >3%	D	10	28,86	0,43
ROCA DESNUDA CON FUERTE PENDIENTE		2	5,77	0,89
TEJIDO URBANO CONTINUO		1	2,89	0,96

Tabla 11.- Coeficientes escorrentía cuenca Avenida Fuente de la Villa

COEFICIENTE ESCORRENTIA CUENCA CALLE LOPE DE VEGA				
USOS SUELO	GRUPO SUELO	Poi	Po	C
MATORRAL SUBARBUSTICOS MUY POCO DENSOS	D	10	28,86	0,43
TIERRAS LABOR EN SECANO	D	11	31,75	0,40
OLIVAR >3%	D	10	28,86	0,43
ROCA DESNUDA CON FUERTE PENDIENTE		2	5,77	0,89
TEJIDO URBANO CONTINUO		1	2,89	0,96

Tabla 12.- Coeficientes escorrentía cuenca Calle Lope de Vega

COEFICIENTE ESCORRENTIA CUENCA TRAVESIA ISABEL SOLIS T=500				
USOS SUELO	GRUPO SUELO	Poi	Po	C
MATORRAL SUBARBUSTICOS MUY POCO DENSOS	D	10	28,86	0,43
TIERRAS LABOR EN SECANO	D	11	31,75	0,39
OLIVAR >3%	D	10	28,86	0,43
ROCA DESNUDA CON FUERTE PENDIENTE		2	5,77	0,88
TEJIDO URBANO CONTINUO		1	2,89	0,96

Tabla 13.- Coeficientes escorrentía cuenca Travesía Isabel Solís

4.3.3. ÁREA DE LA CUENCA

A los efectos de esta norma se considera como área de la cuenca A, la superficie medida en proyección horizontal (planta) que drena al punto de desagüe.

El método de cálculo expuesto en los apartados anteriores supone unos valores únicos de la intensidad de precipitación y del coeficiente de escorrentía para toda la cuenca, correspondientes a sus valores medios. Esta hipótesis sólo es aceptable en cuencas que sean suficientemente homogéneas, tanto respecto de la variación espacial de la precipitación como del coeficiente de escorrentía.

El caso más general, de cuencas heterogéneas, se debe resolver mediante su división en áreas parciales de superficie A_i , que puedan considerarse homogéneas respecto a los factores señalados, cuyos coeficientes de escorrentía C_i , e intensidades de precipitación $I(T, t_c)_i$ se calculan por separado. El caudal de proyecto se determinará sustituyendo en la fórmula general de cálculo (formula [1]) el producto de los tres factores por la correspondiente sumatoria de productos relativa a cada una de las áreas parciales, es decir:

$$Q_T = \frac{K_t}{3,6} * \sum_i [I(T, t_c) * C_i * A_i] \quad (14)$$

4.3.4. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD EN LA DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN

El coeficiente K_t tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación. Se obtendrá a través de la siguiente expresión:

$$K_T = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14} \quad (15)$$

Donde:

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

t_c (horas): Tiempo de concentración de la cuenca.

COEFICIENTE ESCORRENTIA PARAJE DEL SAPILLO T=100 años						
USOS SUELO	AREA (KM2)	GRUPO SUELO	Poi	Po	C	C*A
MATORRAL SUBARBUSTICOS MUY POCO DENSOS	0,65	D	10	25,53	0,48	0,31
TIERRAS LABOR EN SECAÑO	1,18	D	11	28,08	0,44	0,52
OLIVAR >3%	1,16	D	10	25,53	0,48	0,55
ROCA DESNUDA CON FUERTE PENDIENTE	0,14		2	5,11	0,90	0,13
TEJIDO URBANO CONTINUO	0		1	2,55	0,97	0,00
SUMATORIO C*A						1,51

CODIGO REGION	53,00
B _m	2,10
Δ50	0,25
FT 100	1,38

β ^{DT}	2,55
-----------------	------

K _T	1,04
----------------	------

Tabla 14.- Calculo coeficiente escorrentía Cuenca Paraje del Sapillo T=100 años

COEFICIENTE ESCORRENTIA PARAJE DEL SAPILO T=500 años						
USOS SUELO	AREA (KM2)	GRUPO SUELO	Poi	Po	C	C*A
MATORRAL SUBARBUSTICOS MUY POCO DENSOS	0,65	D	10	28,86	0,43	0,28
TIERRAS LABOR EN SECANO	1,18	D	11	31,75	0,40	0,47
OLIVAR >3%	1,16	D	10	28,86	0,43	0,50
ROCA DESNUDA CON FUERTE PENDIENTE	0,14		2	5,77	0,89	0,12
TEJIDO URBANO CONTINUO	0		1	2,89	0,96	0,00
SUMATORIO C*A						1,38

CODIGO REGION	53,00
B _m	2,10
Δ50	0,25
FT 500	1,56

β ^{DT}	2,89
-----------------	------

K _T	1,04
----------------	------

Tabla 15.- Calculo coeficiente escorrentía Cuenca Paraje del Sapillo T=500 años

COEFICIENTE ESCORRENTIA ERMITA SANTA LUCIA T=100 años						
USOS SUELO	AREA (KM2)	GRUPO SUELO	Poi	Po	C	C*A
MATORRAL SUBARBUSTICOS MUY POCO DENSOS	0,65	D	10	25,53	0,47	0,31
TIERRAS LABOR EN SECANO	1,3	D	11	28,08	0,44	0,57
OLIVAR >3%	1,53	D	10	25,53	0,47	0,72
ROCA DESNUDA CON FUERTE PENDIENTE	0,17		2	5,11	0,90	0,15
TEJIDO URBANO CONTINUO	0,02		1	2,55	0,97	0,02
SUMATORIO C*A						1,78

CODIGO REGION	53,00
B _m	2,10
Δ50	0,25
FT 100	1,38

β ^{DT}	2,55
-----------------	------

K _T	1,04
----------------	------

Tabla 16.- Calculo coeficiente escorrentía Cuenca Ermita Santa Lucia T=100 años

COEFICIENTE ESCORRENTIA ERMITA SANTA LUCIA T=500 años						
USOS SUELO	AREA (KM2)	GRUPO SUELO	Poi	Po	C	C*A
MATORRAL SUBARBUSTICOS MUY POCO DENSOS	0,65	D	10	28,86	0,43	0,28
TIERRAS LABOR EN SECANO	1,3	D	11	31,75	0,40	0,52
OLIVAR >3%	1,53	D	10	28,86	0,43	0,66
ROCA DESNUDA CON FUERTE PENDIENTE	0,17		2	5,77	0,89	0,15
TEJIDO URBANO CONTINUO	0,02		1	2,89	0,96	0,02
SUMATORIO C*A						1,62

CODIGO REGION	53,00
B _m	2,10
Δ50	0,25
FT 500	1,56

β ^{DT}	2,89
-----------------	------

K _T	1,04
----------------	------

Tabla 17.- Calculo coeficiente escorrentía Cuenca Ermita Santa Lucia T=500 años

COEFICIENTE ESCORRENTIA PLAZA FUENTE DE LA VILLA T=100 años						
USOS SUELO	AREA (KM2)	GRUPO SUELO	Poi	Po	C	C*A
MATORRAL SUBARBUSTICOS MUY POCO DENSOS	0,65	D	10	25,53	0,47	0,31
TIERRAS LABOR EN SECANO	1,31	D	11	28,08	0,44	0,58
OLIVAR >3%	1,62	D	10	25,53	0,47	0,77
ROCA DESNUDA CON FUERTE PENDIENTE	0,24		2	5,11	0,90	0,22
TEJIDO URBANO CONTINUO	0,07		1	2,55	0,97	0,07
SUMATORIO C*A						1,93

CODIGO REGION	53,00
B _m	2,10
Δ50	0,25
FT 100	1,38

β ^{DT}	2,55
-----------------	------

K _T	1,04
----------------	------

Tabla 18.- Calculo coeficiente escorrentía Cuenca Pl. Fuente de la Villa T=100 años

COEFICIENTE ESCORRENTIA PLAZA FUENTE DE LA VILLA T=500 años						
USOS SUELO	AREA (KM2)	GRUPO SUELO	Poi	Po	C	C*A
MATORRAL SUBARBUSTICOS MUY POCO DENSOS	0,65	D	10	28,86	0,43	0,28
TIERRAS LABOR EN SECANO	1,31	D	11	31,75	0,40	0,52
OLIVAR >3%	1,62	D	10	28,86	0,43	0,70
ROCA DESNUDA CON FUERTE PENDIENTE	0,24		2	5,77	0,89	0,21
TEJIDO URBANO CONTINUO	0,07		1	2,89	0,96	0,07
SUMATORIO C*A						1,78

CODIGO REGION	53,00
B _m	2,10
Δ50	0,25
FT 500	1,56

β ^{DT}	2,89
-----------------	------

K _T	1,04
----------------	------

Tabla 19.- Calculo coeficiente escorrentía Cuenca Pl. Fuente de la Villa T=500 años

COEFICIENTE ESCORRENTIA AVENIDA FUENTE DE LA VILLA T=100 años						
USOS SUELO	AREA (KM2)	GRUPO SUELO	Poi	Po	C	C*A
MATORRAL SUBARBUSTICOS MUY POCO DENSOS	0,65	D	10	25,53	0,47	0,31
TIERRAS LABOR EN SECANO	1,32	D	11	28,08	0,44	0,58
OLIVAR >3%	1,7	D	10	25,53	0,47	0,80
ROCA DESNUDA CON FUERTE PENDIENTE	0,27		2	5,11	0,90	0,24
TEJIDO URBANO CONTINUO	0,28		1	2,55	0,97	0,27
SUMATORIO C*A						2,20

CODIGO REGION	53,00
B _m	2,10
Δ50	0,25
FT 100	1,38

β ^{DT}	2,55
-----------------	------

K _T	1,04
----------------	------

Tabla 20.- Calculo coeficiente escorrentía Cuenca Avd. Fuente de la Villa T=100 años

COEFICIENTE ESCORRENTIA AVENIDA FUENTE DE LA VILLA T=500 años						
USOS SUELO	AREA (KM2)	GRUPO SUELO	Poi	Po	C	C*A
MATORRAL SUBARBUSTICOS MUY POCO DENSOS	0,65	D	10	28,86	0,43	0,28
TIERRAS LABOR EN SECANO	1,32	D	11	31,75	0,40	0,52
OLIVAR >3%	1,7	D	10	28,86	0,43	0,73
ROCA DESNUDA CON FUERTE PENDIENTE	0,27		2	5,77	0,89	0,24
TEJIDO URBANO CONTINUO	0,28		1	2,89	0,96	0,27
SUMATORIO C*A						2,04

CODIGO REGION	53,00
B _m	2,10
Δ50	0,25
FT 500	1,56

β ^{DT}	2,89
-----------------	------

K _T	1,04
----------------	------

Tabla 21.- Calculo coeficiente escorrentía Cuenca Avd. Fuente de la Villa T=100 años

COEFICIENTE ESCORRENTIA CALLE LOPE DE VEGA T=100 años						
USOS SUELO	AREA (KM2)	GRUPO SUELO	Poi	Po	C	C*A
MATORRAL SUBARBUSTICOS MUY POCO DENSOS	0,65	D	10	25,53	0,47	0,31
TIERRAS LABOR EN SECANO	1,32	D	11	28,08	0,44	0,58
OLIVAR >3%	1,71	D	10	25,53	0,47	0,81
ROCA DESNUDA CON FUERTE PENDIENTE	0,27		2	5,11	0,90	0,24
TEJIDO URBANO CONTINUO	0,38		1	2,55	0,97	0,37
SUMATORIO C*A						2,30

CODIGO REGION	53,00
B _m	2,10
Δ50	0,25
FT 100	1,38

β ^{DT}	2,55
-----------------	------

K _T	1,05
----------------	------

Tabla 22.- Calculo coeficiente escorrentía Cuenca Calle Lope de Vega T=100 años

COEFICIENTE ESCORRENTIA CALLE LOPE DE VEGA T=500 años						
USOS SUELO	AREA (KM2)	GRUPO SUELO	Poi	Po	C	C*A
MATORRAL SUBARBUSTICOS MUY POCO DENSOS	0,65	D	10	28,86	0,43	0,28
TIERRAS LABOR EN SECANO	1,32	D	11	31,75	0,40	0,52
OLIVAR >3%	1,71	D	10	28,86	0,43	0,73
ROCA DESNUDA CON FUERTE PENDIENTE	0,27		2	5,77	0,89	0,24
TEJIDO URBANO CONTINUO	0,38		1	2,89	0,96	0,36
SUMATORIO C*A						2,14

CODIGO REGION	53,00
B _m	2,10
Δ50	0,25
FT 500	1,56

β ^{DT}	2,89
-----------------	------

K _T	1,05
----------------	------

Tabla 23.- Calculo coeficiente escorrentía Cuenca Calle Lope de Vega T=100 años

COEFICIENTE ESCORRENTIA TRAVESIA ISABEL DE SOLIS T=100 años						
USOS SUELO	AREA (KM2)	GRUPO SUELO	Poi	Po	C	C*A
MATORRAL SUBARBUSTICOS MUY POCO DENSOS	0,65	D	10	25,53	0,47	0,31
TIERRAS LABOR EN SECANO	1,32	D	11	28,08	0,44	0,58
OLIVAR >3%	1,92	D	10	25,53	0,47	0,90
ROCA DESNUDA CON FUERTE PENDIENTE	0,36		2	5,11	0,90	0,32
TEJIDO URBANO CONTINUO	1,03		1	2,55	0,97	1,00
SUMATORIO C*A						3,10

CODIGO REGION	53,00
B _m	2,10
Δ50	0,25
FT 100	1,38

β ^{DT}	2,55
-----------------	------

K _T	1,05
----------------	------

Tabla 24.- Calculo coeficiente escorrentía Cuenca Trav. Isabel de Solís T=100 años

COEFICIENTE ESCORRENTIA TRAVESIA ISABEL DE SOLIS T=500						
USOS SUELO	AREA (KM2)	GRUPO SUELO	Poi	Po	C	C*A
MATORRAL SUBARBUSTICOS MUY POCO DENSOS	0,65	D	10	28,86	0,43	0,28
TIERRAS LABOR EN SECANO	1,32	D	11	31,75	0,39	0,52
OLIVAR >3%	1,92	D	10	28,86	0,43	0,82
ROCA DESNUDA CON FUERTE PENDIENTE	0,36		2	5,77	0,88	0,32
TEJIDO URBANO CONTINUO	1,03		1	2,89	0,96	0,99
SUMATORIO C*A						2,92

CODIGO REGION	53,00
B _m	2,10
Δ50	0,25
FT 500	1,56

β ^{DT}	2,89
-----------------	------

K _T	1,05
----------------	------

Tabla 25.- Calculo coeficiente escorrentía Cuenca Trav. Isabel de Solís T=100 años

4.4. CAUDALES OBTENIDOS

Tras las operaciones anteriormente descritas, obtenemos los caudales de salida de cada cuenca en base a cada periodo de retorno seleccionado:

	T=100 años					
	PARAJE DEL SAPILLO	ERMITA SANTA LUCIA	PLAZA FUENTE DE LA VILLA	AVENIDA FUENTE DE LA VILLA	CALLE LOPE DE VEGA	TRAVESIA ISABEL DE SOLIS
K _T	1,04	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05
I (T, Tc)	54,89	53,07	51,80	49,63	48,34	46,92
Σ C*A	1,51	1,78	1,93	2,20	2,30	3,10
Q (m3/seg)	23,80	27,19	28,93	31,69	32,35	42,40

Tabla 26.- Resumen caudales cuencas

	T=500 años					
	PARAJE DEL SAPILO	ERMITA SANTA LUCIA	PLAZA FUENTE DE LA VILLA	AVENIDA FUENTE DE LA VILLA	CALLE LOPE DE VEGA	TRAVESIA ISABEL DE SOLIS
K_T	1,04	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05
$I(T, T_c)$	71,40	69,04	67,38	64,56	62,89	61,04
$\sum C^*A$	1,38	1,62	1,78	2,04	2,14	2,92
Q (m3/seg)	28,27	32,32	34,54	38,13	39,05	51,93

Tabla 27.- Resumen caudales cuencas

A continuación se resumen los caudales de cada cuenca en la siguiente tabla:

	PARAJE DEL SAPILO	ERMITA SANTA LUCIA	PLAZA FUENTE DE LA VILLA	AVENIDA FUENTE DE LA VILLA	CALLE LOPE DE VEGA	TRAVESIA ISABEL DE SOLIS	
Q (T=100 años)	23,80	27,19	28,93	31,69	32,35	42,40	m3/seg
Q (T=500 años)	28,27	32,32	34,54	38,13	39,05	51,93	m3/seg

Tabla 28.- Resumen caudales cuencas

4.5. COMPROBACION CON CAUMAX

Con objeto de comprobar los caudales obtenidos a partir del Método Racional definido en la nueva Norma de Carreteras, se ha procedido a obtener los caudales de diseño en el punto de desembocadura en el Arroyo Fuente de la Villa, que corresponderá con el máximo caudal, mediante el análisis de la cuenca aportadora del mismo arroyo utilizando la aplicación CAUMAX puesta a disposición con carácter gratuito por la Dirección General del Agua del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Dentro del ámbito del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, encargó al CEDEX mediante un Convenio de colaboración la elaboración de un mapa de los caudales máximos asociados a distintas probabilidades de recurrencia en la red de ríos que gestiona a través de las distintas Confederaciones Hidrográficas.

Este trabajo se presenta en la aplicación CAUMAX (Versión noviembre 2012), integrada en un sistema de información geográfica, en la que es posible consultar los caudales máximos instantáneos en régimen natural asociados a distintos periodos de retorno para los cauces con una cuenca superior a 50 km² y calcular estos caudales

mediante el método racional modificado para cauces con cuencas inferiores a 50 km², como es nuestro caso.

Para estimar los cuantiles en los puntos de la red fluvial no aforados y con pequeña superficie de cuenca vertiente, CAUMAX utiliza el método racional modificado (Témez, 1991), calibrado a partir de los datos registrados en las estaciones de aforo.

La estimación de caudales punta con el método racional modificado se ha realizado mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG), lo que ha permitido automatizar el proceso. Se ha trabajado con una resolución espacial de 500mx500m.

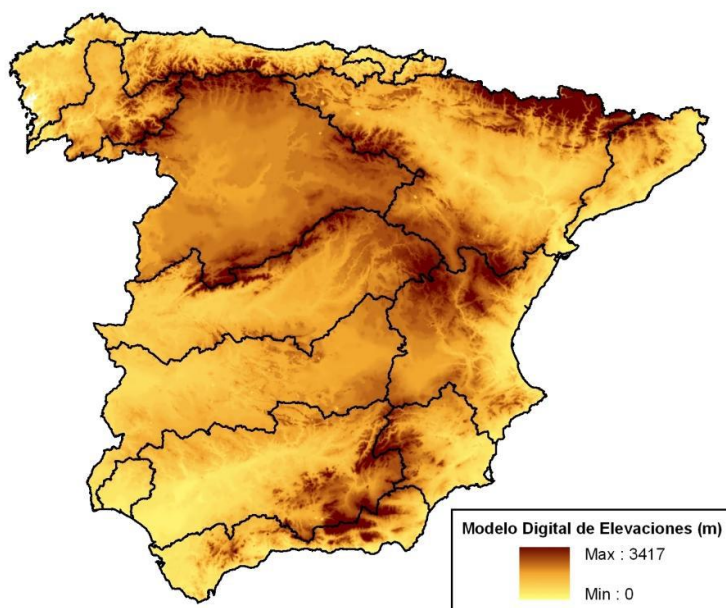


Figura 8.- Modelo Digital del Terreno.

Los valores de las precipitaciones máximas diarias se obtienen mediante los mapas de precipitación elaborados a partir del trabajo de Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular realizado por el CEDEX para la Dirección General de Carreteras (DGC, 1999).

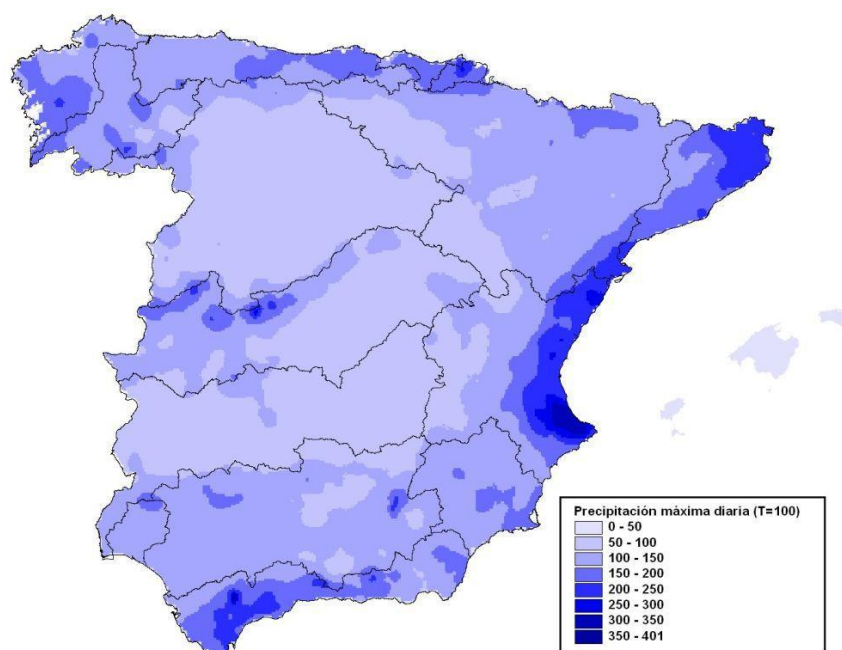


Figura 9.- Mapa de precipitaciones máximas diarias para 100 años de periodo de retorno.

Obtenidas las precipitaciones máximas diarias CAUMAX obtiene la Intensidad de precipitación por aplicación del método desarrollado en la Instrucción 5.2 I/C.

Para la obtención del coeficiente de escorrentía es preciso determinar primeramente el umbral de escorrentía. Cuando se aplica el método racional modificado para determinar las leyes de frecuencia de los caudales, es necesario calibrar el valor del P_0 , realizándose habitualmente esa calibración a través de un coeficiente auxiliar (denominado β) que al multiplicar el valor del P_0 correspondiente a las condiciones de medias de humedad (AMC II) proporciona el valor calibrado del parámetro. Su valor se mueve habitualmente en el rango 0.5-3.

CAUMAX para la calibración del umbral de escorrentía se basa en el análisis de los caudales obtenidos respecto a los realmente registrados en estaciones de aforo representativas obteniendo finalmente la siguiente distribución del citado P_0 .

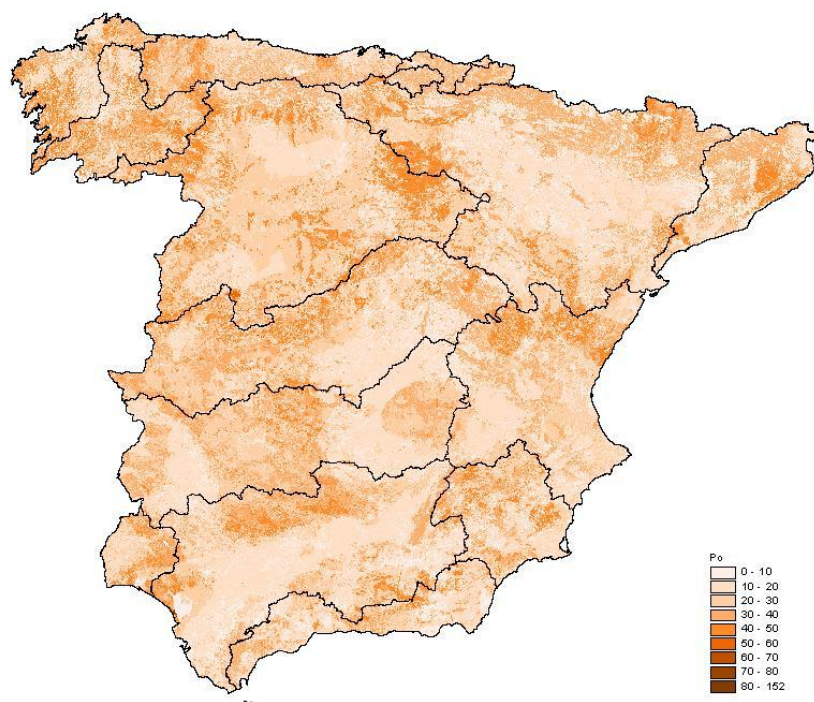


Figura 10.- Mapa de umbral de escorrentía en condiciones medias de humedad.

Con estas bases de partida se han obtenido los caudales de escorrentía en el punto más desfavorable para los distintos periodos de retorno en la cuenca del arroyo Niebla con el siguiente resumen y comparativa respecto a los obtenidos en el Proyecto de Construcción:

T (años)	Q (m3/seg) Cuenca Travesía Isabel Solís	
	Proyecto	CAUMAX
100 años	42,40	35
500 años	51,93	53

Tabla 29.- Caudales Cuenca Travesía Isabel Solís

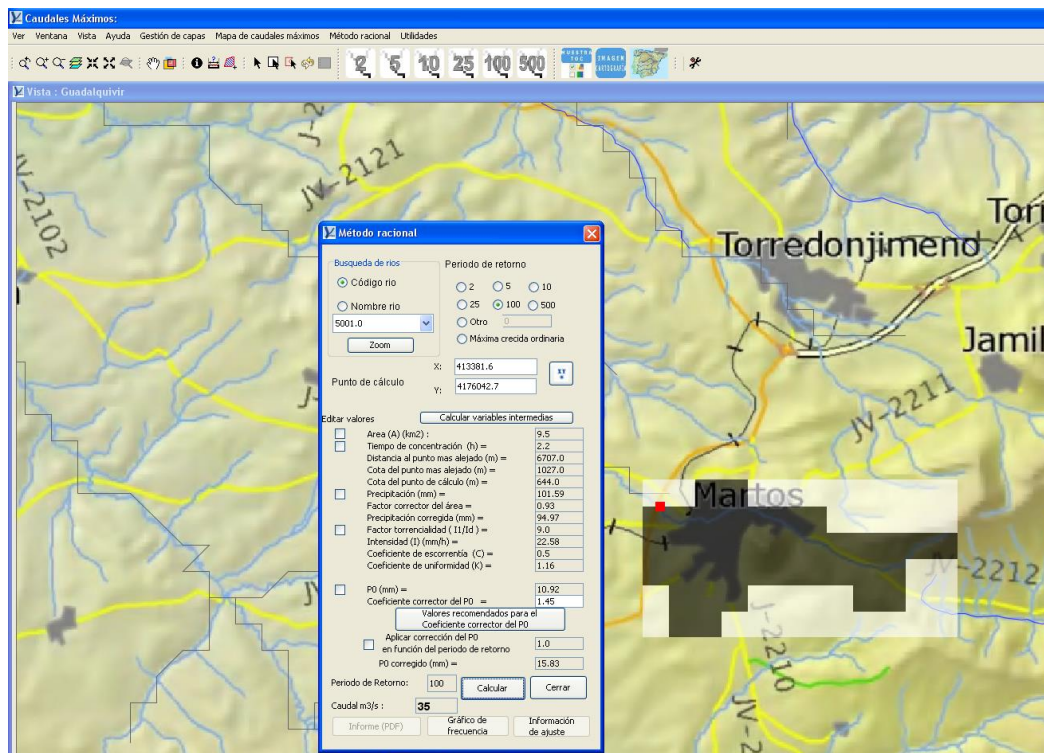


Figura 11.- Captura Pantalla programa CAUMAX del cálculo caudal periodo de retorno 100 años..

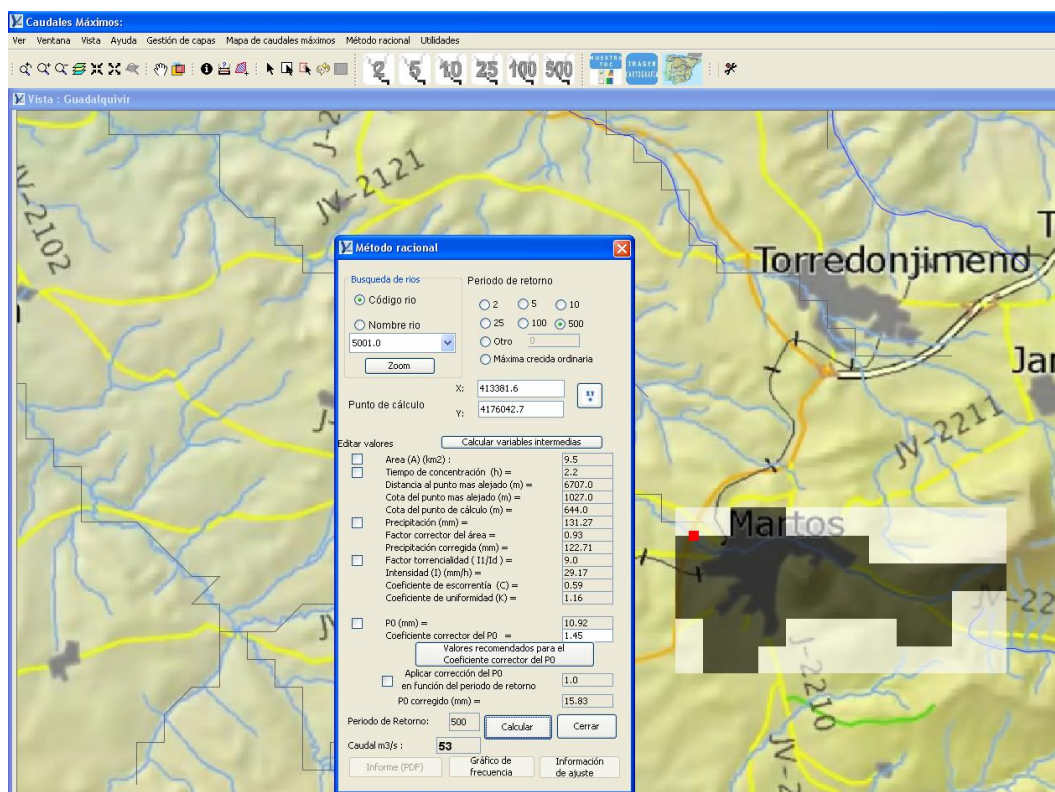


Figura 12.- Captura Pantalla programa CAUMAX del cálculo caudal periodo de retorno 500 años..

Por tanto y como conclusión de los cálculos de comprobación hidrológica realizados con la aplicación CAUMAX, se considera que el caudal de diseño del encauzamiento considerado en el Proyecto de Construcción para periodo de retorno 500 años es representativo de las condiciones reales presentes en la cuenca, por lo que se considera válido el cálculo hidrológico incluido en el Proyecto de Construcción.

ANEXO 1 AL ANEJO 3

En el presente anexo, se detallaran los valores los procedimientos de Precipitaciones diarias correspondientes a diversos periodos de retorno.

1. SOFTWARE MAXPLU

El software MAXPLU es un programa creado y distribuido por Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento en el año 1999, y con posteriores revisiones de las bases de datos. Junto a este software se distribuyó la “Guía de Máximas lluvias diarias en la España Peninsular” y el “Mapa para el cálculo de máximas precipitaciones diarias en la España Peninsular”.

La aplicación MAXPLU dispone de las siguientes posibilidades generales para el análisis de máximas lluvias diarias en la España peninsular:

- Obtención del valor medio de la máxima precipitación diaria anual P y del Coeficiente de Variación C_v .
- Estimación de la precipitación diaria máxima correspondiente a diferentes periodos de retorno, partiendo del valor de su media y su coeficiente de variación, asumiendo una distribución SQRT-ET max.

Para ambas posibilidades se parte de coordenadas geográficas o coordenadas UTM referidas a los husos 29, 30 ó 31.

Los datos introducidos al programa, han sido las coordenadas del núcleo urbano de Martos, y los distintos periodos de retorno.

Las coordenadas del núcleo urbano han sido obtenidas sobre del Modelo Digital del Terreno creado con el programa GvSig y ArcGis.

Se adjuntan a continuación las capturas de pantalla de los diferentes cálculos de caudales para distintos periodos de retorno:

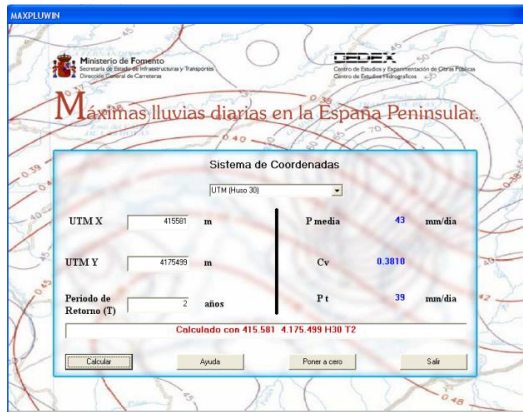


Figura 12.- Precipitación diaria periodo retorno 2 años

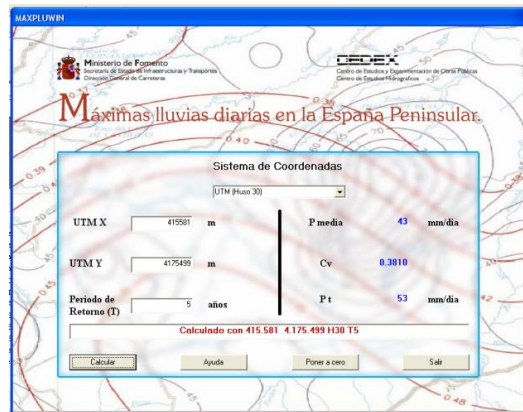


Figura 13.- Precipitación diaria periodo retorno 5 años

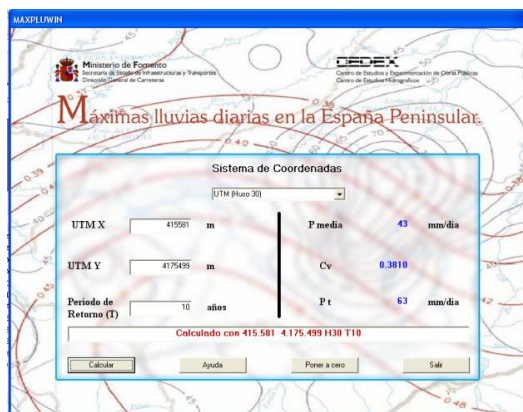


Figura 14.- Precipitación diaria periodo retorno 10 años

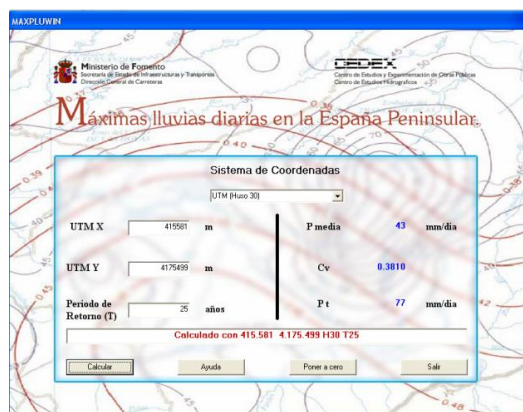


Figura 15.- Precipitación diaria periodo retorno 25 años

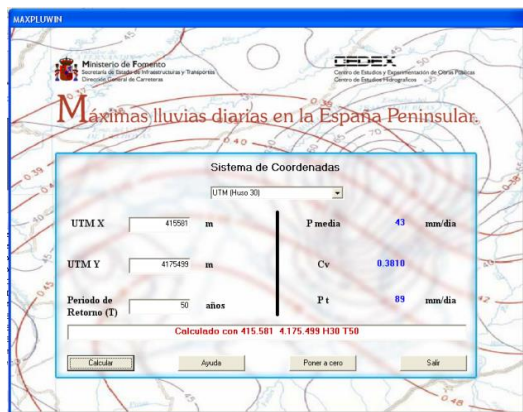


Figura 16.- Precipitación diaria periodo retorno 50 años

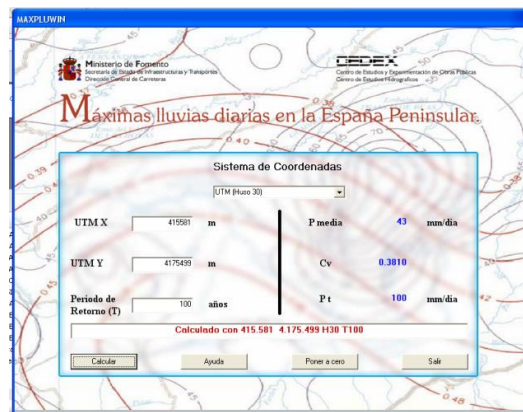


Figura 17.- Precipitación diaria periodo retorno 100 años

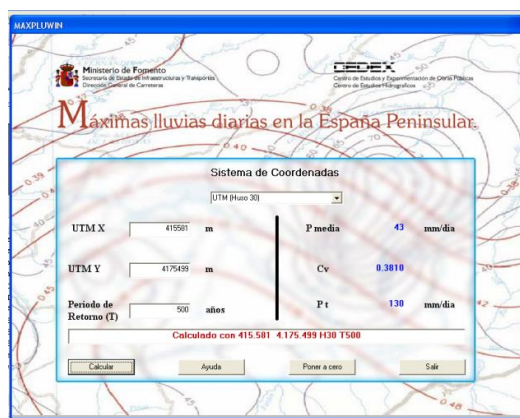


Figura 18.- Precipitación diaria periodo retorno 500 años

Se resume a continuación en la siguiente tabla, los valores de precipitación obtenidos:

Pd (mm)	
Periodo Retorno	PLUMAX
5 años	53
10 años	63
25 años	77
50 años	89
100 años	100
500 años	143

Tabla 30.- Precipitación diaria Calculada con PLUMAX

2. METODO MAXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR

Este método sirve como punto de partida para el cálculo de los caudales a desaguar por los pequeños cauces existentes en obras lineales, supliendo la ausencia de aforos en los mismos.

Se basa el mismo, en la adopción de valores de carácter regional, mediante el empleo de estaciones pluviométricas de similar comportamiento, en lugar del enfoque local empleado por los métodos tradicionales, reduciendo así la varianza de los parámetros estimados con una única muestra.

El método así adoptado, asume que la variable Y, sigue la misma distribución de frecuencia en toda la región considerada, siendo su valor el resultante de dividir para cada estación, los valores máximos por su media, según la expresión:

$$Y = P / P_{med}$$

Sabiendo que el valor local de la media Pmed, se estima exclusivamente a partir de los datos de cada una de las estaciones.

La estimación de un determinado valor de precipitación en un punto geográfico localizado, X_t , se obtiene reescalando los cuantiles regionales Y_t , con la media local Pmed, según la expresión:

$$X_t = Y_t P_{med}. \text{ (ec. 3.1)}$$

La obtención de los distintos parámetros y cuantiles regionales, se consigue mediante la previa subdivisión del territorio peninsular en 26 regiones con características meteorológicas comunes, y la comparación de los valores obtenidos, obedeciendo a cuatro funciones diferentes:

- Valores extremos generalizados (GEV)
- Log-Pearson III (LP3)
- Valores extremos con dos componentes (TCEV)
- SQRT-ET máx.

Cuyas expresiones se recogen en la publicación previamente mencionada.

Dicho análisis, revela que la diferencia de valores obtenidos para bajos Períodos de Retorno (2; 5; 10 y 25 años), son prácticamente inexistentes, alcanzando valores algo más significativos para Períodos superiores, pero siempre inferiores al 8%, para T=500 años.

De todas las leyes expuestas, se adopta finalmente la SQRT-ET max, por las siguientes razones:

- Es el único modelo específicamente propuesto para la modelación estadística de máximas precipitaciones diarias.
- Se formula con tan sólo dos parámetros, facilitando la presentación de resultados.
- Presenta resultados más conservadores que cualquier otro modelo de ley, incluso Gumbel.
- Demuestra una buena capacidad para reproducir propiedades estadísticas observadas en los datos, comprobadas mediante las técnicas de simulación de Montecarlo.

La obtención de los cuantiles regionales, presenta dos inconvenientes fundamentales: la incertidumbre respecto a los límites regionales, y la discontinuidad que presentan los resultados, en dichos límites.

Para solventar estos problemas, se opta por presentar un Mapa de Isolíneas, del Coeficiente de Variación (C_v), relacionado con los cuantiles, por el modelo de ley adoptado y el método de estimación de parámetros.

La metodología a seguir, para la obtención de los distintos cuantiles correspondientes a los distintos Períodos de Retorno, será la siguiente:

- Estimación mediante las isolíneas del coeficiente de variación C_v , y el valor medio P_{med} , de la máxima precipitación diaria anual.
- Obtención del valor del cuantil regional Y_t , mediante el uso de la TABLA 7.1 de la mencionada publicación.
- Obtención del cuantil local X_t , mediante la ecuación anterior (ec.3.1)

C_v	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494

0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

Tabla 31.- Cuantiles Y_t , de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Amplificación KT, en el "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" (1997)

El proceso operativo de obtención de cuantiles para distintos períodos de retorno a partir de este método es el siguiente:

- Localización en los planos del punto geográfico deseado.
- Estimación mediante las isolíneas representadas del Coeficiente de Variación C_v y del Valor Medio de la Máxima Precipitación Diaria Anual P^* .
- Para el período de retorno deseado T y el valor de C_v , obtención del cuantil regional Y_t (también denominado Factor de Amplificación KT en el "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" de 1997), mediante la tabla.
- Realizar el producto del cuantil regional Y_t por el valor medio P^* obteniéndose X_t , es decir, el cuantil local buscado (también denominado PT

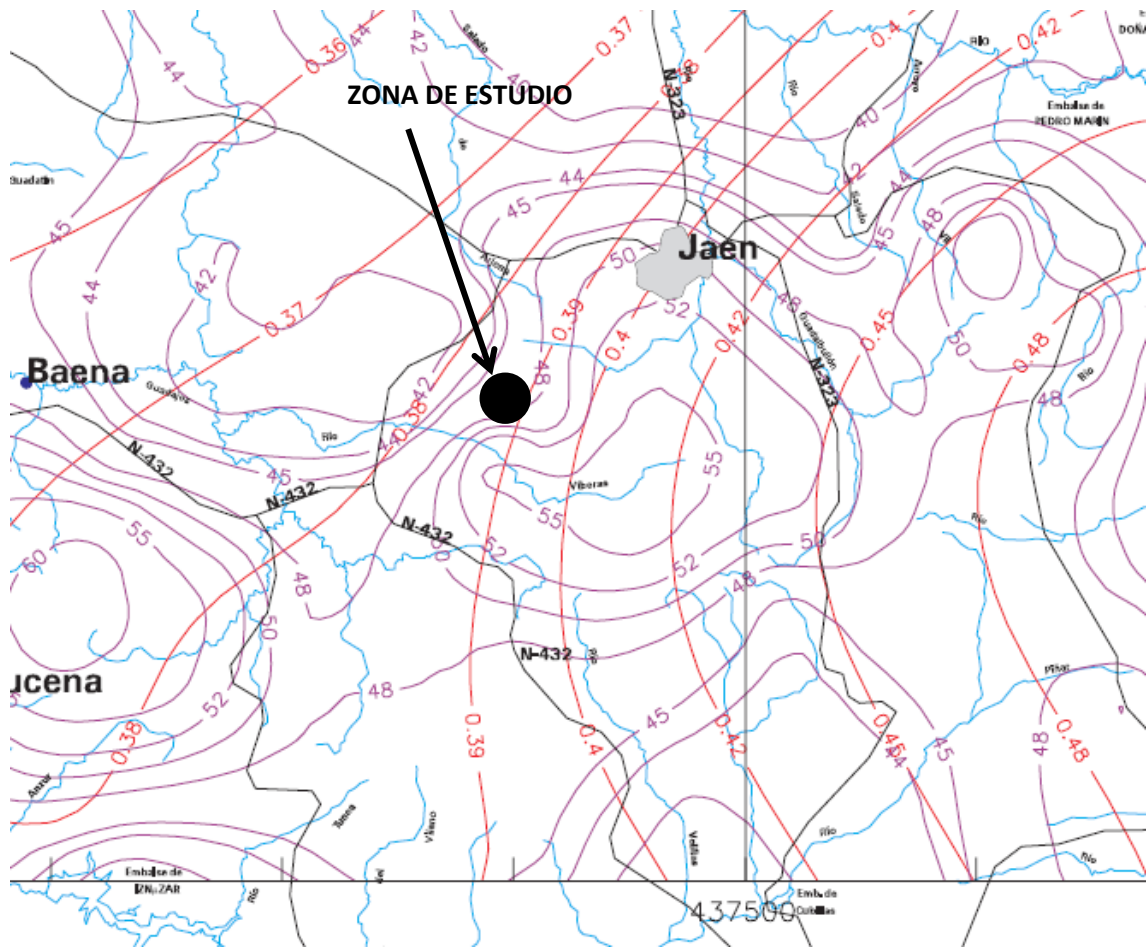


Figura 19.- Precipitación diaria periodo retorno 500 años

Los cálculos realizados y las precipitaciones diarias obtenidas se resumen en la siguiente tabla:

Periodo Retorno (años)	$\bar{p}$ (mm/día)	CV	Y_t	X_d (mm/día)
2	48	0,39	0,912	44
5	48	0,39	1,243	60
10	48	0,39	1,484	71
25	48	0,39	1,808	87
50	48	0,39	2,083	100
100	48	0,39	2,357	113
200	48	0,39	2,663	128
500	48	0,39	3,067	147

Tabla 32.- Resumen datos de cálculo y resultados precipitaciones diarias

3. ESTUDIO ESTADISTICO A PARTIR DE SERIES DE PRECIPITACIONES DIARIAS

El cálculo de la Precipitación Diaria por medio de distribuciones estadísticas se ha realizado a partir de las series de precipitaciones diarias de la estación meteorológica de referencia para nuestra cuenca.

Las estaciones meteorológicas, con datos de series de precipitaciones diarias, se han obtenido en la web de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía

(<http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/ria/servlet/FrontController>).

Se seleccionaron las estaciones más cercanas alrededor de nuestra cuenca. Una vez representadas en un plano junto con la cuenca, se estudió el área de influencia de cada estación meteorológica a partir poligonización de Thiessen. Este proceso se llevó a cabo con el programa GvSig.

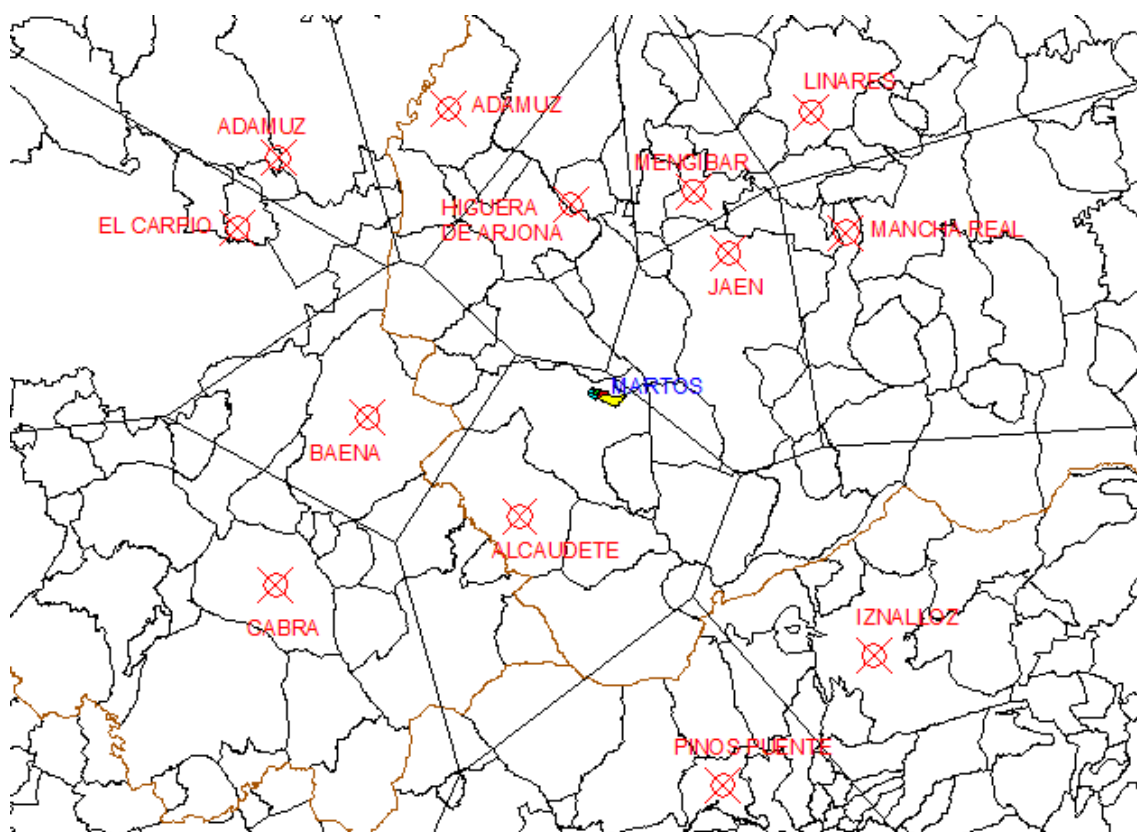


Figura 20.- Poligonización de Thiessen

Una vez realizados los polígonos se determinó que la estación meteorológica de referencia era la Estación Meteorológica de Alcaudete.

DATOS ESTACIONES

Estación Meteorológica de Alcaudete

Provincia: Jaén
Código de Estación: 6
Zona Regable: --

Coordenadas UTM

X: 404780.0
Y: 4159460.0
Latitud: 37° 34' 38" N
Longitud: 04° 04' 42" W
Altitud: 645.0

Más Información

- Últimos Datos Registrados
- Datos Históricos



Figura 20.- Localización Estación Meteorológica de Alcaudete

Esta estación meteorológica dispone de mediciones de los siguientes datos:

☐ Temperatura Máxima	☐ Temperatura Mínima	☐ Temperatura Media
☐ HH:MM Temperatura Máxima	☐ HH:MM Temperatura Mínima	
☐ Humedad Máxima	☐ Humedad Mínima	☐ Humedad Media
☐ Radiación	☐ Velocidad del Viento	☐ Dirección del Viento
☐ Precipitación	☐ ETo	☐ Marcar Todas

Escogida la estación de referencia de nuestra cuenca procedemos a realizar los cálculos estadísticos según la Distribución de Probabilidades Pluviométricas según Gumbel y según la distribución SQRT-ET max.

3.1. DISTRIBUCION GUMBEL

Valores extremos. Distribución de Gumbel

Esta ley de distribución de frecuencias se utiliza para el estudio de los valores extremos. Por ejemplo, si hemos elegido el día mas caudaloso o de mayor precipitación de cada año de una serie de años.

La probabilidad de que se presente un valor inferior a x es:

$$F(x) = e^{-e^{-b}} \quad (1) \quad \text{siendo: } b = \alpha (x - u) \quad (2)$$

$$\alpha = \sigma_y / s_x \quad (3)$$

$$u = \bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha} \quad (4)$$

e = base de los logaritmos neperianos

$\bar{x}$ = media aritmética de la muestra

s_x = desviación típica de la muestra

σ_y, μ_y = consultar en la tabla adjunta, según el número de datos de la muestra²

(Ver nota³)

Mediante las expresiones anteriores podremos calcular la frecuencia a partir del valor x , es decir: calcular con qué frecuencia (o periodo de retorno) se presentará un cierto caudal o precipitación.

Para solucionar el caso inverso (qué caudal o precipitación se producirán cada n años) debemos despejar b en la expresión (1), obteniendo:

$$b = -\ln (-\ln (F(x))) \quad (5)$$

Y, finalmente, despejando x en (2):

$$x = (b / \alpha) + u \quad (6)$$

nº datos	μ_y	σ_y
10	0,4952	0,9496
15	0,5128	1,0206
20	0,5236	1,0628
25	0,5309	1,0914
30	0,5362	1,1124
35	0,5403	1,1285
40	0,5436	1,1413
45	0,5463	1,1518
50	0,5485	1,1607
55	0,5504	1,1682
60	0,5521	1,1747
65	0,5535	1,1803
70	0,5548	1,1854
75	0,5559	1,1898
80	0,5569	1,1938
85	0,5578	1,1974
90	0,5586	1,2007
95	0,5593	1,2037
100	0,5600	1,2065

A partir de los datos de series pluviométricas, ofrecidos por la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía, debidamente ordenados y acumulados por años, se introducen en la tabla de cálculo, la cual está programada para obtener las precipitaciones diarias en función de los distintos periodos de retorno.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo	
1901	11,20	11,60	26,20	4,20	42,40	7,20	0,00	1,00	39,40	3,20	23,60	28,40	42,40	MAYO
1902	11,20	6,20	25,60	38,20	4,20	2,40	0,00	0,00	13,40	18,40	25,40	16,80	38,20	ABRIL
1903	12,80	34,20	23,80	6,60	6,20	0,00	0,00	0,00	18,40	25,00	23,60	21,80	34,20	FEBRERO
1904	15,40	11,60	45,20	15,80	57,40	4,20	0,00	0,20	1,40	17,40	4,20	16,80	57,40	MAYO
1905	0,20	23,00	8,20	14,60	9,60	0,80	0,00	0,00	21,80	22,20	5,80	10,60	23,00	FEBRERO
1906	8,60	9,60	9,60	7,20	25,00	8,40	0,20	1,80	14,80	9,80	28,60	6,80	28,60	NOVIEMBRE
1907	6,20	10,80	4,40	11,00	53,20	3,20	0,20	0,20	28,80	5,40	38,80	3,40	53,20	MAYO
1908	13,60	6,80	3,40	66,40	10,80	1,40	0,60	0,00	21,80	26,20	22,40	19,80	66,40	ABRIL
1909	20,20	26,60	24,60	30,80	8,20	8,60	0,00	7,60	7,20	4,80	13,40	23,40	30,80	ABRIL
1910	21,60	22,60	22,80	10,60	10,80	1,60	0,00	5,80	10,40	27,60	44,40	29,80	44,40	NOVIEMBRE
1911	16,00	27,20	17,40	36,40	26,20	22,20	0,00	0,00	13,00	11,80	21,40	8,20	36,40	ABRIL
1912	19,40	11,40	13,40	20,20	19,80	0,00	0,00	0,00	59,80	27,20	42,80	12,40	59,80	SEPTIEMBRE
1913	13,60	13,60	35,80	31,20	16,60	1,40	0,00	0,00	6,80	3,20	5,40	40,40	40,40	DIECIEMBRE
1914	23,00	23,40	7,80	16,40	6,60	1,20	0,80	0,00	11,60	20,00	16,40	6,20	23,40	FEBRERO
1915	16,00	5,80	13,00	16,40	16,00	6,20	0,00	0,40	2,60	21,20	37,00	11,10	37,00	NOVIEMBRE
MAX	23,00	34,20	45,20	66,40	57,40	22,20	0,80	7,60	59,80	27,60	44,40	40,40	66,40	

Tabla 33.- Precipitaciones mensuales por años de la registradas por la Estación Meteorológica de Alcaudete

°	Mes	Precipitación (mm)		Cálculo variables probabilísticas
	Max. Precip.	x_i	$(x_i - \bar{x})^2$	
1901	MAYO	42,40	1,8496	$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} =$ 41,04 mm
1902	ABRIL	38,20	8,0656	
1903	FEBRERO	34,20	46,7856	
1904	MAYO	57,40	267,6496	$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} =$ 13,13 mm
1905	FEBRERO	23,00	325,4416	
1906	NOVIEMBRE	28,60	154,7536	
1907	MAYO	53,20	147,8656	
1908	ABRIL	66,40	643,1296	$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S =$ 10,24 mm
1909	ABRIL	30,80	104,8576	
1910	NOVIEMBRE	44,40	11,2896	
1911	ABRIL	36,40	21,5296	$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha =$ 35,13 mm
1912	SEPTIEMBRE	59,80	351,9376	
1913	DIECIEMBRE	40,40	0,4096	
1914	FEBRERO	23,40	311,1696	
1915	NOVIEMBRE	37,00	16,3216	
Suma		615,6	2413,1	

Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias				
Periodo Retorno	Variable Reducida	Precip. (mm)	Prob. de ocurrencia	Corrección intervalo fijo
Años	YT	XT'(mm)	F(Xt)	XT (mm)
2	0,3665	38,8833	0,5000	43,9382
5	1,4999	50,4855	0,8000	57,0486
10	2,2504	58,1671	0,9000	65,7289
25	3,1985	67,8729	0,9600	76,6964
50	3,9019	75,0732	0,9800	84,8327
100	4,6001	82,2203	0,9900	92,9090
500	6,2136	98,7363	0,9980	111,5720

$$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

Tablas 34.- Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	43,94	57,05	65,73	76,70	84,83	92,91	111,57
18 hr	X18 = 91%	39,98	51,91	59,81	61,36	77,20	84,55	101,53
12 hr	X12 = 80%	35,15	45,64	52,58	61,36	67,87	74,33	89,26
8 hr	X8 = 68%	29,88	38,79	44,70	52,15	57,69	63,18	75,87
6 hr	X6 = 61%	26,80	34,80	40,09	46,78	51,75	56,67	68,06
5 hr	X5 = 57%	25,04	32,52	37,47	43,72	48,35	52,96	63,60
4 hr	X4 = 52%	22,85	29,67	34,18	39,88	44,11	48,31	58,02
3 hr	X3 = 46%	20,21	26,24	30,24	35,28	39,02	42,74	51,32
2 hr	X2 = 39%	17,14	22,25	25,63	29,91	33,08	36,23	43,51
1 hr	X1 = 30%	13,18	17,11	19,72	23,01	25,45	27,87	33,47

Tabla 35.- Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

De todas las precipitaciones calculadas, nos quedaremos con la precipitación de tiempo de duración 24 horas. Por tanto, las precipitaciones a emplear en el cálculo de caudales serán:

	Pd (mm/día)
Periodo Retorno	Gumbel
5 años	57
10 años	66
25 años	77
50 años	85
100 años	93
500 años	112

Tabla 35.- Precipitaciones diarias según distribución Gumbel

3.2. DISTRIBUCIÓN SQRT-ET MAX

La distribución SQRT-ET max

Para el análisis de los valores extremos (por ejemplo, una serie con el día más lluvioso de cada año) se han utilizado tradicionalmente las distribuciones de Log-Pearson III y Gumbel, siendo ésta la más utilizada por ser de más sencilla aplicación. Recientemente algunos autores (Ferrer, 1993, 1996) prefieren la distribución SQRT-ET max. También se ha utilizado para el mapa de España que permite calcular fácilmente la precipitación máxima diaria para cualquier periodo de retorno (MINISTERIO DE FOMENTO, 1999).

Esta distribución fue propuesta por Etoh et al. (1986) y es la siguiente:

$$F(x) = \exp[-k(1 + \sqrt{\alpha x}) \cdot \exp(-\sqrt{\alpha x})] \quad (1)$$

donde: $F(x)$ = probabilidad de que se presente un valor inferior a x

k, α = parámetros de la distribución, que dependen de la media y desviación típica

El cálculo de estos parámetros no es sencillo. Zorraquino (2004) ha elaborado una aproximación polinómica para su obtención. De este modo el cálculo es simple, pero excesivamente laborioso para realizarlo manualmente. Adjuntamos una hoja de Excel que realiza todos los cálculos.

En resumen, el cálculo de los parámetros k y α según el método de Zorraquino (op.cit.) sigue estos tres pasos:

$$\ln(k) = \sum_{i=0}^6 a_i \cdot [\ln(C_v)]^i \quad (2)$$

donde: C_v = coeficiente de variación (=desv típica/media aritmética)

a_i = coeficientes calculados por el autor y que aparecen en la hoja Excel¹

$$\ln(I_1) = \sum_{i=0}^6 b_i \cdot [\ln(k)]^i \quad (3)$$

donde: $\ln(k)$ = calculado en el paso anterior

b_i = coeficientes calculados por el autor y que aparecen en la hoja Excel¹

$$\alpha = \frac{k}{1 - e^{-k}} \cdot \frac{I_1}{2\bar{x}} \quad (4)$$

donde: k, I_1 = calculados en los pasos anteriores

$\bar{x}$ = media aritmética

Finalmente, con los valores de k y de α , obtenidos en (2) y (4), calculamos $F(x)$ con la expresión (1).

A partir de los datos de series pluviométricas, ofrecidos por la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía, debidamente ordenados y acumulados por años, se introducen en la tabla de cálculo, la cual está programada para obtener las precipitaciones diarias en función de los distintos periodos de retorno. Dicha tabla de cálculo ha sido creada por el Don Francisco Javier Sánchez San Román profesor de la Universidad de Salamanca.

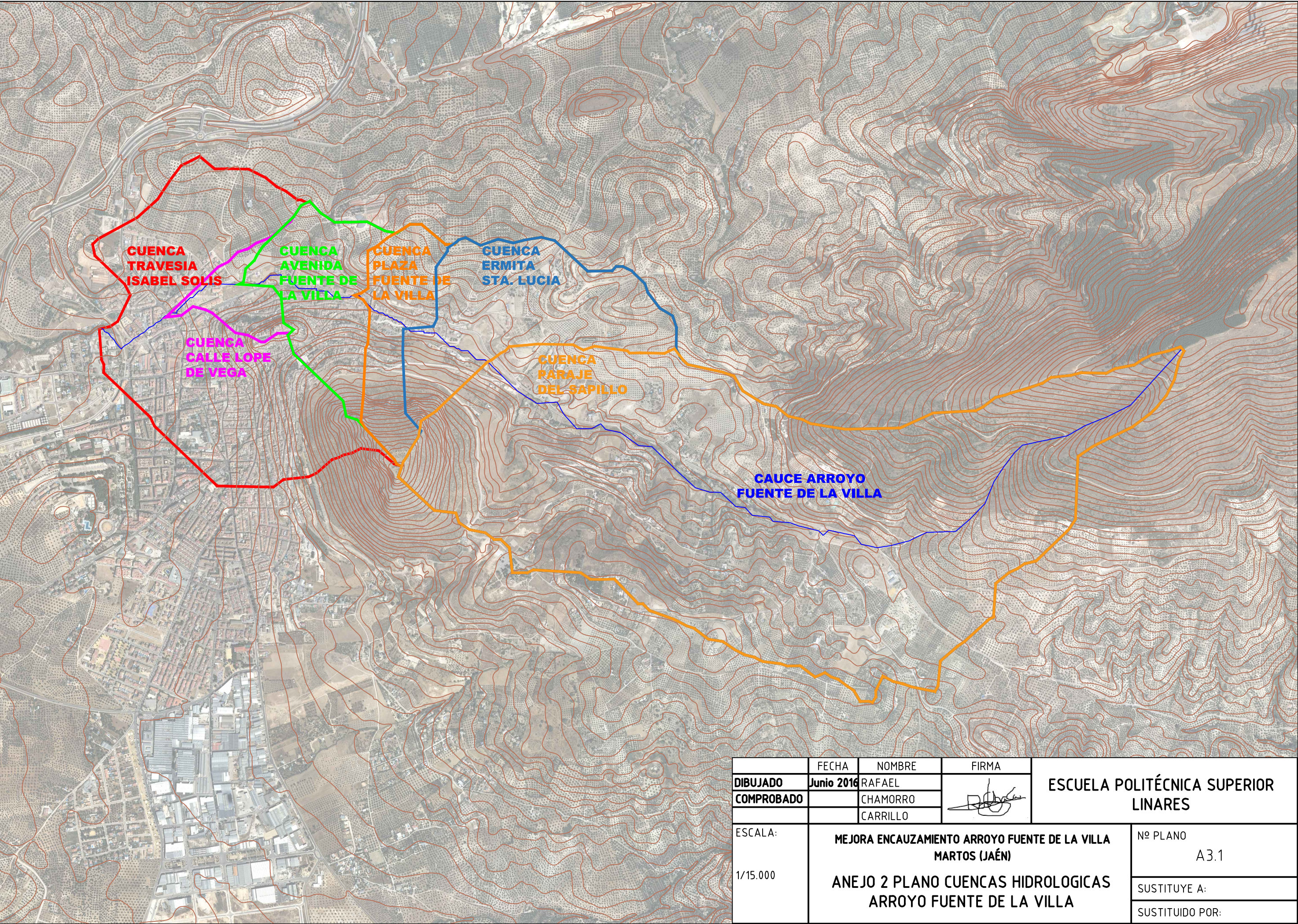
Aplicación de la función SQRT ET MAX (según Zorraquino, 2004) ⁽¹⁾									
Rellenar solamente los números en azul: siempre C4 y C5; y J4 ó (J12 a J18) según el cálculo deseado									
media		41,04	A partir del valor		Introducir el dato en J4 y confirmar la entrada				
desv típica		13,13	calcular el retorno		x=	41	—>>	F(x)=	0,59954
Cv		0,3199			Probabilidad de que se supere x=				0,4005
					Periodo de retorno=				2,5
Atención: Funciona para Cv entre 0,99 y 0,19 (Ver coeficientes en verde, líneas 22 a 39)		A partir del retorno		calcular el valor					
		- Si se desea, cambiar los periodos de retorno entre J12 y J18 (El retorno no puede ser <2,5 años) - Si estamos editando alguna celda, confirmar la entrada (INTRO) antes de picar en la flecha verde		Retorno	x				
				5	49,3				
				10	57,3				
				25	68,3				
				50	77,0				
				100	86,2				
				200	95,7				
				500	109,1				

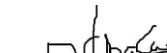
Tabla 37.- Aplicación de cálculo precipitación diaria distribución SQRT-ET max

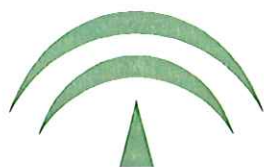
Las precipitaciones a considerar en el cálculo de caudales serán las siguientes:

	Pd (mm/día)
Periodo Retorno	SQRT-ET max
5 años	49
10 años	57
25 años	68
50 años	77
100 años	86
500 años	109

Tabla 38.- Precipitaciones diarias según distribución SQRT-ET max



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	Junio 2016	RAFAEL		
COMPROBADO		CHAMORRO		
		CARRILLO		
ESCALA:	MEJORA ENCAUZAMIENTO ARROYO FUENTE DE LA VILLA MARTOS (JAÉN) ANEJO 2 PLANO CUENCAS HIDROLOGICAS ARROYO FUENTE DE LA VILLA			Nº PLANO A3.1
1/15.000				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



JUNTA DE ANDALUCIA

CONSEJERIA DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS

PLAN DE PREVENCIÓN CONTRA AVENIDAS E INUNDACIONES EN CAUCES URBANOS ANDALUCES

PROVINCIA DE **JAEN**

INGENIERO DIRECTOR DEL ESTUDIO

D. JOAQUIN RODRIGUEZ PEREZ DE OCAMPO

CONSULTOR

INFORMES Y PROYECTOS, S.A.



1

INFORMACION PREVIA DEL MUNICIPIO (encuesta)

AYUNTAMIENTO **Martos**

N. CENSO **23060**

LISTADO PERSONAS DE CONTACTO

NUCLEO ORGANISMO	TELEFONO	FAX	PERSONA DE CONTACTO		CARGO	
Martos						
Ayuntamiento	953704005	953553309	Ramón	Villar	Carreras	Jefe de Protección Civil

MUNICIPIO

Martos

N. CENSO

23060

PROVINCIA: JAEN

POBLACION DE LOS NUCLEOS

NOMBRE DEL NUCLEO

POB. DE HECHO	VIV. FAMILIARES	VIV. PRINCIPALES	VIV. SECUNDARIAS	VIV. DESOCUPADAS	OTRAS VIV.
---------------	-----------------	------------------	------------------	------------------	------------

Martos

18,172

7,431

5,492

544

1,152

40

MUNICIPIO

Martos

N. CENSO

23060

PROVINCIA: JAEN

LISTADO DE PUNTOS ESTUDIADOS

Nº INE NUCLEO	NUCLEO	Nº CAUCE	CAUCE	N. DE PUNTO ESTUDIADO
23060000501	Martos	212601	Arroyo de la Villa	2135
23060000501	Martos	212602	Arroyo Larija	2138

MUNICIPIO **Martos**
N. CENSO **23060**

PROVINCIA: JAEN

DOCUMENTACION EN RELACION CON EL MUNICIPIO

NUCLEO: **Martos**

ORGANISMO:

NOMBRE DOCUMENTO:

LISTADO DE INVERSIONES DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS EN LA
PROVINCIA DE CORDOBA

DESCRIPCION DOCUMENTO:

A5.417.602/2111. Encauzamiento del Barranco de la Villa en Martos.
A5.417.603/2111. Encauzamiento del Barranco de la Villa en Martos.

ORGANISMO:

NOMBRE DOCUMENTO:

RELACION DE DAÑOS Y SUCESOS REGISTRADOS POR EL FONDO DE
COMPENSACION DE SEGUROS EN MATERIA DE INUNDACIONES

DESCRIPCION DOCUMENTO:

*Relación de los daños registrados por el fondo de compensación de seguros por motivos de
inundaciones en los últimos cinco años.*

*Año 1989 : Expedientes tramitados - 1
Expedientes pagados - 1
Importe - 1.200.897 ptas
Año 1990 - Expedientes tramitados - 1
Expedientes pagados - 1
Importe - 193.250 ptas
Año 1993 : Expedientes tramitados - 2
Expedientes pagados - 1
Importe - 645.660 ptas
Año 1996 - Expedientes tramitados - 16
Expedientes pagados - 13
Importe - 7,685,397 ptas*

ORGANISMO:

NOMBRE DOCUMENTO:

Plan Director de Infraestructura sanitaria de la Provincia de Jaén.

DESCRIPCION DOCUMENTO:

El Arroyo de la Villa recorre la parte Norte de la población. Se i encuentra embovedado.

ORGANISMO:

Ayuntamiento

NOMBRE DOCUMENTO:

Relación de puntos negros.

DESCRIPCION DOCUMENTO:

*Documento firmado por el Jefe de la Policía Local en el que informa de los puntos negros
por riesgo de inundación*

MUNICIPIO

Martos

N. CENSO

23060

PROVINCIA: JAEN

DOCUMENTACION EN RELACION CON EL MUNICIPIO

ORGANISMO: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir

NOMBRE DOCUMENTO: Proyecto de embovedado del Barranco de la Villa.

DESCRIPCION DOCUMENTO: Planos inventario de infraestructura hidráulica.

ORGANISMO:

NOMBRE DOCUMENTO: 1ª FASE DEL PROYECTO PICHRA

DESCRIPCION DOCUMENTO: El objetivo del proyecto es la mejora, mantenimiento o restauración hidrológico-ambiental de la cuenca de Guadalquivir

Restauración forestal de la cabecera del Guadajoz en la Sierra del Ahillo (Jaén).

Clave: 5-07

Cuenca Hidrográfica: GUADALQUIVIR

Longitud (Km):

Superficie (ha): 13.411

Río/Cuenca: Guadajoz

Municipio: Martos, Fuensanta de Martos, Castillo de Locubín, Valdepeñas de Jaén.

Código de inventario PICHRA: P5-D9310

- Características Básicas:

Replantaciones forestales en 3.408 has.

Creación de infraestructura viaria forestal (31 Km).

Obras de prevención de incendios (11 Km).

- Problemática a resolver:

Deforestación y pérdida de suelo fértil, evaluada por el ICONA en 100-200 Tn/ha.año .

Riesgo de colmatación del Embalse del Víboras.

- Importe estimado: 1717,5 Mpta.

- Agentes:

Junta de Andalucía.

ORGANISMO:

NOMBRE DOCUMENTO:

LISTADO DE INVERSIONES DE LA DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS DE LA JUNTA ANDALUCIA AÑO 1.994

DESCRIPCION DOCUMENTO:

A5.417.602/2111. Encauzamiento del Barranco de la Villa en Martos.

MUNICIPIO

MartosN. PUNTO
ESTUDIADO**2135**

PROVINCIA JAEN

MUNICIPIO Martos

NUCLEO: Martos

CAUCE: Arroyo de la Villa

CAUSAS Y ACCIONES SEGUN RESPONSABLE MUNICIPAL**RIESGO**

- ☒ NORMAL
☐ GRAVE
☐ MUY GRAVE

CAUSAS

- ☐ NE: NO ENCAUZADO
☐ AM: ACCION DE LAS MAREAS
☐ BL: BARRA LITORAL QUE OBSTACULIZA LA EVACUACION DEL AGUA
☒ DRA: DEFICIENTE RED DE ALCANTARILLADO Y DRENAJE
☐ ED: ENCAUZAMIENTO DETERIORADO
☐ ENB: ELEVACION DEL NIVEL DE BASE POR CONCENTRACION DE DEPOSITOS
☐ FOA: FUERTE OCUPACION AGRICOLA
☐ FOU: FUERTE OCUPACION URBANA
☐ FOV: FUERTE OCUPACION VIARIA DE LOS CAUCES
☐ HRP: HIPOTETICA ROTURA DE PRESA
☐ ISC: INSUFICIENTE SECCION DEL CAUCE
☐ ISOP: INSUFICIENTE SECCION OBRAS DE FABRICA EN CRUCES DE CAUCES (CARRETERAS Y FERROCARRIL)
☐ OTRAS CAUSAS

PLAZO ACCIONES

- ☒ CORTO
☐ MEDIO
☐ LARGO

ACCIONES ACONSEJABLES

- ☐ ADP: AMPLIACION OBRAS DE FABRICA DE LOS PUENTES
☐ CC: CORRECCION DE CAUCES CON PEQUEÑOS AZUDES, DEFENSAS DE MARGENES
☐ CE: CORRECCION Y ENCAUZAMIENTO, DESVIOS Y TRASVASES
☐ DL: DRAGADO Y LIMPIEZA DE CAUCES
☐ DLC: DRAGADO, LIMPIEZA Y CORTAS
☐ DRA: DEFENSA DE LA RED DE ALTA TENSION
☐ ECA: EXTRACCION CONTROLADA DE ARIDOS
☐ EDP: ESTUDIO CAPACIDAD DESAGUE DE LOS PUENTES EN CARRETERAS Y FERROCARRIL
☐ E: ENCAUZAMIENTO
☐ EE: ENSANCHE Y ENCAUZAMIENTO
☐ EH: ESTUDIO HIDROLOGICO
☐ EIC: ESTUDIO PLURIDISCIPLINAR DE TODA LA CUENCA
☐ EL: ESTABILIZACION DE LADERAS
☐ ER: EMBALSE DE REGULACION EN CABECERA
☐ ERD: ESTUDIO DE LA RED DE DRENAJE
☐ ERDV: ESTUDIO RED DE DRENAJE EN TODA LA RED VIARIA
☐ ME: OBRAS DE DEFENSA EN EL CAUCE
☐ OD: DIQUES DE RETENCION DE SOLIDOS DE CABECERA
☐ ODA: OBRAS DE DRENAJE AGRICOLA
☒ RDA: RED DE DRENAJE Y ALCANTARILLADO
☐ RF: REPOBLACION FORESTAL
☐ SAIH: INSTALACION DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE INFORMACION HIDROLOGICA
☐ VC: VIGILANCIA Y CONTROL DE LOS CAUCES
☐ OTRAS ACCIONES

MUNICIPIO **Martos**

PROVINCIA: JAEN

MUNICIPIO: Martos

N. PUNTO
ESTUDIADO **2135**

NUCLEO: Martos

CAUCE: Arroyo de la Villa

CAUCE QUE ATRAVIESA EL NUCLEO

NUCLEO : **Martos**

CAUCE : **Arroyo de la Villa**

DATOS DEL CAUCE QUE ATRAVIESA EL NUCLEO

DIMENSIONES
APROXIMADAS

LONGITUD EN
SUELO:

ANCHO DEL CAUCE (m): 2-2,7

ALTO DEL CAUCE (m): 2-2,7

URBANO: 0

URBANIZABLE EN DESARROLLO 0

URBANIZABLE PREVISTO: 0

SUELE DESBORDAR



PRODUCE DAÑOS



FECHAS EN LAS QUE SE HAN REGISTRADO INUNDACIONES

1996, 1997

OBSERVACIONES

Tormentas.

Inundación de algunas casas de escasa importancia.

Acumulación de lodos en calles.

OBRAS DE PROTECCION EXISTENTES

TIENE OBRAS DE PROTECCION



TIPO Y DESCRIPCION

Embovedado (2,70 x 2,70). Tubería D= 2000.

MUNICIPIO **Martos**
N. PUNTO **2135**
ESTUDIADO

PROVINCIA: JAEN
MUNICIPIO: Martos
NUCLEO: Martos
CAUCE: Arroyo de la Villa

OBSERVACIONES DEL PUNTO ESTUDIADO

OBSERVACIONES DEL TECNICO MUNICIPAL

*Imbornales en plaza Fuente Villa, inicio C/ Agua, inicio travesía Cascajal.
Propone abrir paso en terraplén de la línea de FF.CC. Por encima de embovedado para evitar que el agua se acumule.*

OBSERVACIONES DEL ENCUESTADOR

Actualmente se ha finalizado la ejecución de un tramo en el Arroyo de la Villa que evita el desbordamiento por las calles Dolores Escobedo y Bajo de Santa Lucía debido al mismo. Sin embargo el problema está en que las aguas provenientes de las ramblas que desembocan en la C/ Agua y la Cañada del Cascajal discurren por superficie de las calles al ser insuficientes los imbornales existentes.

Debería estudiarse la posibilidad de canalizar dichas aguas hacia el embovedado del Arroyo Fuente de la Villa.

El embovedado del Arroyo Fuente de la Villa se practicó por un paso existente en el terraplén bajo la línea de FF.CC. (parte Sur del núcleo) con lo que se anuló dicho paso y provoca la inundación de la zona al bajar el agua (que no recoge la red de pluviales) por las calles. Dicho paso debería crearse de nuevo.

OBSERVACIONES DE OTROS ORGANISMOS

MUNICIPIO

Martos

PROVINCIA: JAEN

MUNICIPIO: Martos

N. PUNTO
ESTUDIADO**2138**

NUCLEO: Martos

CAUCE: Arroyo Larija

CAUSAS Y ACCIONES SEGUN RESPONSABLE MUNICIPAL**RIESGO**

- ☒ NORMAL
☐ GRAVE
☐ MUY GRAVE

CAUSAS

- ☐ NE: NO ENCAUZADO
☐ AM: ACCION DE LAS MAREAS
☐ BL: BARRA LITORAL QUE OBSTACULIZA LA EVACUACION DEL AGUA
☒ DRA: DEFICIENTE RED DE ALCANTARILLADO Y DRENAJE
☐ ED: ENCAUZAMIENTO DETERIORADO
☐ ENB: ELEVACION DEL NIVEL DE BASE POR CONCENTRACION DE DEPOSITOS
☐ FOA: FUERTE OCUPACION AGRICOLA
☐ FOU: FUERTE OCUPACION URBANA
☐ FOV: FUERTE OCUPACION VIARIA DE LOS CAUCES
☐ HRP: HIPOTETICA ROTURA DE PRESA
☐ ISC: INSUFICIENTE SECCION DEL CAUCE
☒ ISOP: INSUFICIENTE SECCION OBRAS DE FABRICA EN CRUCES DE CAUCES (CARRETERAS Y FERROCARRIL)
☐ OTRAS CAUSAS

PLAZO ACCIONES

- ☒ CORTO
☐ MEDIO
☐ LARGO

ACCIONES ACONSEJABLES

- ☒ ADP: AMPLIACION OBRAS DE FABRICA DE LOS PUENTES
☐ CC: CORRECCION DE CAUCES CON PEQUEÑOS AZUDES, DEFENSAS DE MARGENES
☐ CE: CORRECCION Y ENCAUZAMIENTO, DESVIOS Y TRASVASES
☒ DL: DRAGADO Y LIMPIEZA DE CAUCES
☐ DLC: DRAGADO, LIMPIEZA Y CORTAS
☐ DRA: DEFENSA DE LA RED DE ALTA TENSION
☐ ECA: EXTRACCION CONTROLADA DE ARIDOS
☐ EDP: ESTUDIO CAPACIDAD DESAGUE DE LOS PUENTES EN CARRETERAS Y FERROCARRIL
☒ E: ENCAUZAMIENTO
☐ EE: ENSANCHE Y ENCAUZAMIENTO
☐ EH: ESTUDIO HIDROLOGICO
☐ EIC: ESTUDIO PLURIDISCIPLINAR DE TODA LA CUENCA
☐ EL: ESTABILIZACION DE LADERAS
☐ ER: EMBALSE DE REGULACION EN CABECERA
☐ ERD: ESTUDIO DE LA RED DE DRENAJE
☐ ERDV: ESTUDIO RED DE DRENAJE EN TODA LA RED VIARIA
☐ ME: OBRAS DE DEFENSA EN EL CAUCE
☐ OD: DIQUES DE RETENCION DE SOLIDOS DE CABECERA
☐ ODA: OBRAS DE DRENAJE AGRICOLA
☒ RDA: RED DE DRENAJE Y ALCANTARILLADO
☐ RF: REPOBLACION FORESTAL
☐ SAIH: INSTALACION DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE INFORMACION HIDROLOGICA
☐ VC: VIGILANCIA Y CONTROL DE LOS CAUCES
☒ OTRAS ACCIONES

MUNICIPIO **Martos**

PROVINCIA: JAEN

MUNICIPIO: Martos

N. PUNTO
ESTUDIADO **2138**

NUCLEO: Martos

CAUCE: Arroyo Larija

CAUCE QUE ATRAVIESA EL NUCLEO

NUCLEO : **Martos**

CAUCE : **Arroyo Larija**

DATOS DEL CAUCE QUE ATRAVIESA EL NUCLEO

DIMENSIONES APROXIMADAS	LONGITUD EN SUELO:	ANCHO DEL CAUCE (m):	2-3
		ALTO DEL CAUCE (m):	
		URBANO:	0
		URBANIZABLE EN DESARROLLO	0
		URBANIZABLE PREVISTO:	0

SUELE DESBORDAR ☒

PRODUCE DAÑOS ☐

FECHAS EN LAS QUE SE HAN REGISTRADO INUNDACIONES

1996, 1997

OBSERVACIONES

*Tormentas intensas en poco tiempo.
Inundación naves industriales sin importancia.
Acumulación de lodos en calles.*

OBRAS DE PROTECCION EXISTENTES

TIENE OBRAS DE PROTECCION ☐

TIPO Y DESCRIPCION

Sólo paso bajo la carretera D= 400.

MUNICIPIO **Martos**
N. PUNTO **2138**
ESTUDIADO

PROVINCIA: JAEN
MUNICIPIO: Martos
NUCLEO: Martos
CAUCE: Arroyo Larija

OBSERVACIONES DEL PUNTO ESTUDIADO

OBSERVACIONES DEL TECNICO MUNICIPAL

X

Encauzamiento incluyendo paso bajo la carretera.

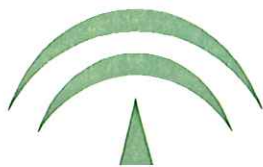
OBSERVACIONES DEL ENCUESTADOR

Arroyo que se encuentra en la parte Oeste del núcleo. La única canalización existente es el paso bajo la carretera J-2210 Martos-Fuensanta de Martos con una sección insuficiente, por lo que el agua llega a inundar las naves industriales (sin daños importantes) y se produce una acumulación de lodos en la carretera pero sin llegar a cortarla.

Se debería mejorar el estado de las cunetas, limpiar el cauce antes del paso, y así como realizar un nuevo paso, y canalizar el Arroyo Larija mediante un canal abierto paralelo a las calles.

OBSERVACIONES DE OTROS ORGANISMOS

✓



JUNTA DE ANDALUCIA

CONSEJERIA DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS

PLAN DE PREVENCION CONTRA AVENIDAS E INUNDACIONES EN CAUCES URBANOS ANDALUCES

PROVINCIA DE **JAEN**

INGENIERO DIRECTOR DEL ESTUDIO

D. JOAQUIN RODRIGUEZ PEREZ DE OCAMPO

CONSULTOR

INFORMES Y PROYECTOS, S.A.



2

CALIFICACION DE RIESGOS

AYUNTAMIENTO **Martos**

N. CENSO **23060**

LISTADO DE PUNTOS ESTUDIADOS

Nº INE NUCLEO	NUCLEO	Nº CAUCE	CAUCE	N. DE PUNTO NEGRO
23060000501	Martos	212601	Arroyo de la Villa	2135
23060000501	Martos	212602	Arroyo Larija	2138

MUNICIPI **Martos**

N. CENSO **23060**

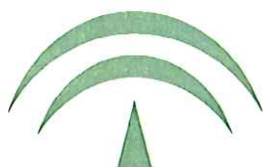
PROVINCIA: JAEN

VALORACION DE LOS NIVELES DE RIESGO

DE ACUERDO CON LA TABLA ANTERIOR SE VALORAN LOS NIVELES DE RIESGO DE LOS PUNTOS NEGROS:

LISTADO DE PUNTOS ESTUDIADOS

N. PUNTO ESTUDIADO			
NUCLEO	CAUCE	FRECUENCIA-DAÑOS	NIVEL DE RIESGO
2135			
Martos	Arroyo de la Villa	B5	MODERADO
2138			
Martos	Arroyo Larija	B5	MODERADO



JUNTA DE ANDALUCIA

CONSEJERIA DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS

PLAN DE PREVENCION CONTRA AVENIDAS E INUNDACIONES EN CAUCES URBANOS ANDALUCES

PROVINCIA DE **JAEN**

INGENIERO DIRECTOR DEL ESTUDIO

D. JOAQUIN RODRIGUEZ PEREZ DE OCAMPO

CONSULTOR

INFORMES Y PROYECTOS, S.A.



3

HIDROLOGIA E HIDRAULICA

AYUNTAMIENTO **Martos**

N. CENSO **23060**

LISTADO DE PUNTOS NEGROS

Nº INE NUCLEO	NUCLEO	Nº CAUCE	CAUCE	N. DE PUNTO NEGRO
23060000501	Martos	212601	Arroyo de la Villa	2135
23060000501	Martos	212602	Arroyo Larija	2138

MUNICIPIO **Martos**

N. PUNTO NEGRO **2135** RIESGO

MODERADO

PROVINCIA: **JAEN**

MUNICIPIO: **Martos**

NUCLEO: **Martos**

CAUCE: **Arroyo de la Villa**

DESCRIPCION DEL PROBLEMA. FOTOGRAFIAS.

Foto 1.- Inicio tramo entubado con D= 2000.



Foto 2.- Inicio tramo entubado con D= 2000.



Foto 3.- Cañada del Cascajal. Puede observarse el mal mantenimiento del cauce, lo que provoca que las aguas acarreen gran cantidad de arrastres.



Foto 4.- Cañada del Cascajal. Puede observarse el mal mantenimiento del cauce; así como manchas debido al paso del agua. También se aprecia la inexistencia de imbornales.



Foto 5.- Cañada del Cascajal. Puede observarse el mal mantenimiento del cauce; así como manchas debido al paso del agua. También se aprecia la inexistencia de imbornales.



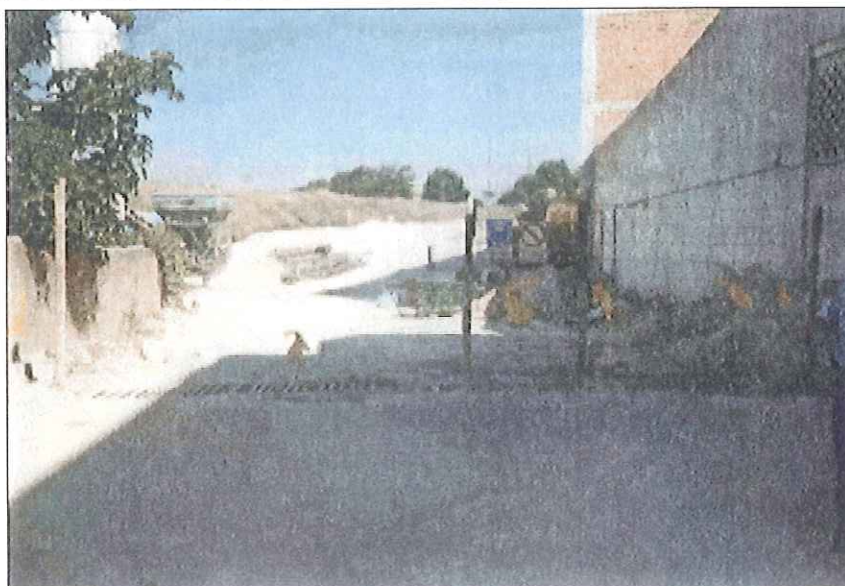
Foto 6.- Cañada de la C/ Agua. Se observa como se ha hormigonado parte del cauce y la inexistencia de un imbornal. No obstante las márgenes están con mucha maleza y el agua, al no tener capacidad la red, discurre superficialmente por la calle.



Foto 7.- Cañada de la C/ Agua. El agua, al no tener capacidad la red, discurre superficialmente por la calle.

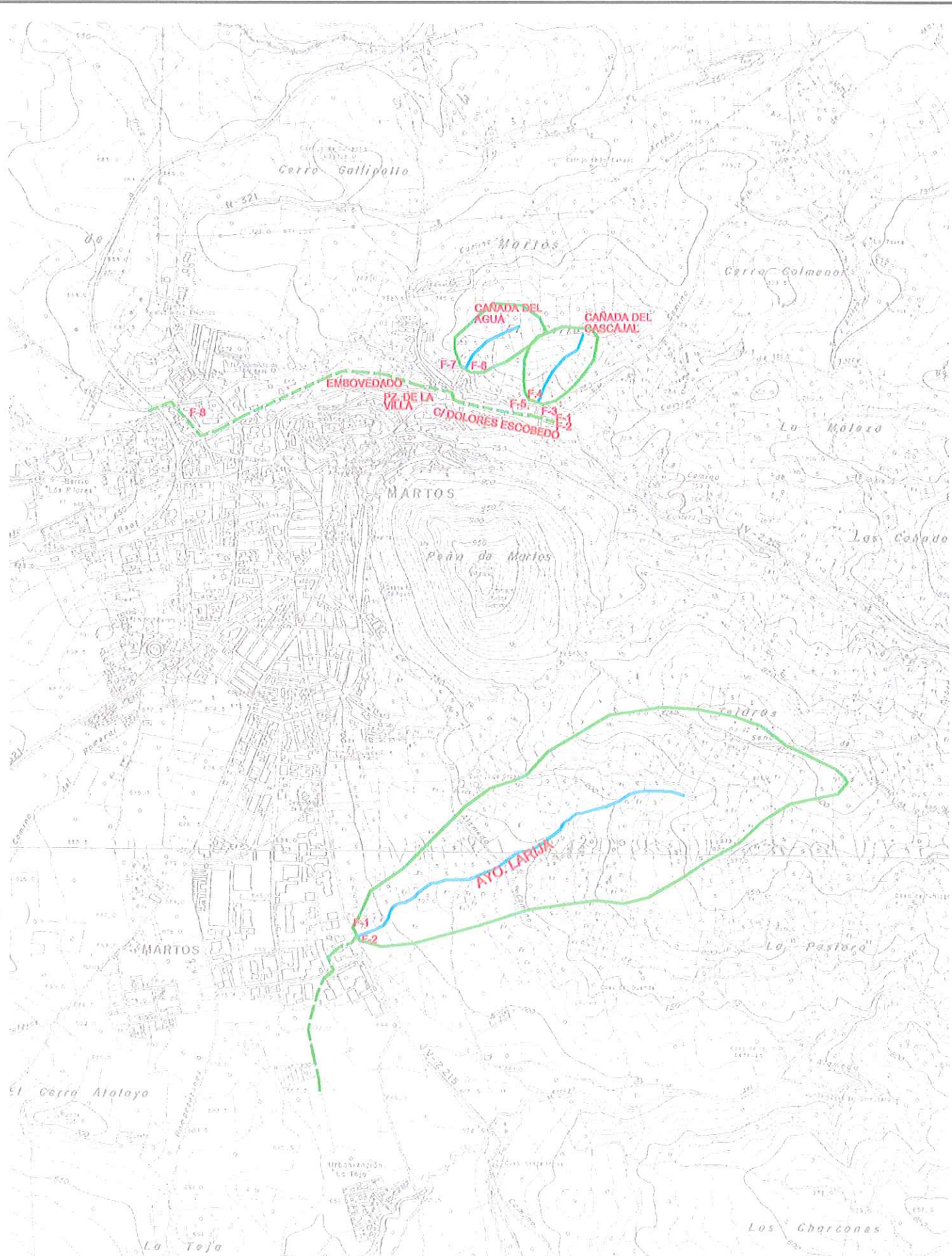


Foto 8.- Zona, en el tramo C del embovedado, contigua a la línea FF.CC. (fuera de servicio) que queda inundada al recoger las aguas pluviales desaguadas superficialmente por las calles a pesar de las rejillas existentes.



MUNICIPIO **Martos**PROVINCIA: JAEN
MUNICIPIO: Martos
NUCLEO: Martos
CAUCE: Arroyo de la VillaN. PUNTO NEGRO **2135** RIESGO**MODERADO****DATOS DE LAS SUBCUENCAS**

SUBCUENCA REFERENCIA		DENOMINACION: CAÑADA DEL CASCAJA	
SUPERFICIE TOTAL :	0.07 km2	PENDIENTE CALCULADA :	23.75 %
LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL :	0.32 km	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc) :	0.17 horas
COTA MAXIMA :	806 m.s.n.m	CAUDAL OBTENIDO PARA LA SUBCUENCA	
COTA MINIMA :	730 m.s.n.m.		
NUMERO DE CURVA DEL S.C.S.:	88	50 años -	0.96 m3 / seg
FACTOR DE ALMACENAMIENTO:	0.08 horas	100 años -	1.11 m3 / seg
TIEMPO DE RETRASO::	0 horas	500 años -	1.43 m3 / seg
SUBCUENCA REFERENCIA		DENOMINACION: CAÑADA DEL AGUA	
SUPERFICIE TOTAL :	0.06 km2	PENDIENTE CALCULADA :	23.08 %
LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL :	0.26 km	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc) :	0.14 horas
COTA MAXIMA :	795 m.s.n.m	CAUDAL OBTENIDO PARA LA SUBCUENCA	
COTA MINIMA :	735 m.s.n.m.		
NUMERO DE CURVA DEL S.C.S.:	88	50 años -	0.85 m3 / seg
FACTOR DE ALMACENAMIENTO:	0.07 horas	100 años -	0.98 m3 / seg
TIEMPO DE RETRASO::	0 horas	500 años -	1.26 m3 / seg



23080-1



CONSEJERIA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS

PLAN DE PREVENCIÓN CONTRA AVENIDAS E
INUNDACIONES EN CAUCES URBANOS ANDALUCES

Título	Provincia:	JAÉN	Punto:	Escala:
CUENCA VERTIENTE	Municipio:	MARTOS	2135	1:20.000
	Núcleo:	MARTOS	2138	

ESTUDIO HIDRAULICO. SITUACION ACTUAL.**DESCRIPCION**

El Arroyo de la Villa recorre la parte Norte de la población.

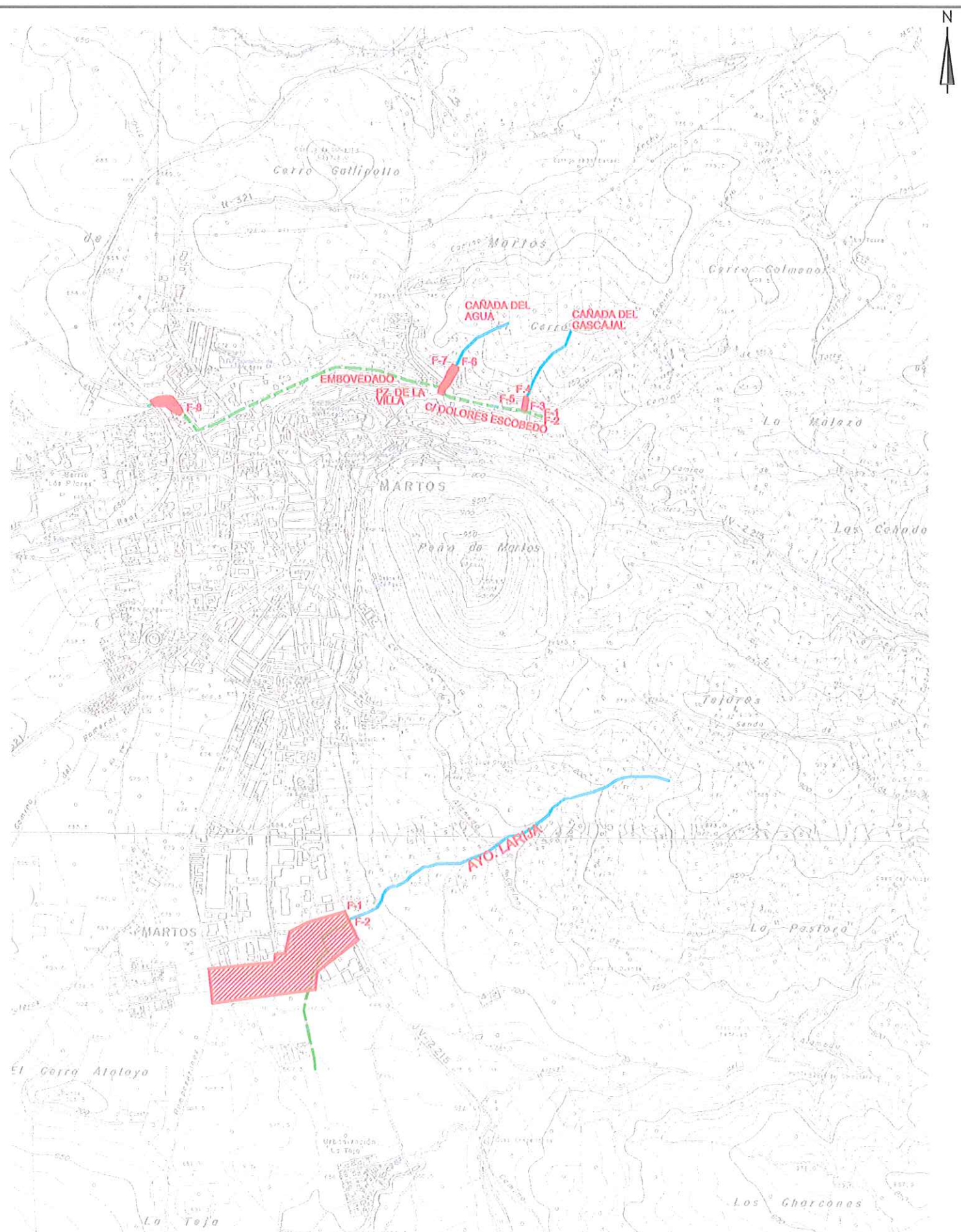
Se encuentra canalizado primeramente (tramo A) con sección circular de diámetro $D = 2000$ mm (Fotos 1 y 2), y posteriormente embovedado con sección 2,70 m en base y 2,70 m de alto en clave. (tramo B). Con éstos tramos se evita el desbordamiento del Arroyo en las calles Dolores Escobedo y Baja Santa Lucía.

Sin embargo existen problemas a pesar de la canalización ya que las aguas provenientes de las ramblas Cañada del Agua y Cañada del Cascajal discurren superficialmente por las calles, atrancando los pocos sumideros existentes en la zona, ya que las aguas acarrean gran cantidad de arrastres. En las fotos 3,4 y 5 se muestra el aspecto de la Cañada del Cascajal y en las Fotos 6,7 y 8 la Cañada del Agua.

Por último el tramo C de la canalización (foto 8) situado en la parte Oeste del municipio (ver plano) practicado en el paso existente en el terraplén bajo la línea de FFCC (fuera de servicio) sufre inundaciones al recoger las aguas pluviales desaguadas superficialmente por las calles.

CAUSAS. DESCRIPCION ESQUEMATICA**DRA**

DEFICIENTE RED DE ALCANTARILLADO Y DRENAJE



23080-1



CONSEJERIA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS

PLAN DE PREVENCIÓN CONTRA AVENIDAS E
INUNDACIONES EN CAUCES URBANOS ANDALUCES

Título
ZONAS AFECTADAS

Provincia: JAÉN
Municipio: MARTOS
Núcleo: MARTOS

Punto:
2135
2138

Escala:
1:20.000

MUNICIPIO **Martos**

N. PUNTO NEGRO **2138** RIESGO

MODERADO

PROVINCIA: **JAEN**

MUNICIPIO: **Martos**

NUCLEO: **Martos**

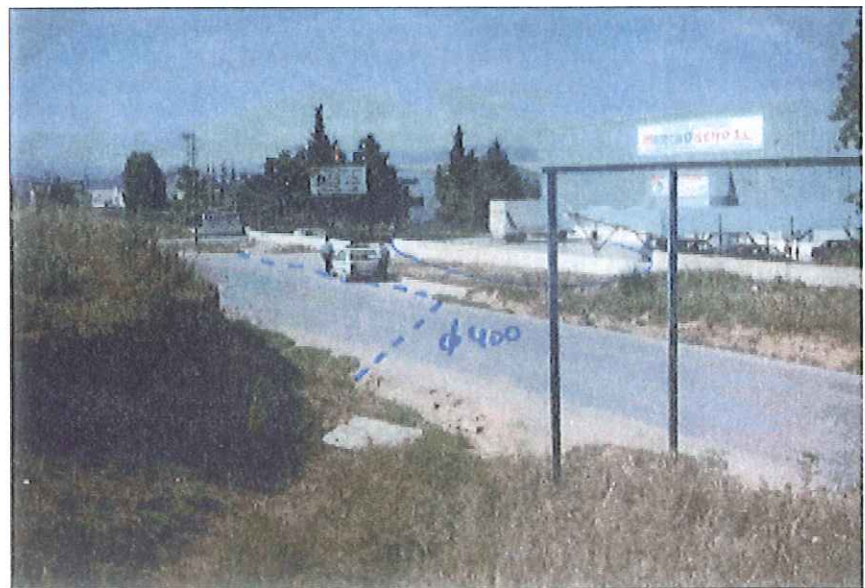
CAUCE: **Arroyo Larija**

DESCRIPCION DEL PROBLEMA. FOTOGRAFIAS.

Foto 1.- Se observa la sección del cauce repleto de maleza.



Foto 2.- Naves industriales afectadas.



MUNICIPIO **Martos**

PROVINCIA: JAEN
MUNICIPIO: Martos
NUCLEO: Martos
CAUCE: Arroyo Larija

N. PUNTO NEGRO **2138** RIESGO

MODERADO

ESTUDIO HIDROLOGICO. PRECIPITACION.

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS PARA EL PERIODO DE RETORNO CONSIDERADO

FUENTE DEL DATO DE PRECIPITACION MAXIMA:

ESTUDIO DE REGIMENES EXTREMOS EN LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR

PERIODO DE RETORNO CONSIDERAD PRECIPITACION MAXIMA APLICADA

50 años	93 mm / 24 h.
100 años	104 mm / 24 h.
500 años	127 mm / 24 h.

CARACTERISTICAS DE LA CUENCA DE APORTACION

SUPERFICIE TOTAL : 1.68 km2
LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL 1.68 km
COTA MAXIMA : 915 m.s.n.m.
COTA MINIMA : 693 m.s.n.m.

PENDIENTE CALCULADA : 13.21 %
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN Tc 0.65 horas

TIPO DE CUENCA: GRANDE Tc>6 horas.
PEQUEÑA Tc<6 horas.

PEQUEÑA

ESTUDIO HIDROLOGICO. OBTENCION DEL CAUDAL.

TIPO DE ESTUDIO

METODO DE CALCULO USADO: HEC-1

ESTUDIO NUEVO

ESTUDIO CONSULTADO

ESTUDIO NUEVO

TITULO DEL PROYECTO CONSULTADO

DETERMINACION POR EL PROGRAMA HEC-1 (cuencas grandes)

DURACION DE LA TORMENTA PESIMA :

NUMERO DE SUBCUENCAS COMPUTADAS:

CAUDAL RESULTANTE :

CAUDAL ADOPTADO :

50 AÑOS	100 AÑOS	500 AÑOS
38	38	38 horas
1	1	1
11.24	12.96	16.57 m3 / seg
12.96		m3 / seg

MUNICIPIO **Martos**

PROVINCIA: JAEN

MUNICIPIO: Martos

NUCLEO: Martos

CAUCE: Arroyo Larija

N. PUNTO NEGRO **2138** RIESGO

MODERADO

DATOS DE LAS SUBCUENCAS

SUBCUENCA REFERENCIA		DENOMINACION: UNICA	
SUPERFICIE TOTAL :	1.68 km2	PENDIENTE CALCULADA :	13.21 %
LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL :	1.68 km	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc) :	0.65 horas
COTA MAXIMA :	915 m.s.n.m	CAUDAL OBTENIDO PARA LA SUBCUENCA	
COTA MINIMA :	693 m.s.n.m.		
NUMERO DE CURVA DEL S.C.S.:	88	50 años -	11.24 m3 / seg
FACTOR DE ALMACENAMIENTO:	0.46 horas	100 años -	12.96 m3 / seg
TIEMPO DE RETRASO::	0 horas	500 años -	16.57 m3 / seg

MUNICIPIO

Martos

PROVINCIA: JAEN

MUNICIPIO: Martos

N. PUNTO NEGRO

2138 RIESGO

MODERADO

NUCLEO: Martos

CAUCE: Arroyo Larija

ESTUDIO HIDRAULICO. SITUACION ACTUAL.

DESCRIPCION

El Ayo. Larija se encuentra en la parte oeste del núcleo. La única canalización existente es el paso bajo la carretera J-2210 con sección insuficiente por lo que el agua inunda las naves industriales con acumulación de lodos por tormentas intensas, pero no ocasiona daños importantes.

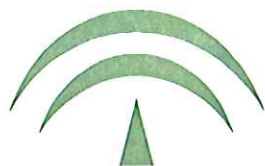
CAUSAS. DESCRIPCION ESQUEMATICA

ISOP

INSUFICIENTE SECCION OBRAS DE FABRICA EN CRUCES DE CAUCES

DRA

DEFICIENTE RED DE ALCANTARILLADO Y DRENAJE



JUNTA DE ANDALUCIA

CONSEJERIA DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS

PLAN DE PREVENCION CONTRA AVENIDAS E INUNDACIONES EN CAUCES URBANOS ANDALUCES

PROVINCIA DE **JAEN**

INGENIERO DIRECTOR DEL ESTUDIO

D. JOAQUIN RODRIGUEZ PEREZ DE OCAMPO

CONSULTOR

INFORMES Y PROYECTOS, S.A.



4

VALORACION Y PROGRAMACION

AYUNTAMIENTO **Martos**

N. CENSO **23060**

LISTADO DE PUNTOS NEGROS

Nº INE NUCLEO	NUCLEO	Nº CAUCE	CAUCE	N. DE PUNTO NEGRO
23060000501	Martos	212601	Arroyo de la Villa	2135
23060000501	Martos	212602	Arroyo Larija	2138

PROPUESTA DE ACTUACION.

Se propone la canalización de las aguas procedentes de la Cañada del Agua y de la Cañada del Cascajal hacia el embovedado del Arroyo Fuente de la Villa, decantando primeramente los arrastres mediante sendos diques de retención de sólidos en cabecera.. Con esta actuación se eliminaría las inundaciones que se producen en la zona del paso del FFCC al discurrir las aguas por la canalización.

Los caudales de las cuencas procedentes de dichas cañadas para un periodo de retorno de 100 años son 0.98 y 1.11 m3/seg respectivamente (en la hoja del estudio hidrológico se ha puesto la mayor).

El calado hidráulico se ha realizado para una sección circular D= 600 mm, y pendiente 0.04

DESCRIPCION DE LAS ACTUACIONES PROPUESTAS

TIPO ACTUACION: **EE** **ENSANCHE Y ENCAUZAMIENTO**

NOMBRE ACTUACION: **Encauzamineto de la Cañada del Agua y Cañada del Cascajal.**

PLAZO_ACCION: **LARGO PLAZO**

DESCRIPCION: *Entubado de las Cañadas del Agua y de la Cañada del Cascajal hacia el Arroyo de la Villa con tubería de hormigón armado (sección D=600 mm o similar)*

TIPO ACTUACION: **OD** **DIQUES DE RETENCION DE SOLIDOS DE CABECERA**

NOMBRE ACTUACION: **Dique de retención de sólidos.**

PLAZO_ACCION: **LARGO PLAZO**

DESCRIPCION: *Ejecución de dique de retención de sólidos en la Cañada del Agua y en la Cañada del Cascajas.*

MUNICIPIO

Martos

PROVINCIA: JAEN

MUNICIPIO: Martos

NUCLEO: Martos

CAUCE: Arroyo de la Villa

N. PUNTO NEGRO **2135** RIESGO

MODERADO

ACTUACIONES, VALORACION, PROGRAMACION DEL PUNTO NEGRO

TIPO ACTUACION: EE ENSANCHE Y ENCAUZAMIENTO

NOMBRE ACTUACION: Encauzamineto de la Cañada del Agua y Cañada del Cascajal.

DESCRIPCION: Entubado de las Cañadas del Agua y de la Cañada del Cascajal hacia el Arroyo de la Villa con tubería de hormigón armado (sección D=600 mm o similar)

MEDICION: 300 m x 30324 pts/m.

PRESUPUESTO: 10,000,000 pts.

PRIORIDAD: B

PLAZO_ACCION: LARGO PLAZO

ESTADO_EJECUCION: Futuro

TIPO ACTUACION: OD DIQUES DE RETENCION DE SOLIDOS DE CABECERA

NOMBRE ACTUACION: Dique de retención de sólidos.

DESCRIPCION: Ejecución de dique de retención de sólidos en la Cañada del Agua y en la Cañada del Cascajal.

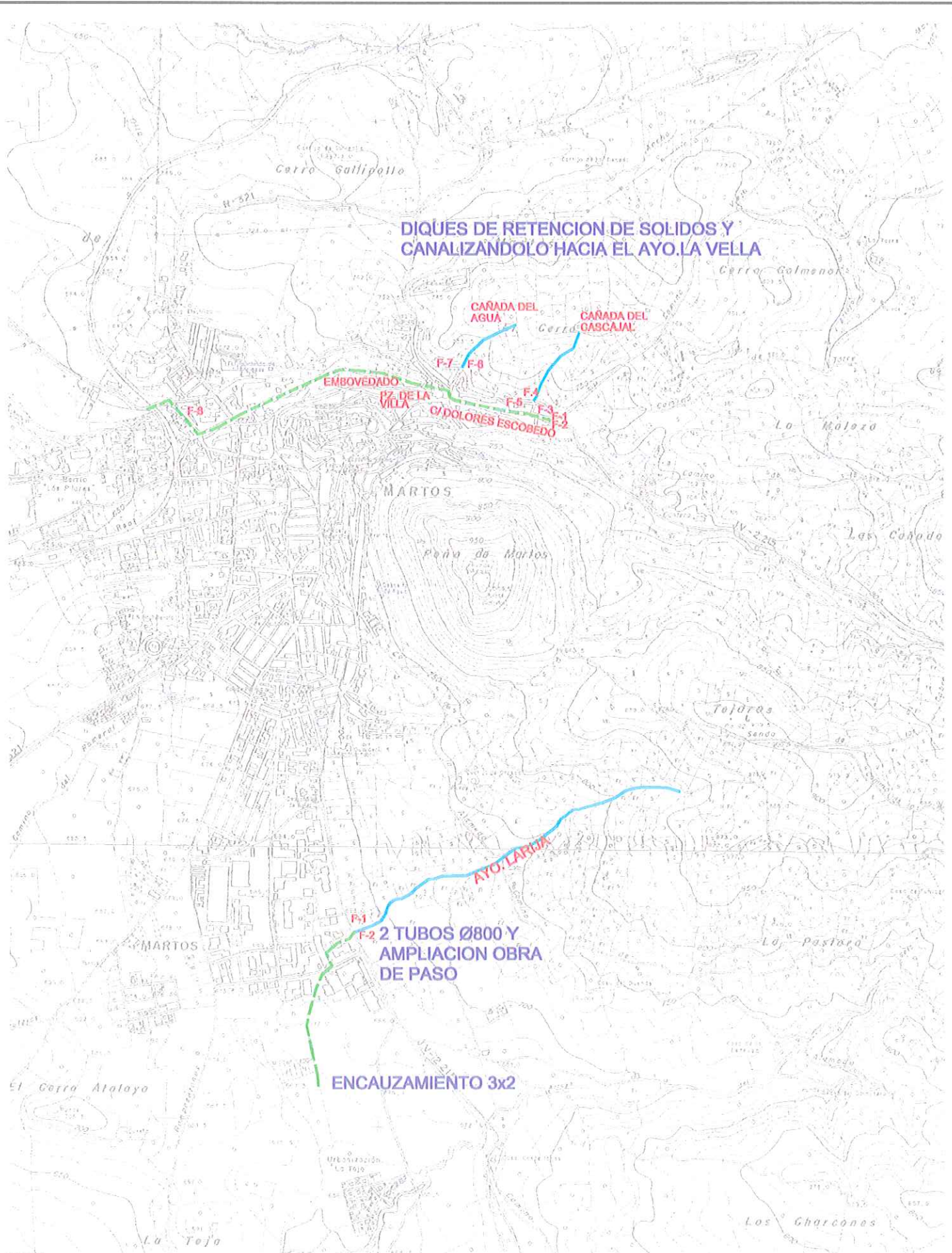
MEDICION: 2 ud de dique.

PRESUPUESTO: 600,000 pts.

PRIORIDAD: B

PLAZO_ACCION: LARGO PLAZO

ESTADO_EJECUCION: Futuro



23080-1



CONSEJERIA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS

PLAN DE PREVENCIÓN CONTRA AVENIDAS E
INUNDACIONES EN CAUCES URBANOS ANDALUCES

Título

ACTUACION

Provincia: JAÉN
Municipio: MARTOS
Núcleo: MARTOS

Punto:

2135
2138

Escala:

1:20.000

MUNICIPIO

Martos

PROVINCIA: JAEN

MUNICIPIO: Martos

N. PUNTO NEGRO **2138** RIESGO**MODERADO**

NUCLEO: Martos

CAUCE: Arroyo Larija

ESTUDIO HIDRAULICO. PROPUESTA DE ACTUACION.**DESCRIPCION**

Encauzamiento del Ayo. Larija a su paso por el polígono industrial, así como la ampliación de la obra de fábrica existente en el cruce con la carretera J-2210. Es conveniente hacer también una limpieza del cauce antes de entrar en el desagüe de la carretera.

DESCRIPCION ESQUEMATICA

ADP	AMPLIACION OBRAS DE FABRICA DE LOS PUENTES
DL	DRAGADO Y LIMPIEZA DE CAUCES
E	ENCAUZAMIENTO
RP	REDACCION DE PROYECTO

CALCULO HIDRAULICO

CAUDAL DE CALCULO :	12.96 m3/seg
COEF. DE RUGOSIDAD APLICADO (n de Manning) :	0.02
PENDIENTE MEDIA ENTRE PERFILES TRANSVERSALES :	0.015 m/m
CALADO MEDIO EN EL EJE :	1.49 m
VELOCIDAD MEDIA :	4.35 m/seg
ANCHO MEDIO DEL CAUCE LLENO :	2 m
RESGUARDO CONSIDERADO :	0.5 m
LONGITUD :	300 m

MUNICIPIO **Martos**

PROVINCIA: JAEN
MUNICIPIO: Martos
NUCLEO: Martos
CAUCE: Arroyo Larija

N. PUNTO NEGRO **2138** RIESGO **MODERADO**

ACTUACIONES, VALORACION, PROGRAMACION DEL PUNTO NEGRO

TIPO ACTUACION: ADP AMPLIACION OBRAS DE FABRICA DE LOS PUENTES
NOMBRE ACTUACION: Actuación en el cruce del Ayo. Larija con la ctra. J-2220.
DESCRIPCION: Ampliación de la obra de fábrica del cruce de Ayo. Larija con la carretera J-2210

MEDICION: 2 ud. x 7 m.

PRESUPUESTO: 481,530 pts.
PRIORIDAD: B
PLAZO_ACCION: LARGO PLAZO
ESTADO_EJECUCION: Futuro

TIPO ACTUACION: DL DRAGADO Y LIMPIEZA DE CAUCES
NOMBRE ACTUACION: Mantenimiento del Arroyo Larija.
DESCRIPCION: Dragado y limpieza del cauce

MEDICION: 100 m. x 500 Ptas./ml

PRESUPUESTO: 500,000 pts.
PRIORIDAD: B
PLAZO_ACCION: LARGO PLAZO
ESTADO_EJECUCION: Futuro

TIPO ACTUACION: E ENCAUZAMIENTO
NOMBRE ACTUACION: Encauzamiento del Arroyo Larija.
DESCRIPCION: Encauzamiento del Ayo. Larija a su paso por el Polígono Industrial

MEDICION: Solera: 300 m.x 2 m. x 0,2 m. x 9000 Ptas/m3. Muros: 2 Ud. x 300 m. x 27882 Ptas./ml.

PRESUPUESTO: 18,349,200 pts.
PRIORIDAD: B
PLAZO_ACCION: LARGO PLAZO
ESTADO_EJECUCION: Futuro

MUNICIPIO

Martos

PROVINCIA: JAEN

MUNICIPIO: Martos

NUCLEO: Martos

CAUCE: Arroyo Larija

N. PUNTO NEGRO **2138** RIESGO

MODERADO

TIPO ACTUACION: RP REDACCION DE PROYECTO

NOMBRE ACTUACION: Proyecto de encauzamiento del Arroyo Larija.

DESCRIPCION: Redacción del Proyecto de encauzamiento

MEDICION: 5 % del proyecto

PRESUPUESTO: 917,460 pts.

PRIORIDAD: B

PLAZO_ACCION: LARGO PLAZO

ESTADO_EJECUCION: Futuro



ACLARACIONES AL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD
EN EL T.M. DE MARTOS (JAÉN) EN RELACIÓN AL
ARROYO FUENTE DE LA VILLA

ACLARACIONES AL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD EN EL T.M. DE MARTOS (JAÉN) EN RELACIÓN AL ARROYO FUENTE DE LA VILLA

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

- 1.1.- ANTECEDENTES Y OBJETO
- 1.2.- ENCARGO
- 1.3.- DEL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD

CAPÍTULO 2. TRABAJOS REALIZADOS

- 2.1.- CONCLUSIONES DERIVADAS PARA EL SECTOR SUB-S_T4
- 2.2.- COMPROBACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA ODT ACTUAL
- 2.3.- CONCLUSIÓN

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

1.1.- ANTECEDENTES Y OBJETO

El presente Informe se redacta como complemento al “Estudio de Inundabilidad en el Término Municipal de Martos (Jaén)”, redactado por INGESA en marzo de 2009.

El objetivo del mismo es la **justificación de la no afección al sector SUB-S_T4** por el arroyo Fuente de la Villa. Para ello se analizará el comportamiento de la ODT ubicada aguas abajo del tramo de arroyo estudiado y su nula afección al planeamiento previsto.

1.2.- ENCARGO

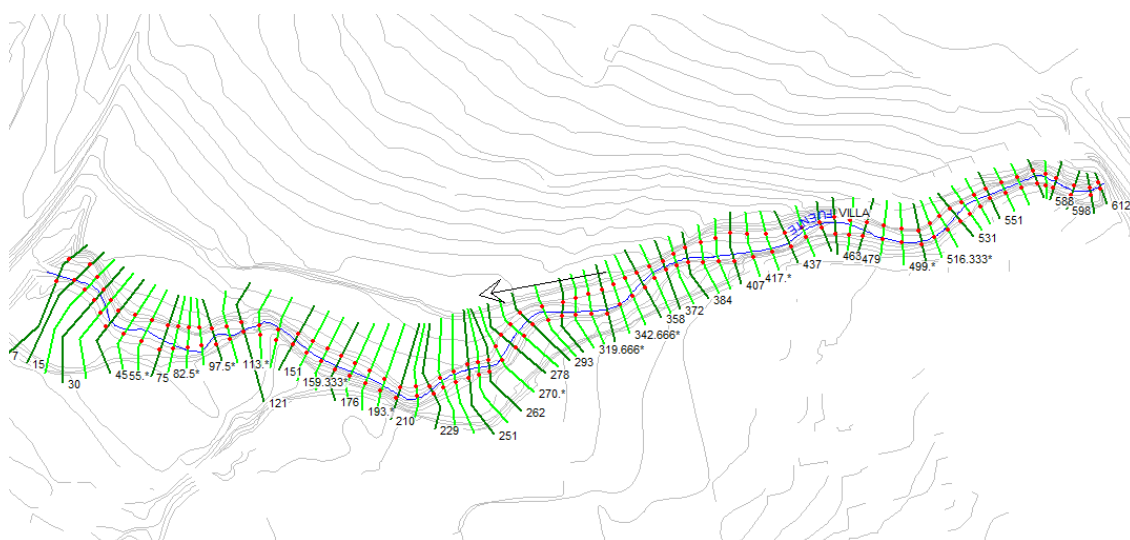
El presente documento se realiza por iniciativa de la empresa PLANE0 representada por los arquitectos Antonio Estrella Lara y Jacinta Ortiz Miranda, redactores del Plan General de Ordenación Urbanística de Martos.

1.3.- DEL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD

Resumimos a continuación las principales conclusiones del “Estudio de Inundabilidad en el Término Municipal de Martos (Jaén)” en relación al Arroyo Fuente de la Villa:

- Caudal de cálculo para $T=500$, $Q_{500}=85,14 \text{ m}^3/\text{s}$
- Topografía empleada: las hojas E1-946 25-27 y 26-27
- Modelo hidráulico de un tramo del arroyo mediante Hec-Ras. El tramo se inicia en la sección 612, a la salida del embovedado y finaliza en la 7, antes del cruce bajo la autovía A-316. Se modelizaron 606 metros de arroyo, aguas arriba del sector SUB-S_T4.

Ilustración 1. Esquema del Modelo Hidráulico del Arroyo de la Fuente de la Villa



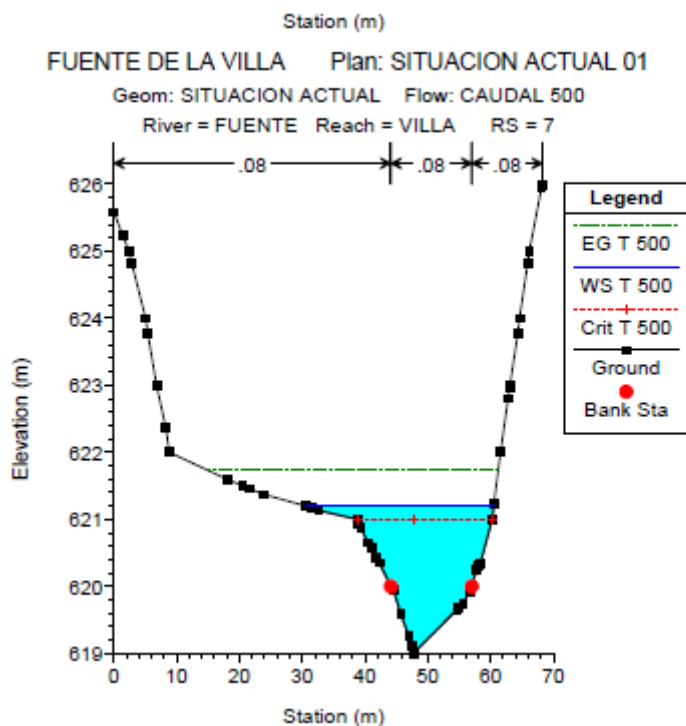
- Cota hidráulica para Q_{500} en el último perfil (River station 7)=+621,20



ACLARACIONES AL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD EN EL T.M. DE MARTOS (JAÉN)
EN RELACIÓN AL ARROYO FUENTE DE LA VILLA

HEC-RAS Plan: SITACT01 River: FUENTE Reach: VILLA Profile: T 500

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
VILLA	612	T 500	85.14	638.00	642.33	642.33	643.15	0.040678	4.61	24.03	14.29	0.78
VILLA	607	T 500	85.14	637.37	639.47	640.35	642.46	0.239438	8.70	12.08	9.99	2.03
VILLA	598	T 500	85.14	636.40	639.23	639.64	640.92	0.075222	5.97	15.97	8.13	1.19
VILLA	588	T 500	85.14	636.00	639.26	639.26	640.27	0.042748	4.76	21.07	10.75	0.89
VILLA	577	T 500	85.14	635.00	639.42	638.02	639.77	0.008349	2.77	36.97	14.31	0.44
VILLA	551	T 500	85.14	635.00	638.15	638.15	639.32	0.045234	4.97	19.45	9.69	0.93
VILLA	531	T 500	85.14	634.00	638.00	636.57	638.24	0.006658	2.35	43.95	20.28	0.39
VILLA	509	T 500	85.14	634.00	636.95	636.91	637.88	0.041158	4.43	21.45	11.73	0.90
VILLA	479	T 500	85.14	633.00	635.72	635.72	636.64	0.043709	4.44	21.54	12.50	0.93
VILLA	463	T 500	85.14	632.11	634.33	634.61	635.61	0.078402	5.12	17.75	11.54	1.21
VILLA	455	T 500	85.14	631.00	634.26	634.26	635.16	0.052427	4.95	21.47	11.79	0.94
VILLA	437	T 500	85.14	630.00	633.29	632.62	633.78	0.017792	3.30	29.19	12.78	0.61
VILLA	407	T 500	85.14	630.00	633.23	631.76	633.40	0.005339	1.86	48.88	19.43	0.34
VILLA	384	T 500	85.14	629.00	633.06	631.69	633.26	0.006081	2.20	46.93	23.02	0.37
VILLA	372	T 500	85.14	629.00	631.97	631.97	633.00	0.051451	4.94	20.61	11.59	0.96
VILLA	358	T 500	85.14	629.00	631.47	631.41	632.11	0.037197	3.82	25.93	17.89	0.83
VILLA	335	T 500	85.14	628.00	630.69	630.23	631.09	0.020728	2.89	32.07	19.91	0.62
VILLA	312	T 500	85.14	627.00	629.84	629.84	630.59	0.034450	4.09	25.20	18.05	0.83
VILLA	293	T 500	85.14	626.00	628.86	628.43	629.50	0.025579	3.62	25.25	12.36	0.72
VILLA	278	T 500	85.14	626.00	628.68	628.18	629.09	0.019328	3.03	33.01	21.89	0.61
VILLA	262	T 500	85.14	625.00	628.46	627.94	628.82	0.014708	3.07	38.22	26.91	0.55
VILLA	251	T 500	85.14	625.00	627.93	627.89	628.59	0.032743	3.97	27.12	20.63	0.81
VILLA	229	T 500	85.14	624.00	627.76	627.20	628.00	0.011559	2.76	45.89	32.16	0.48
VILLA	210	T 500	85.14	624.00	627.23	627.14	627.75	0.024165	3.66	32.73	27.27	0.69
VILLA	176	T 500	85.14	623.00	626.37	625.58	626.75	0.013399	2.94	35.17	19.87	0.53
VILLA	151	T 500	85.14	622.03	625.57	625.11	626.31	0.024362	4.02	25.49	14.80	0.72
VILLA	121	T 500	85.14	621.07	624.99	624.99	625.46	0.017322	3.55	38.72	45.80	0.61
VILLA	105	T 500	85.14	621.00	623.39	623.50	624.38	0.054010	4.57	20.43	12.75	1.01
VILLA	75	T 500	85.14	620.00	622.76	622.03	623.06	0.013383	2.52	37.34	21.24	0.53
VILLA	45	T 500	85.14	619.40	622.19	622.02	622.57	0.021789	3.01	35.38	29.78	0.65
VILLA	30	T 500	85.14	619.00	621.88	621.73	622.21	0.019414	3.01	42.55	46.58	0.61
VILLA	15	T 500	85.14	619.00	621.97	621.28	621.92	0.013517	2.51	46.48	48.14	0.52
VILLA	7	T 500	85.14	619.00	621.20	620.99	621.73	0.036050	3.38	29.43	30.13	0.82



CAPÍTULO 2. TRABAJOS REALIZADOS

2.1.- CONCLUSIONES DERIVADAS PARA EL SECTOR SUB-S_T4

De la cartografía utilizada, cartografía digital 1:2.000 de la Junta de Andalucía hojas E1-946 25-27 y 26-27, se desprende que el cauce del arroyo continúa descendiendo en cota en el tramo cercano al sector pasando de 617m a 610m aproximadamente y que la sección transversal del cauce no presenta estrechamientos respecto a las secciones estudiadas aguas arriba.

Por este motivo, es imposible que la cota máxima de agua para la avenida de periodo de retorno 500 años supere ese valor de referencia de 621,20 m en el tramo próximo al Sector SUB-S_T4, aguas abajo del modelizado.

Dado que el Sector SUB-S_T4 se ubica a cotas superiores a ese valor tomado como referencia, +623,50, queda asegurada la no inundabilidad del mismo por el Arroyo Fuente de la Villa.

2.2.- COMPROBACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA ODT ACTUAL

Como ya se ha comentado, el “Estudio de Inundabilidad en el Término Municipal de Martos (Jaén)” modelizó un tramo del arroyo Fuente de la Villa de 600 m de longitud, inmediatamente aguas arriba de la obra de drenaje transversal existente, (en adelante ODT), para el cruce de la autovía A-316.

El Ayuntamiento de Martos, nos ha facilitado los datos topográficos de la mencionada ODT, que presenta las siguientes características:

- Marco de hormigón armado ejecutado in situ dotado de aletas tanto a la entrada como a la salida
- Dimensiones interiores 4,40 m de ancho y 5 m de altura, con chaflanes de 1 m en la losa superior.
- Longitud 72,21 m
- Pendiente longitudinal del 2,00% en los primeros 41,76 m y el 2,50 % en los 30,45 m restantes
- Buen estado de conservación

Ilustración 2.- Aspecto actual de la ODT del Arroyo Fuente de la Villa bajo la A-316.



Partiendo de los datos expuestos, se procederá al cálculo hidráulico mediante el programa FlowMaster v8.11.01.03 de la Empresa Haestad Methods, Inc. basándonos en la aplicación de la Fórmula de Manning.

$$v = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * \sqrt{i}$$

sustituyendo la velocidad como el coeficiente entre el caudal y la sección, tenemos:

$$Q = \frac{1}{n} * S * R_h^{\frac{2}{3}} * \sqrt{i}$$

siendo:

- v: velocidad, en m/seg.
- Q: Caudal circulante, en m³/seg.
- n: Coeficiente de Manning dependiente del material de las secciones de estudio
- R_h: Radio hidráulico, R_h=S/P_m.
 - S: Sección mojada por el agua, en m².
 - P_m: Perímetro mojado por el agua, en m.
- i: Pendiente del tramo en m/m.

Para el cálculo anterior se ha de partir, además de la topografía del cauce y del caudal circulante, de otro parámetro básico y determinante, el coeficiente de Manning, que adopta el

valor de 0,015 para el hormigón armado. Dado que la ODT presenta dos tramos diferenciados por la pendiente, se ha optado por realizar la comprobación hidráulica con el menor de los valores, 2%, como criterio conservador.

De los cálculos hidráulicos que a continuación se muestran, se desprende que la ODT tiene suficiente capacidad para vehicular la avenida extraordinaria de 500 años de periodo de retorno.

Ilustración 3.- Comprobación de la capacidad de la ODT bajo la A-316

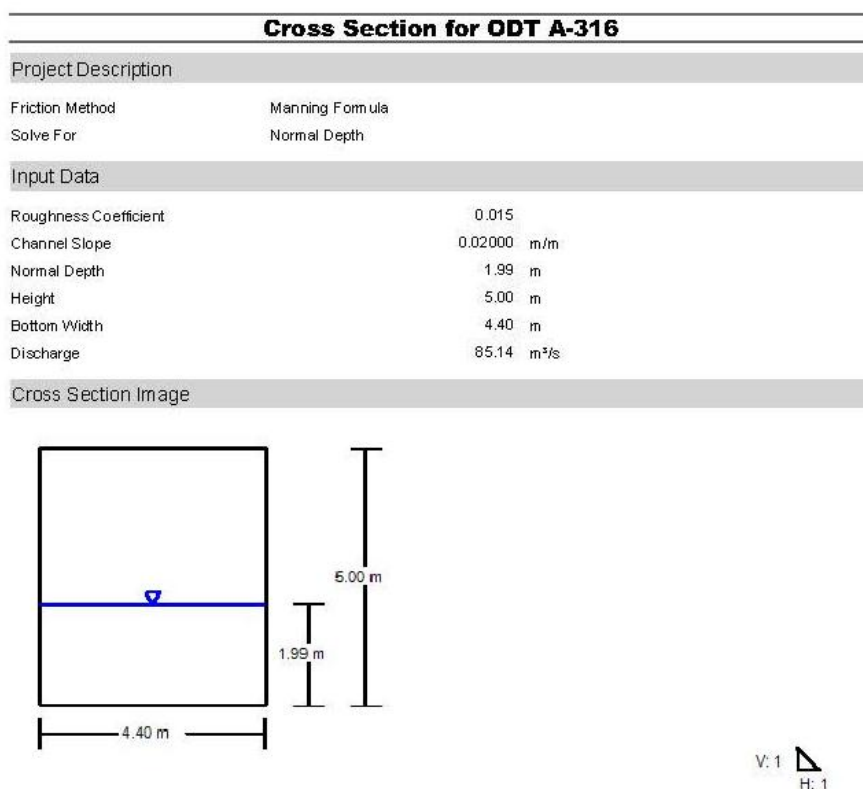


Tabla 1.- Resultados numéricos de la comprobación hidráulica de la ODT bajo la A-316.

ODT A-316			
Project Description			
Friction Method	Manning Formula		
Solve For	Normal Depth		
Input Data			
Roughness Coefficient	0.015		
Channel Slope	0.02000	m/m	
Height	5.00	m	
Bottom Width	4.40	m	
Discharge	85.14	m³/s	
Results			
Normal Depth	1.99	m	
Flow Area	8.77	m²	
Wetted Perimeter	8.38	m	
Hydraulic Radius	1.05	m	
Top Width	4.40	m	
Critical Depth	3.37	m	
Percent Full	39.8	%	
Critical Slope	0.00508	m/m	
Velocity	9.71	m/s	
Velocity Head	4.81	m	
Specific Energy	6.80	m	
Froude Number	2.20		
Discharge Full	230.33	m³/s	
Slope Full	0.14637	m/m	
Flow Type	Supercritical		
GVF Input Data			
Downstream Depth	0.00	m	
Length	0.00	m	
Number Of Steps	0		
GVF Output Data			
Upstream Depth	0.00	m	
Profile Description			
Profile Headloss	0.00	m	
Average End Depth Over Rise	0.00	%	
Normal Depth Over Rise	39.85	%	
Downstream Velocity	Infinity	m/s	
Upstream Velocity	Infinity	m/s	
Normal Depth	1.99	m	
Critical Depth	3.37	m	
Channel Slope	0.02000	m/m	

Como se desprende de los datos anteriores, la lámina de agua para el Q_{500} alcanza los 2 metros de altura en condiciones ideales y para una pendiente de cálculo del 2%, por lo que la capacidad del marco es más que suficiente.

Si tenemos en cuenta que a la salida de la ODT nos encontramos la isolínea de la cota +617 m, es razonable pensar que la lámina de agua para la avenida extraordinaria no superará la cota +619 m, valor éste muy inferior a +623,50 m, cota a la que se ubica el sector SUB-S_T4.

2.3.- CONCLUSIÓN

El sector SUB-S_T4 se ubica aguas abajo del modelo hidráulico para el arroyo Fuente de la Villa estudiado, y aguas debajo de la ODT existente para el cruce de la A-316, por lo que, dado que

el arroyo no presenta irregularidades fuertes en su trazado ni obstáculos ni cambios bruscos de sección, las conclusiones del modelo pueden ser extrapoladas.

De la cartografía utilizada, cartografía digital 1:2.000 de la Junta de Andalucía hojas E1-946 25-27 y 26-27, se desprende que el cauce del arroyo continúa descendiendo en cota en el tramo cercano al sector.

Dado que la cota máxima de agua para la avenida de periodo de retorno 500 años alcanza la cota + 621,20 m aguas arriba de la ODT, y que Sector SUB-S_T4 se ubica a cotas superiores a la +623,50 m, es imposible que la llanura de inundación del Arroyo Fuente de la Villa afecte al citado Sector.

En cuanto al posible aporte del arroyo innominado, éste va a ser mínimo, dado que la cuenca vertiente es muy pequeña en comparación con la del arroyo Fuente de la Villa.

En todo caso, la ficha urbanística del sector T4 obligará a que el planeamiento de desarrollo incluya el correspondiente estudio de inundabilidad del arroyo innominado que linda con la parcela, para evidenciar la no afección de esta escorrentía al sector.

Por otro lado, la capacidad hidráulica de la ODT es muy superior al caudal de cálculo, ubicando la cota de la lámina de agua a la salida en el entorno de +619, ubicada muy por debajo de la cota a la que se sitúa el Sector.

Con cuanto antecede y el resto de documentación que se incorpora al presente Documento, creemos haber explicitado suficientemente el alcance del presente trabajo y haber cumplimentado el encargo recibido, por lo que sometemos el Documento a la tramitación correspondiente.

Córdoba, Agosto de 2.013

I N G E S A

LA INGENIERA DE CAMINOS, C. Y P.



Fdo: Lourdes Martínez Juguera

Colegiada nº 14.835

ESTUDIOS DE INUNDABILIDAD EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MARTOS (JAÉN)



FECHA
MARZO 2009

ENCARGO

REDACCIÓN DEL ESTUDIO

INGESA

ARQUITECTOS
ANTONIO ESTRELLA LARA
JACINTA ORTIZ MIRANDA

INGENIERO DE CAMINOS, C Y P.
MARÍA ORTIZ MIRANDA



DOCUMENTO NÚMERO 1. MEMORIA

DOCUMENTO NÚMERO 1. MEMORIA

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

- 1.1.- ANTECEDENTES Y OBJETO
- 1.2.- ENCARGO
- 1.3.- ENTORNO DE ACTUACIÓN
- 1.4.- BASES DE PARTIDA Y NORMATIVA DE APLICACIÓN

CAPÍTULO 2. TRABAJOS REALIZADOS

- 2.1.- TOPOGRAFÍA
- 2.2.- ESTUDIO HIDROLÓGICO
- 2.3.- ESTUDIO HIDRÁULICO
- 2.4.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS
- 2.5.- INCIDENCIAS CON LA ORDENACIÓN EXISTENTE
- 2.6.- ORDENACIÓN DEL ESTUDIO Y DOCUMENTOS DE QUE CONSTA
- 2.7.- CONCLUSIÓN

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

1.1.- ANTECEDENTES Y OBJETO

El presente Estudio de Inundabilidad se redacta como complemento al documento del Plan General de Ordenación Urbanística del Término Municipal de Martos en la provincia de Jaén.

El objetivo del mismo es el de estudiar la llanura de inundación para la avenida extraordinaria de periodo de retorno 500 años de dos arroyos del término municipal de Martos, concretamente:

- 1- Arroyo de la Fuente de la Villa
- 2- Arroyo Larija

1.2.- ENCARGO

El presente documento se realiza por iniciativa de los arquitectos Antonio Estrella Lara y Jacinta Ortiz Miranda, redactores del mencionado Plan General de Ordenación Urbanística.

1.3.- ENTORNO DE ACTUACIÓN

1.3.1.- ARROYO DE LA FUENTE DE LA VILLA

El tramo del arroyo estudiado se localiza al noroeste del núcleo urbano de Martos. Concretamente se inicia tras el tramo en el que el arroyo discurre embovedado bajo los viales de la zona urbana y finaliza antes del cruce bajo la autovía A-316.

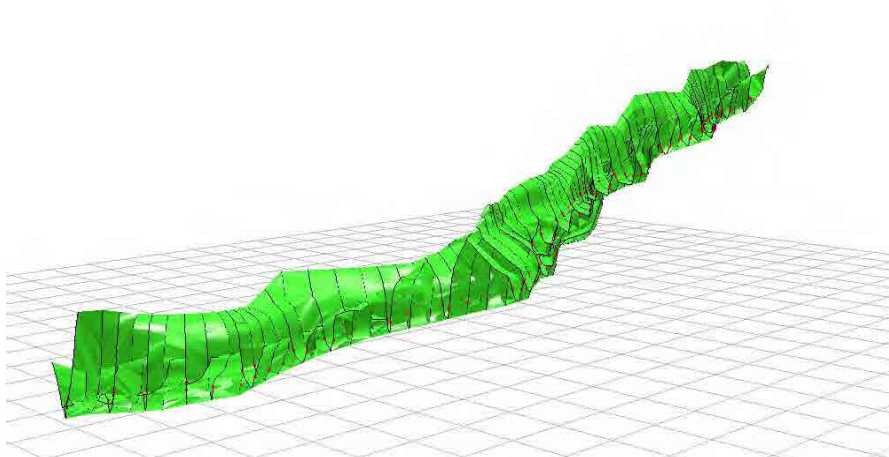
En la actualidad este embovedado no sólo recoge las aguas pluviales sino también diversas acometidas de saneamiento, por lo que el caudal que vierte a la zona de estudio es la suma de pluviales y residuales. No obstante, y en cumplimiento de Directiva Comunitaria 91/271/CEE, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, se prevé en breve la ejecución de las obras de la "Agrupación de Vertidos de Martos", cuyo proyecto ya está redactado. Esta actuación contempla la construcción de un sistema de colectores que conduzcan las aguas residuales hasta la nueva EDAR, también próxima a construirse.

Por este motivo en el cálculo del caudal no se ha considerado el caudal de aguas negras.

El tramo de estudio se inicia en la sección 612, a la salida del embovedado y finaliza en la 7, antes del cruce bajo la autovía A-316. Se han modelizado del orden de 606 metros de arroyo.

En total se han obtenido de la cartografía 33 secciones transversales que, tras su interpolación han generado el modelo digital del terreno para el cálculo de la llanura de inundación.

Ilustración 1. Modelo 3D del tramo del Arroyo Fuente de la Villa



La geometría media del Arroyo Fuente de la Villa varía a lo largo del tramo discurriendo los primeros 200 metros por un cauce muy encajado de entre 8 y 10 metros de profundidad para posteriormente ir abriendo su sección y disminuir su profundidad a unos 5 o 6 metros.

Las pendientes longitudinales, obtenidas a partir de la topografía con que contamos, resultan ser las siguientes:

- Pendiente media del tramo 3,00 %
- Pendiente inicial (previa a la salida del embovedado) 1,7 %
- Pendiente final 3,6 %

Las pendientes de los tramos inicial y final serán las que se empleen como condiciones de contorno por ser las que mejor describen el comportamiento del río.

La vegetación, como puede comprobarse en las imágenes que siguen, es abundante en el cauce de aguas bajas y en buena parte de las márgenes.

Se ha tenido en cuenta la presencia de estas masas arbustivas para la determinación del coeficiente de rugosidad, distinguiendo cauce principal y llanuras de inundación.

A continuación se muestran varias imágenes que caracterizan la zona.

Ilustración 2. Aspecto del cauce del arroyo Fuente de la Villa



Ilustración 3. Aspecto de las márgenes del arroyo Fuente de la Villa

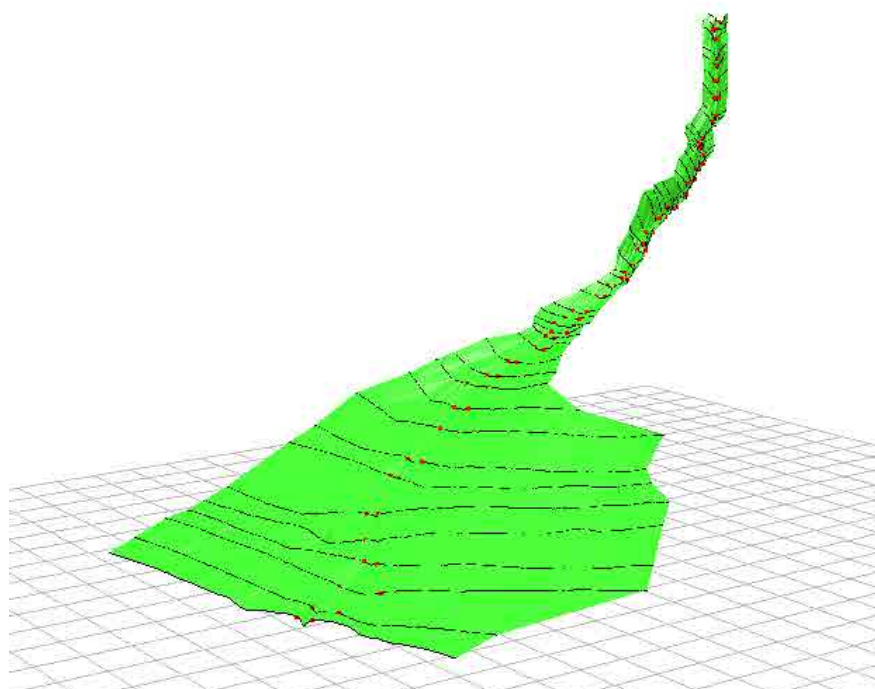


1.3.2.- ARROYO LARIJA

El Arroyo Larija se encuentra ubicado al sureste del núcleo urbano de Martos. El tramo de estudio se inicia en la sección 1040 y finaliza en la 13, antes de la desembocadura del arroyo a la cuneta de la carretera JA-3305, de Martos a Fuensanta de Martos. Se han modelizado 1020 metros de arroyo.

En total se han obtenido de la cartografía 49 secciones transversales con las que se ha generado el modelo digital del terreno para el cálculo de la llanura de inundación.

Ilustración 4. Modelo 3D del tramo del Arroyo Larija



La geometría media de este arroyo varía a lo largo del tramo debido a la orografía de la zona ya que pasa de ser un cauce muy encajado con una pendiente longitudinal muy elevada (cerca del 15%) a otra sección de menos profundidad y más abierta que ha obligado a la toma de secciones transversales de gran longitud y geometría heterogénea.

Las pendientes longitudinales, obtenidas a partir de la topografía con que contamos, resultan ser las siguientes:

- Pendiente media del tramo 8,40 %
- Pendiente inicial 17,00 %
- Pendiente final 5,00%

La vegetación, como puede comprobarse en las imágenes que siguen, no es excesiva en el cauce de aguas bajas. En cuanto a las márgenes son en su mayoría mosaicos de cultivos y olivares.

Se ha tenido en cuenta la presencia de estas masas arbustivas para la determinación del coeficiente de rugosidad, distinguiendo cauce principal y llanuras de inundación.

A continuación se muestran varias imágenes que caracterizan la zona.

Ilustración 5. Aspecto del cauce del arroyo Larija



Ilustración 6. Desembocadura a la cuneta de la carretera JA-3305



1.4.- BASES DE PARTIDA Y NORMATIVA DE APLICACIÓN

Como premisas previas se citan las isolíneas, en nuestro caso de precipitaciones máximas en 24h, publicados por la Dirección General de Carreteras en el texto "Máximas Precipitaciones de la España Peninsular" y el período de retorno a considerar.

Como es habitual se ha adoptado el período de retorno de 500 años para la avenida extraordinaria. A partir de ellos se realiza el cálculo del caudal de avenida.

En cuanto a normativa es de aplicación la Instrucción 5.2.IC, Orden de 14 de Mayo de 1.990 del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

CAPÍTULO 2. TRABAJOS REALIZADOS

2.1.- TOPOGRAFÍA

Se ha empleado la cartografía digital 1:2.000 de la Junta de Andalucía, proporcionada por el cliente. Concretamente se han utilizado las hojas E1-946 25-27 y 26-27 para el Arroyo Fuente de la Villa y E-946 27-29 y 27-30 para el Arroyo Larija.

2.2.- ESTUDIO HIDROLÓGICO

Partiendo, como ya se ha comentado, de las isolíneas, en nuestro caso de precipitaciones máximas en 24h, publicados por la Dirección General de Carreteras en el texto "Máximas Precipitaciones de la España Peninsular", se ha obtenido la lluvia de cálculo para el período de retorno considerado

Aunque la superficie de las cuencas es superior a 1 Km², se ha considerado como único punto de control o característico, aquel que ha arrojado los valores de precipitación más desfavorables. La extrapolación se realiza para el periodo de retorno de 500 años. El análisis de los datos anteriormente citados, así como los resultados numéricos y gráficos obtenidos se adjuntan en el Apéndice anteriormente citado. A continuación transcribimos la tabla con el valor adoptado:

Tabla 1. Resumen de valores

COORDENADAS UTM DE PTOS ANALIZADOS		PRECIP. MAX DIARIAS PARA LOS PERIODOS DE RETORNO (mm/día)
		500
ARROYO DE LA FUENTE DE LA VILLA	418.782	147
	4.175.514	
ARROYO LARIJA	416.848	140
	4.174.390	

Conocida la lluvia de cálculo, es preciso determinar las características físicas de la cuenca receptora.

Tabla 2. Caracterización de las cuencas

CUENCA	SUPERFICIE (HA)	PTO. ALTO CUENCA (M)	DISTANCIA (M)	PTO. ALTO CAUCE (M)	DIS.CAUCE (M)	PTO.BAJO (M)
ARROYO DE LA FUENTE DE LA VILLA	898	1240	6240	1160	5963	620
ARROYO LARIJA	104	914	2150	835	1500	690

Careciéndose, como es lógico, de datos de aforo, el cálculo de caudal lo realizaremos por diversos métodos del tipo de los hidrometeorológicos, de forma que obtengamos una visión lo más amplia posible, que nos permita una definición acertada de los caudales previsibles.

Estos son los caudales resultantes para la avenida de periodo de retorno 500 años:

Tabla 3. Resultados de cálculo

CUENCAS	Q_{500} (m ³ /s)	
	Método Racional	Método I.C.-5.1
Arroyo Fuente de La Villa	57,42	85,14
Arroyo Larija	9,84	14,94

Dadas las características de las cuencas que nos ocupan adoptamos como método más apropiado el de la Instrucción 5.2 I.C. fijando por tanto los caudales de cálculo en **85,14 m³/s** y **14,94 m³/s**.

2.3.- ESTUDIO HIDRÁULICO

Determinados los caudales circulantes para la avenida extraordinaria de periodo de retorno 500 años, procede el cálculo de la vehiculación de los tramos de estudio, empleando los programas informáticos HEC-Geo Ras y Hec-Ras (Sistema de Análisis de Río).

Para el cálculo anterior se ha de partir, además de la topografía del cauce y del caudal circulante, de otro parámetro básico y determinante, el coeficiente de Manning, valor dependiente de las condiciones físicas actuales de toda la llanura de inundación de los arroyos en los tramos de estudio.

Señalamos que en el caso del Arroyo Larija la modelización ha sido bastante compleja debido a la topografía de la zona, que, en los últimos metros presenta un cauce poco encajado y por tanto, la llanura inunda buena parte de las márgenes.

Esto ha obligado a la toma de secciones transversales de geometría irregular y gran longitud y a la realización de diversos tanteos tras los que finalmente se ha conseguido una delimitación aproximada de la llanura.

El resumen de los datos obtenidos para cada arroyo modelizado se adjunta en las tablas siguientes. Asimismo, se representan esquemáticamente las llanuras de inundación para 500 años, remitiendo a los planos del presente Estudio para consulta de detalle.

Tabla 4.- Caracterización del modelo del Arroyo Fuente de la Villa

HEC-RAS Plan: SITACT01 River: FUENTE Reach: VILLA Profile: T 500

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
VILLA	612	T 500	85.14	638.00	642.33	642.33	643.15	0.040678	4.61	24.03	14.29	0.78
VILLA	607	T 500	85.14	637.37	639.47	640.35	642.46	0.239438	8.70	12.08	9.99	2.03
VILLA	598	T 500	85.14	636.40	639.23	639.64	640.92	0.075222	5.97	15.97	8.13	1.19
VILLA	588	T 500	85.14	636.00	639.26	639.26	640.27	0.042748	4.76	21.07	10.75	0.89
VILLA	577	T 500	85.14	635.00	639.42	638.02	639.77	0.008349	2.77	36.97	14.31	0.44
VILLA	551	T 500	85.14	635.00	638.15	638.15	639.32	0.045234	4.97	19.45	9.69	0.93
VILLA	531	T 500	85.14	634.00	638.00	636.57	638.24	0.006658	2.35	43.95	20.28	0.39
VILLA	509	T 500	85.14	634.00	636.95	636.91	637.88	0.041158	4.43	21.45	11.73	0.90
VILLA	479	T 500	85.14	633.00	635.72	635.72	636.64	0.043709	4.44	21.54	12.50	0.93
VILLA	463	T 500	85.14	632.11	634.33	634.61	635.61	0.078402	5.12	17.75	11.54	1.21
VILLA	455	T 500	85.14	631.00	634.26	634.26	635.16	0.052427	4.95	21.47	11.79	0.94
VILLA	437	T 500	85.14	630.00	633.29	632.62	633.78	0.017792	3.30	29.19	12.78	0.61
VILLA	407	T 500	85.14	630.00	633.23	631.76	633.40	0.005339	1.86	48.88	19.43	0.34
VILLA	384	T 500	85.14	629.00	633.06	631.69	633.26	0.006081	2.20	48.93	23.02	0.37
VILLA	372	T 500	85.14	629.00	631.97	631.97	633.00	0.051451	4.94	20.61	11.59	0.96
VILLA	358	T 500	85.14	629.00	631.47	631.41	632.11	0.037197	3.82	25.93	17.89	0.83
VILLA	335	T 500	85.14	628.00	630.69	630.23	631.09	0.020728	2.89	32.07	19.91	0.62
VILLA	312	T 500	85.14	627.00	629.84	629.84	630.59	0.034450	4.09	25.20	18.05	0.83
VILLA	293	T 500	85.14	626.00	628.86	628.43	629.50	0.025579	3.62	25.25	12.36	0.72
VILLA	278	T 500	85.14	626.00	628.68	628.18	629.09	0.019328	3.03	33.01	21.89	0.61
VILLA	262	T 500	85.14	625.00	628.46	627.94	628.82	0.014708	3.07	38.22	26.91	0.55
VILLA	251	T 500	85.14	625.00	627.93	627.89	628.59	0.032743	3.97	27.12	20.63	0.81
VILLA	229	T 500	85.14	624.00	627.76	627.20	628.00	0.011559	2.76	45.89	32.16	0.48
VILLA	210	T 500	85.14	624.00	627.23	627.14	627.75	0.024165	3.66	32.73	27.27	0.69
VILLA	176	T 500	85.14	623.00	626.37	625.58	626.75	0.013399	2.94	35.17	19.87	0.53
VILLA	151	T 500	85.14	622.03	625.57	625.11	626.31	0.024362	4.02	25.49	14.80	0.72
VILLA	121	T 500	85.14	621.07	624.99	624.99	625.46	0.017322	3.55	38.72	45.80	0.61
VILLA	105	T 500	85.14	621.00	623.39	623.50	624.38	0.054010	4.57	20.43	12.75	1.01
VILLA	75	T 500	85.14	620.00	622.76	622.03	623.06	0.013383	2.52	37.34	21.24	0.53
VILLA	45	T 500	85.14	619.40	622.19	622.02	622.57	0.021789	3.01	35.38	29.78	0.65
VILLA	30	T 500	85.14	619.00	621.88	621.73	622.21	0.019414	3.01	42.55	46.58	0.61
VILLA	15	T 500	85.14	619.00	621.67	621.28	621.92	0.013517	2.51	46.48	48.14	0.52
VILLA	7	T 500	85.14	619.00	621.20	620.99	621.73	0.036050	3.38	29.43	30.13	0.82

Ilustración 7 Perspectiva de la llanura de inundación del Arroyo Fuente de la Villa

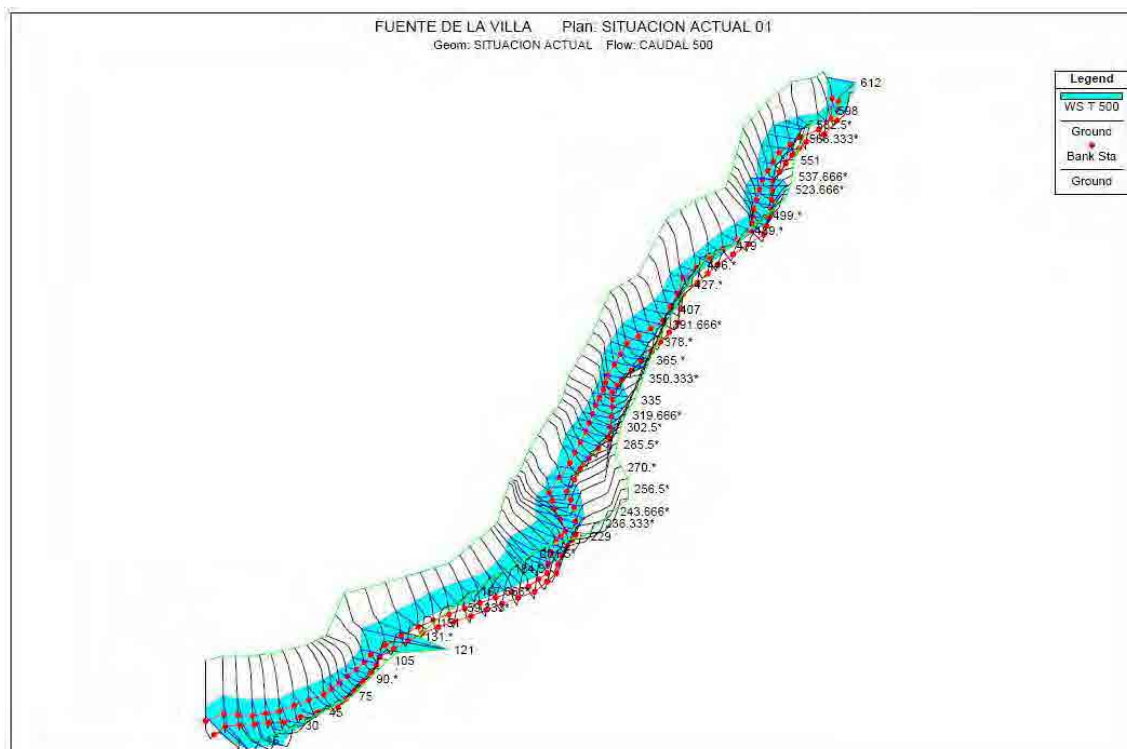
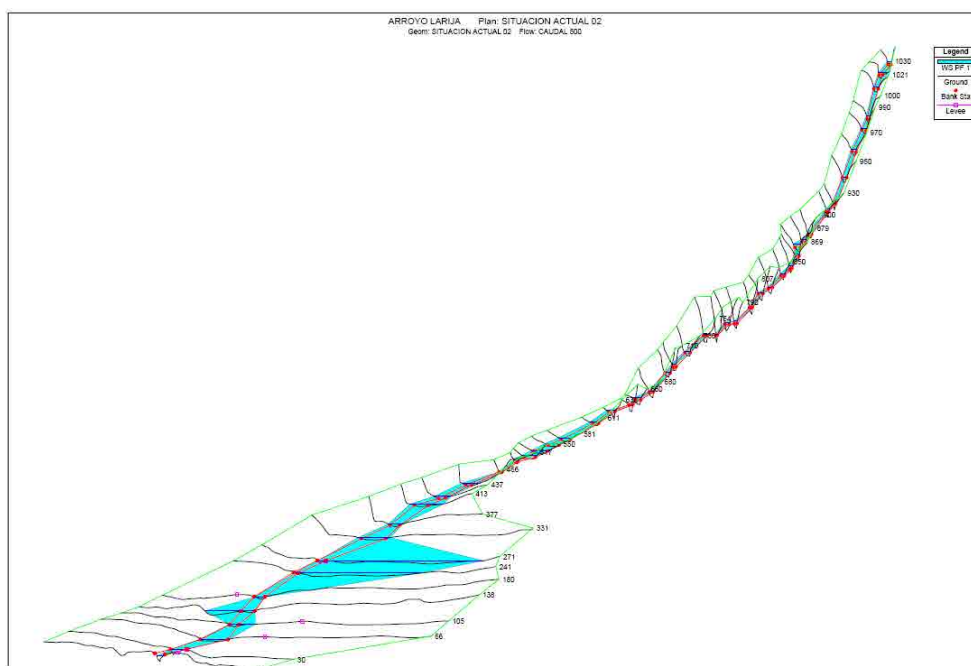


Tabla 5. Caracterización del modelo del Arroyo Larija

HEC-RAS Plan: SITACT02 River: ARROYO Reach: LARIJA Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
LARIJA	1040	PF 1	14.94	774.70	775.40	775.70	776.40	0.170008	4.59	3.55	8.27	1.98
LARIJA	1030	PF 1	14.94	773.00	773.80	774.09	774.79	0.158148	4.69	3.86	11.62	1.90
LARIJA	1021	PF 1	14.94	771.00	771.80	772.19	773.08	0.187699	5.07	3.06	6.01	2.07
LARIJA	1000	PF 1	14.94	766.56	767.66	768.17	769.38	0.178438	5.99	2.76	4.34	2.02
LARIJA	990	PF 1	14.94	765.00	765.83	766.24	767.29	0.231857	5.44	2.89	6.28	2.29
LARIJA	970	PF 1	14.94	761.98	762.79	763.13	763.82	0.128770	4.58	3.48	6.16	1.73
LARIJA	950	PF 1	14.94	758.00	758.77	759.20	760.24	0.256564	5.38	2.79	5.48	2.34
LARIJA	930	PF 1	14.94	754.00	755.20	755.57	756.34	0.147851	4.88	3.39	6.94	1.81
LARIJA	920	PF 1	14.94	753.00	754.14	754.48	755.08	0.101635	4.31	3.70	6.90	1.56
LARIJA	900	PF 1	14.94	750.00	750.69	751.10	752.09	0.228790	5.27	2.92	6.06	2.24
LARIJA	894	PF 1	14.94	749.00	749.78	750.10	750.77	0.133330	4.47	3.52	6.63	1.77
LARIJA	879	PF 1	14.94	748.00	749.16	749.23	749.82	0.043621	3.07	5.25	7.87	1.05
LARIJA	869	PF 1	14.94	746.72	747.65	748.01	748.80	0.151820	4.77	3.23	5.77	1.86
LARIJA	860	PF 1	14.94	745.00	746.00	746.40	747.34	0.160490	5.28	3.07	5.53	1.96
LARIJA	850	PF 1	14.94	744.00	744.90	745.20	745.84	0.120950	4.36	3.61	6.70	1.69
LARIJA	833	PF 1	14.94	742.00	742.95	743.22	743.83	0.118493	4.17	3.61	5.75	1.62
LARIJA	820	PF 1	14.94	741.00	742.16	742.25	742.68	0.055538	3.20	4.72	6.56	1.14
LARIJA	807	PF 1	14.94	739.00	739.96	740.37	741.30	0.217430	5.12	2.92	4.74	2.08
LARIJA	790	PF 1	14.94	737.00	738.02	738.30	738.91	0.095772	4.21	3.70	5.69	1.51
LARIJA	780	PF 1	14.94	736.60	737.67	737.67	738.28	0.037038	2.84	5.39	7.07	0.96
LARIJA	767	PF 1	14.94	735.00	736.17	736.59	737.34	0.135498	4.82	3.23	5.47	1.66
LARIJA	754	PF 1	14.94	735.00	736.08	736.08	736.51	0.042404	2.80	5.17	6.57	0.99
LARIJA	730	PF 1	14.94	733.00	733.85	733.94	734.61	0.184926	4.37	3.48	7.99	1.99
LARIJA	710	PF 1	14.94	730.92	731.88	732.02	732.49	0.063501	3.53	4.42	6.44	1.24
LARIJA	700	PF 1	14.94	730.00	730.62	730.88	731.48	0.184561	4.06	3.69	8.95	1.97
LARIJA	680	PF 1	14.94	727.00	727.99	728.25	728.78	0.100420	3.95	3.82	5.92	1.51
LARIJA	660	PF 1	14.94	726.00	726.98	727.03	727.38	0.044749	2.82	5.53	9.60	1.04
LARIJA	649	PF 1	14.94	725.00	725.84	726.10	726.59	0.104333	3.83	3.90	5.98	1.51
LARIJA	630	PF 1	14.94	724.00	725.17	725.18	725.42	0.034003	2.23	7.34	17.80	0.99
LARIJA	611	PF 1	14.94	723.00	723.49	723.88	724.10	0.170282	3.56	4.81	17.93	1.96
LARIJA	581	PF 1	14.94	720.65	721.24	721.27	721.48	0.050105	2.12	7.80	23.23	1.03
LARIJA	567	PF 1	14.94	720.00	720.40	720.49	720.65	0.070751	2.27	7.09	25.03	1.20
LARIJA	550	PF 1	14.94	719.00	719.43	719.44	719.61	0.052213	1.89	8.09	27.08	1.02
LARIJA	533	PF 1	14.94	718.19	718.71	718.66	718.84	0.028556	1.63	9.87	28.22	0.78
LARIJA	517	PF 1	14.94	717.48	718.10	718.10	718.29	0.038218	1.99	8.19	24.23	0.92
LARIJA	499	PF 1	14.94	716.00	716.36	716.52	716.90	0.238919	3.27	4.80	19.31	2.07
LARIJA	486	PF 1	14.94	714.25	714.74	714.74	714.87	0.041780	1.87	10.06	39.01	0.94
LARIJA	437	PF 1	14.94	712.38	712.81	712.90	713.10	0.094018	2.61	8.83	30.46	1.38
LARIJA	413	PF 1	14.94	711.31	711.71	711.71	711.81	0.039027	1.51	11.76	59.93	0.87
LARIJA	377	PF 1	14.94	708.43	708.61	708.95	709.24	0.165748	2.98	5.40	24.27	1.76
LARIJA	331	PF 1	14.94	706.54	706.97	706.87	706.99	0.049911	1.56	10.03	44.96	0.95
LARIJA	271	PF 1	14.94	703.19	703.54	703.54	703.55	0.003357	0.31	42.90	197.14	0.23
LARIJA	241	PF 1	14.94	701.69	701.76	701.76	701.77	0.001843	0.07	45.82	154.27	0.13
LARIJA	180	PF 1	14.94	698.00	698.32	698.65	701.17	1.798109	7.48	2.00	10.27	5.41
LARIJA	138	PF 1	14.94	696.04	696.31	696.31	696.35	0.011485	0.49	17.74	59.10	0.41
LARIJA	105	PF 1	14.94	694.00	694.40	694.59	695.31	0.489681	4.47	4.06	35.46	2.93
LARIJA	66	PF 1	14.94	691.93	692.25	692.25	692.37	0.058192	1.54	9.75	42.94	1.01
LARIJA	30	PF 1	14.94	690.00	690.79	690.79	690.79	0.000041	0.05	140.88	154.20	0.03
LARIJA	13	PF 1	14.94	689.00	689.65	690.15	690.70	0.205773	4.09	3.85	8.83	2.03

Ilustración 8. Perspectiva de la llanura de inundación del Arroyo Larija



2.4.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A continuación se muestra el gráfico con las cotas de la llanura de inundación alcanzadas para la avenida extraordinaria de 500 años:

Ilustración 9. Cotas de inundación del modelo del Arroyo de la Fuente de la Villa

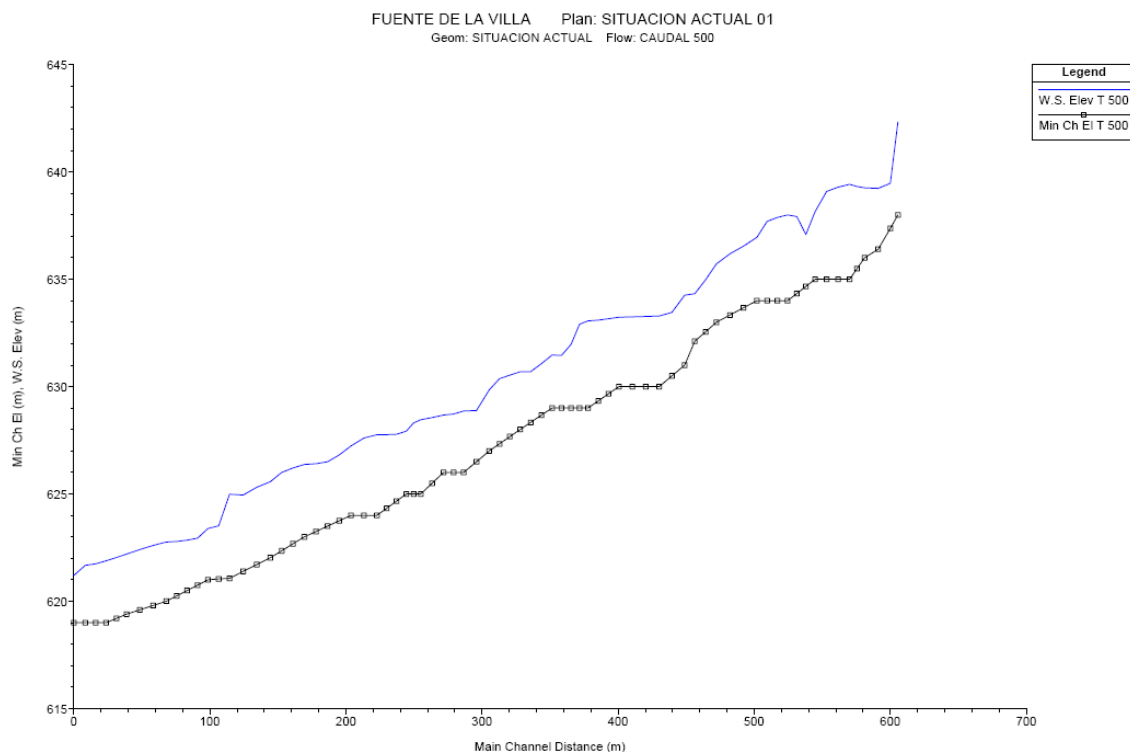
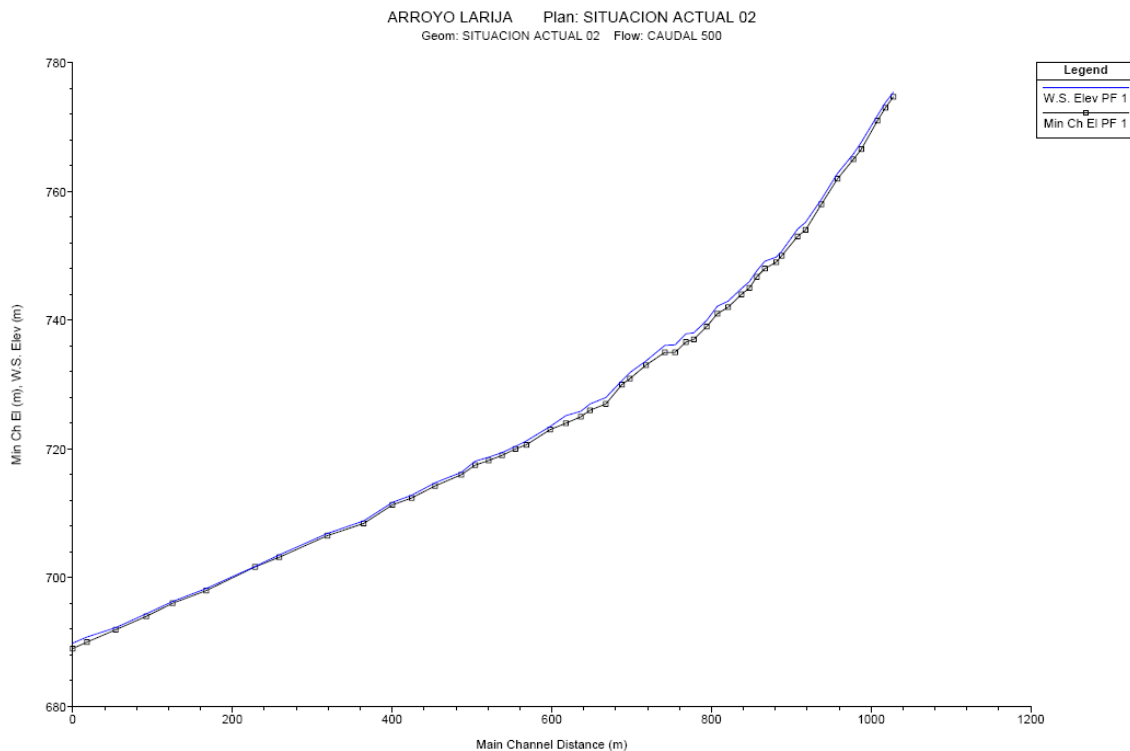


Ilustración 10. Cotas de inundación del modelo del Arroyo Larija



De este gráfico se extraen los valores de cota de lámina de agua en cada perfil para poder trasladarlos a planta y dibujar la llanura de inundación. Esta operación la realiza automáticamente la aplicación Geo-RAS, y el resultado ilustrativo queda recogido en el documento de Planos.

2.5.- INCIDENCIAS CON LA ORDENACIÓN EXISTENTE

Tal y como se desprende del Plano 2.4, la llanura de inundación del arroyo Larija afecta a diversas construcciones cercanas en la zona próxima a la desembocadura en la cuneta de la carretera JA-3305.

Para evitar estas afecciones se plantean diversas propuestas que, en caso de aceptación por parte del Organismo de Cuenca, deberán desarrollarse debidamente en un proyecto técnico.

Estas alternativas, que se explican con detalle en el Anejo 2, son las siguientes:

2.5.1.- PROPUESTA 1. ACONDICIONAMIENTO DEL CAUCE

La primera opción que se plantea es la limpieza y acondicionamiento del cauce en la zona inundable consiguiendo así capacidad suficiente para vehicular el caudal de cálculo para la avenida de retorno de 500 años.

Concretamente, con una sección trapezoidal como la que se muestra y tomando la pendiente natural del terreno (5% aprox.) se conseguiría acotar la llanura a un ancho aproximado de 5,5 metros.

Ilustración 11. Sección propuesta acondicionamiento

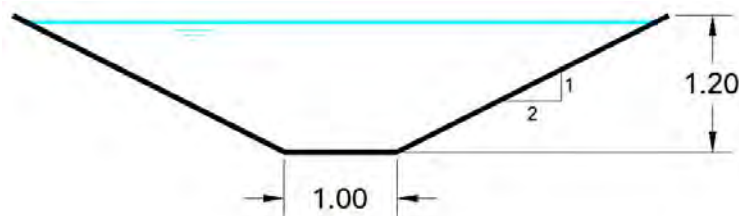
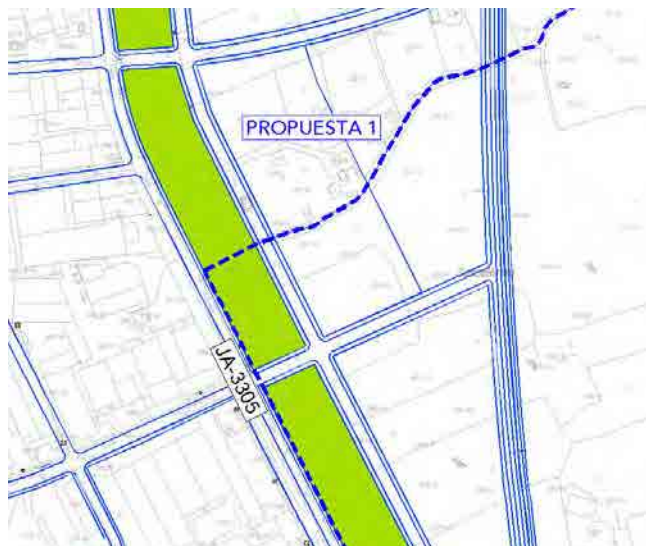


Ilustración 12. Croquis Propuesta 1



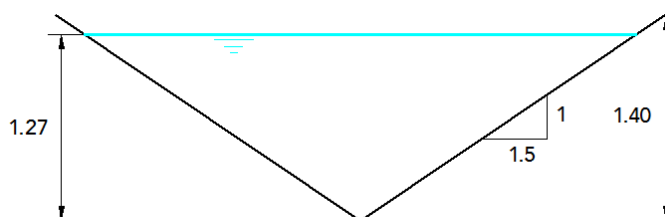
A su llegada a la carretera JA-3305, se propone la ampliación de la actual cuneta de la carretera JA-3305, por la cual discurre actualmente, y cuya capacidad es inferior a la necesaria para el caudal de la avenida de 500 años.

Ilustración 13. Desembocadura del Arroyo Larija a la cuneta de la JA-3305



Esta ampliación se integraría en la zona verde propuesta en la ordenación. Como medida de seguridad, tanto en esta solución como en todas las propuestas, se dotaría a la sección de protecciones en escollera o gaviones que queden debidamente integrados.

Ilustración 14. Propuesta acondicionamiento en tramo cuneta



2.5.2.- PROPUESTA 2. ACONDICIONAMIENTO Y DESVÍO DEL CAUCE

La segunda alternativa es similar a la anterior pero se plantea el desvío del arroyo hacia uno de los viales de la ordenación propuesta. La franja de afección pasaría a calificarse como zona verde.

Las secciones propuestas son similares a las anteriores.

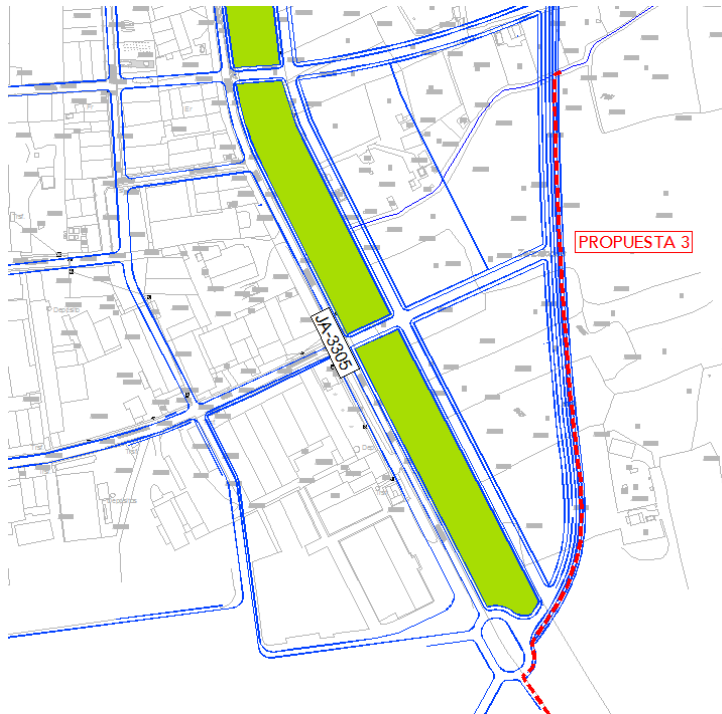
Ilustración 15. Croquis Propuesta 2



2.5.3.- PROPUESTA 3. DESVÍO DEL ARROYO A CUNETA NUEVO VIARIO

La tercera alternativa contempla el desvío del arroyo a la calle perimetral de la ordenación y su adaptación a la cuneta de dicho viario hasta su desembocadura en la cuneta de la carretera JA-3305 aguas abajo de la desembocadura actual.

Ilustración 16. Croquis Propuesta 3



La sección propuesta para la cuneta de hormigón será de similares características a la anterior aunque, si se adopta para el viario la pendiente natural del terreno (4%), podrá ser de menor altura.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la profundidad de estas secciones obliga a la colocación de protecciones (muretes de escollera, gaviones, etc.).

2.5.4.- PROPUESTA 4. ENTUBAMIENTO

Otra posible solución que interferiría aún menos en la ordenación, sería entubar este último tramo y conducirlo bajo cualquiera de los viales hasta su desembocadura a la cuneta.

No obstante, tal y como se puede comprobar en los cálculos que se adjuntan en el Anejo 2, la velocidad que se alcanza para caudal máximo y pendiente natural (5%) es muy elevada por lo que convendría estudiar en detalle el material a escoger en la conducción.

En el Plano 2.5 se muestran las diversas propuestas sobre la ordenación propuesta en el Plan General en redacción.

Los cálculos hidráulicos de estas posibles secciones se recogen en el Anejo 2.

2.6.- ORDENACIÓN DEL ESTUDIO Y DOCUMENTOS DE QUE CONSTA

El presente Estudio se ordena conforme a la siguiente documentación:

DOCUMENTO NÚMERO 1.- **MEMORIA** con 2 Anejos

Anejo número 1.- Estudio Hidrológico

Anejo número 2.- Estudio Hidráulico

DOCUMENTO NÚMERO 2.- **PLANOS**

1.- Planos del Arroyo de la Fuente de la Villa

1.1.- Plano de Situación e Índice

1.2.- Cartográfico de la zona

1.3.- Cuenca Hidrológica

1.4.- Llanura de Inundación para T 500 años

2.- Planos del Arroyo Larija

2.1.- Plano de Situación e Índice

2.2.- Cartográfico de la zona

2.3.- Cuenca Hidrológica

2.4.- Llanura de Inundación para T 500 años

2.5.- Propuestas de Actuación

2.7.- CONCLUSIÓN

Con cuanto antecede y el resto de documentación que se incorpora al presente Estudio, creemos haber explicitado suficientemente el alcance del presente trabajo y haber cumplimentado el encargo recibido, por lo que sometemos el Estudio a la tramitación correspondiente.

Córdoba, Marzo de 2.009
I N G E S A
LA INGENIERA DE CAMINOS, C. Y P.

Fdo: María Ortiz Miranda
Colegiada nº 20.950



ANEJO NÚMERO 1. ESTUDIO HIDROLÓGICO

ANEJO NÚMERO 1. ESTUDIO HIDROLÓGICO

1. INTRODUCCIÓN
2. BASES DE CÁLCULO
 - 2.1. LLUVIA DE CÁLCULO
 - 2.2. PERIODO DE RETORNO
 - 2.3. MÉTODO DE LAS "MÁXIMAS PRECIPITACIONES DE LA ESPAÑA PENINSULAR"
3. CARACTERÍSTICAS DE LAS CUENCAS
4. CÁLCULO DEL CAUDAL DE AVENIDA
 - 4.1. MÉTODOS DE CÁLCULO
 - 4.1.1. MÉTODO RACIONAL
 - 4.1.2. MÉTODO DE LA INSTRUCCIÓN DE DRENAJE
 - 4.2. VALOR ADOPTADO PARA EL QCAL

APÉNDICE 1. ARROYO DE LA FUENTE DE LA VILLA

APÉNDICE 1.A. MÉTODO DE LAS "MÁXIMAS PRECIPITACIONES DE LA ESPAÑA PENINSULAR"

APÉNDICE 1.B. PLANO DE CUENCAS Y USOS DEL SUELO

APÉNDICE 1.C. CÁLCULO DEL CAUDAL DE AVENIDA

APÉNDICE 2. ARROYO DE LARIJA

APÉNDICE 2.A. MÉTODO DE LAS "MÁXIMAS PRECIPITACIONES DE LA ESPAÑA PENINSULAR"

APÉNDICE 2.B. PLANO DE CUENCAS Y USOS DEL SUELO

APÉNDICE 2.C. CÁLCULO DEL CAUDAL DE AVENIDA

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es calcular el caudal circulante para la avenida extraordinaria de 500 años por los arroyos Fuente de la Villa y Larija, en Martos, a su paso por las posibles zonas de afección a la ordenación propuesta en el Plan General de Ordenación Urbana del municipio.

Para los cálculos que siguen a continuación, se hará uso de la información publicada por la Dirección General de Carreteras en el texto "Máximas Precipitaciones de la España Peninsular".

2. BASES DE CÁLCULO

2.1. LLUVIA DE CÁLCULO

Partiendo, como ya se ha comentado, de las isolíneas, en nuestro caso de precipitaciones máximas en 24h, publicados por la Dirección General de Carreteras en el texto "Máximas Precipitaciones de la España Peninsular", se ha obtenido la lluvia de cálculo para el período de retorno considerado.

2.2. PERIODO DE RETORNO

Al tratarse de un estudio de avenidas, se ha de definir el máximo período de retorno a considerar. Los valores que adoptan los diferentes autores varían según el tipo de cuenca y los daños previsibles, debiendo, además, tenerse en cuenta el criterio que establecen los Organismos competentes en materia hidrológica.

En el caso de cuencas mayores, con cauces ya conformados como es nuestro caso, los períodos de retorno se establecen entre 50 y 100 años pero teniendo en cuenta la normativa de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (actual Agencia Andaluza del Agua, en adelante AAA)), se adopta para este caso el valor límite de 500 años.

Por tanto será el valor correspondiente al periodo de retorno de 500 años el empleado para fijar la llanura de inundación.

2.3. MÉTODO DE LAS "MÁXIMAS PRECIPITACIONES DE LA ESPAÑA PENINSULAR"

Para la determinación de estos valores de máximas lluvias diarias se han seguido las siguientes fases:

- Recopilación de datos de las estaciones pluviométricas más significativas
- Tratamiento estadístico de las series de datos, realizando un modelo regional de parámetros y cuantiles
- Análisis de la distribución del valor medio de las series de máximas anuales

Mediante el ajuste estadístico SQRT-ET max de las citadas series de precipitaciones, se han extrapolado los valores al periodo de retorno considerado que se adjuntan en los Apéndices 1A y 2A, " *Método de las Máximas Precipitaciones de la España Peninsular* ", del presente

Anejo, mediante la aplicación informática MAXPLU, desarrollada igualmente por la Dirección General de Carreteras.

Esta aplicación se basa en la utilización de un sistema GIS de información geográfica tal que, a partir de las coordenadas geográficas o UTM del punto a analizar, transmite los parámetros resultantes de la extrapolación de los resultados del tratamiento estadísticos de los datos reales de las estaciones pluviométricas.

Aunque la superficie de la cuencas es superior a 1 Km², se ha considerado como único punto de control o característico, aquel que ha arrojado los valores de precipitación más desfavorables. La extrapolación se realiza para el periodo de retorno de 500 años. El análisis de los datos anteriormente citados, así como los resultados numéricos y gráficos obtenidos se adjuntan en el Apéndice anteriormente citado. A continuación transcribimos la tabla con el valor adoptado:

Tabla 1. Resumen de valores

COORDENADAS UTM DE PTOS ANALIZADOS		PRECIP. MAX DIARIAS PARA LOS PERIODOS DE RETORNO (mm/día)
		500
ARROYO DE LA FUENTE DE LA VILLA	418.782	147
	4.175.514	
ARROYO LARIJA	416.848	140
	4.174.390	

3. CARACTERÍSTICAS DEAS CUENCAS

Calculados los valores de la lluvia máxima de cálculo en el apartado anterior, abordaremos la determinación del resto de factores que intervienen en el cálculo del caudal de avenida, en definitiva, las características de la cuenca.

Nos interesan

- la superficie, que se determina sobre los planos a escala 1:10.000 de la Cartografía oficial de la Junta de Andalucía.
- los datos geométricos que determinan la topografía de la cuenca y del cauce: puntos altos, punto bajo (el de cruce con la conducción lógicamente) y longitudes a recorrer por el agua. Todos ellos se determinan también a partir de la cartografía antes citada.
- el coeficiente de escorrentía, para el cual partimos de los distintos tipos de cultivos existentes en la cuenca con sus extensiones superficiales correspondientes y del tipo de suelo. La cartografía citada y la inspección visual "in situ" son nuestras bases de partida.

No entramos en el cálculo de cada uno de los valores anteriores, puesto que se resumen en la tabla siguiente, así como su correspondiente reseña gráfica materializada en el Plano de Cuencas que se acompaña en los Apéndices 1B y 2B, donde se determina la divisoria en el punto más bajo del cauce que nos ocupa en la zona de actuación.

Tabla 2. Datos de las cuencas

CUENCA	SUPERFICIE (HA)	PTO. ALTO CUENCA (M)	DISTANCIA (M)	PTO. ALTO CAUCE (M)	DIS.CAUCE (M)	PTO.BAJO (M)
ARROYO DE LA FUENTE DE LA VILLA	898	1240	6240	1160	5963	620
ARROYO LARIJA	104	914	2150	835	1500	690

4. CÁLCULO DEL CAUDAL DE AVENIDA

Teóricamente el caudal aportado por una cuenca en un punto vendrá determinado por la lluvia correspondiente al tiempo de concentración de la cuenca, afectando a la superficie de la cuenca y reducida por la aplicación de coeficientes de escorrentía.

Según el nivel de seguridad deseable, función lógicamente de los posibles riesgos, se adoptará para la lluvia un periodo de retorno menor o mayor, entre los 10 años y los 1.000 años como valores habituales, adoptados ingenierilmente.

La Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (actual AAA) exige que se considere la lluvia de periodo de retorno de 500 años por lo que es para este valor para el que desarrollaremos los cálculos del presente Estudio.

4.1. MÉTODOS DE CÁLCULO

Careciéndose, como es lógico, de datos de aforo, el cálculo de caudal lo realizaremos por métodos empíricos, de acuerdo con las formulaciones habituales para este tipo de estimaciones. Dada la inseguridad de los mismos realizamos el cálculo por diversos métodos del tipo de los hidrometeorológicos, de forma que obtengamos una visión lo más amplia posible, que nos permita una definición acertada de los caudales previsibles.

4.1.1. MÉTODO RACIONAL

La sencilla formulación del Método Racional lo hace muy atrayente para los casos en los que no es preciso estudiar laminación y sólo interese el valor del caudal punta, que en este caso será de cálculo.

La expresión para el cálculo del caudal con este método es la siguiente:

$$Q = \frac{C \times I \times S}{K} \times K' \quad \text{siendo,}$$

Q = Caudal de cálculo en m³/seg

C = Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie drenada

I = Intensidad media de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración, en mm/h

S = área de la cuenca en Km^2 , a no ser que existan pérdidas o aportaciones de importancia, tales como resurgencias o sumideros, en cuyo caso el cálculo del caudal Q deberá justificarse convenientemente.

K = coeficiente que depende de las unidades en las que se consideren los parámetros anteriormente descritos, en nuestro caso y para las unidades consignadas $K = 3,6$

K' = factor de corrección que adopta el valor de 1,2, atendiendo a que la hipótesis de lluvia neta constante admitida en el método racional no es real y en la práctica, existen variaciones en su reparto temporal que favorecen el desarrollo de los caudales punta. Sin embargo, en cuencas pequeñas (Tiempo de Concentración $< 6\text{h}$), la influencia de la variación temporal de la lluvia neta es secundaria y se puede reflejar con el factor K' , con lo que la expresión inicial quedaría como sigue:

$$Q = \frac{C \times I \times S}{3,6} \times 1,2$$

En el caso normal de cuencas en las que predomine el tiempo de recorrido de flujo caracterizado por una red de cauces definidos, el tiempo de concentración T_c (horas), se obtiene de la expresión:

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,25}} \right)^{0,76} \right]$$

T_c = tiempo de concentración (horas)

L = longitud del cauce principal (kms)

J = pendiente media del cauce principal (m/m)

La intensidad de lluvia correspondiente a una duración t viene determinada por la aplicación de la fórmula de Yarnell y Hattaway, con los coeficientes deducidos por Jaime Nadal para el caso de España, conforme ha sido publicado por el entonces denominado Instituto Eduardo Torroja. Obtenemos:

$$I_t = 9,25 \times I_h \times t^{-0,55}, \text{ donde}$$

I_t = Intensidad para una duración del aguacero de (t minutos), en mm

I_h = Intensidad horaria, en mm

t = Duración del aguacero en minutos

Del análisis de los datos de lluvia se obtiene el valor de precipitación máxima diaria para un periodo de retorno determinado, y que en nuestro caso es de 500 años. La distribución de esta lluvia a lo largo del día no es conocida, y como ya se ha citado es constante, es decir que se supone que pasaríamos de datos de precipitación a intensidad, sin más que dividir entre 24 horas. Esta suposición es bastante errónea pues una vez que el aguacero alcanza una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, el caudal aportado por la cuenca no aumenta considerando que no se interrumpe el normal discurrir de las aguas. Al no disponer de datos suficientes para configurar el hidrograma de la cuenca vertiente para aguaceros de distinta duración y trabajar con valores de precipitación y no de intensidad, diremos que para calcular la

Intensidad correspondiente al tiempo de concentración por la fórmula de Yarnell y Hattaway consideraremos que la intensidad horaria es el 25% de la diaria con lo que estamos suponiendo que es posible que las precipitaciones recogidas a lo largo de un día pueden haberse concentrado en tan sólo seis horas. De este modo la expresión que nos permite calcular la intensidad correspondiente a un tiempo de concentración dado queda como sigue:

$$I_t = 9,25 \times 0,25 \times P_{max_{24h}} \times t^{-0,55}, \text{ donde}$$

I_{Tc} = Intensidad correspondiente al tiempo de concentración y periodo de retorno considerados, en mm

$P_{máx}$ = Precipitación máxima diaria para el periodo de retorno considerado, en mm

T_c = Tiempo de concentración de la cuenca en estudio, en minutos

El último parámetro que nos queda por definir es el coeficiente de escorrentía que define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I , y depende en líneas generales de las características de suelo, vegetación, topografía y precipitación.

Dado el tipo de cuenca considerado y de conformidad con los valores habituales podemos estimar el coeficiente de escorrentía por:

$$C = \frac{0,3 * t}{20 + t}$$

En nuestro caso, y dado que la estimación anterior proporciona unos valores muy bajos de C (0,25 y 0,2), se ha tomado un coeficiente de escorrentía de 0,75 para el Arroyo Fuente de la Villa y 0,65 para el arroyo Larija.

4.1.2. MÉTODO DE LA INSTRUCCIÓN DE DRENAJE

Con fecha 23 de Mayo de 1.990, el B.O.E. publicaba la orden de 14 de mayo por la que se aprobaba la Instrucción 5.2 I.C. de Drenaje Superficial, que con independencia de ser concebida para la aplicación al drenaje de Carreteras, significa una aportación, a nuestro juicio muy valiosa, a los métodos de cálculo de avenidas, en casos simplificados de cuencas pequeñas.

Aplicamos también este método a los diferentes casos que nos ocupan, diferenciando como es lógico cada una de las cuencas estudiadas.

El tiempo de concentración es, según este método:

$$T_c = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{J^{0,25}} \right)^{0,76}$$

La intensidad que recoge el método de la Instrucción de Carreteras, siempre considerando el periodo de retorno y tiempo de concentración considerados para el cálculo, adopta la siguiente expresión:

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\left(\frac{28^{0,1} - t^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right)} \text{ donde,}$$

I_t = intensidad media correspondiente al intervalo de duración t , en mm/h

I_d = intensidad media diaria correspondiente al periodo de retorno considerado $I_d = P_d/24$ en mm/h

P_d = precipitación máxima diaria correspondiente al periodo de retorno considerado

I_t = la intensidad horaria de precipitación correspondiente a dicho periodo de retorno

El valor del ratio $\frac{I_t}{I_d}$ se determina de la figura 2.2. de la Instrucción 5.2.- I.C, y si hacemos $T_c = t$ en la expresión anterior se obtiene el valor de intensidad a emplear en el cálculo.

Ya se ha citado en la descripción del Método Racional, que el coeficiente de escorrentía, define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad, y que depende de la razón entre la precipitación diaria P_d correspondiente al periodo de retorno y el umbral de escorrentía P_0 a partir del cual se inicia esta, este umbral de escorrentía es característico de cada cuenca.

La formulación usada en este método está basada en el método propuesto por la Ley del Soil Conservation Service (USA) para las relaciones lluvia-escorrentía y que se corresponde a las siguientes expresiones:

$$E/P = 0 \quad \text{si } (P/P_0) < 1$$

$$E/P_0 = \frac{\left[\left(\frac{P}{P_0}\right) - 1\right]^2}{\left(\frac{P}{P_0}\right) + 4} \quad \text{si } (P/P_0) \geq 1$$

Siendo:

$E(\text{mm})$ = escorrentía igualmente acumulada y provocada por P

$P(\text{mm})$ = precipitación acumulada desde el comienzo del aguacero hasta el instante dado

$P_0(\text{mm})$ = parámetro o umbral de escorrentía que define la precipitación total por debajo de la cual no se produce escorrentía.

El coeficiente de escorrentía C , en un instante dado hasta el cual ha precipitado P y se ha provocado una escorrentía E , se puede obtener derivando las expresiones anteriores:

$$C = \frac{dE}{dP} = \frac{d\left(\frac{E}{P_0}\right)}{d\left(\frac{P}{P_0}\right)} = \frac{\left(\frac{P}{P_0} - 1\right) \times \left[\left(\frac{P}{P_0} + 9\right)\right]}{\left[\left(\frac{P}{P_0}\right) + 4\right]^2}$$

C va creciendo a lo largo del aguacero y su valor medio en un intervalo será mayor que el correspondiente a su origen y menor que el del final. El intervalo objeto de estudio es aquel que proporciona mayor escorrentía y se admite que corresponde al de duración igual al tiempo de concentración y que contiene al máximo del hietograma. Si se conoce el valor de P en dicho instante, la expresión anterior permitirá obtener el coeficiente de escorrentía buscado.

Se ha testado en varias estaciones pluviométricas españolas que puede admitirse una ley del tipo:

$$P_{\text{máx.intensidad}} = b \times P_d$$

donde b es un parámetro que refleja la posición relativa del intervalo de máxima intensidad dentro del pluviograma diario, y que puede admitirse que toma un valor de 0,5. Con esto, quedaría fijado el valor del coeficiente de escorrentía a utilizar en función de P_d .

Esta formulación debe ser corregida en los casos de aguaceros con pequeño periodo de retorno puesto que en estos casos no se cumple sistemáticamente la hipótesis básica: el máximo caudal no está asociado al intervalo de máxima intensidad y duración T_c , ya que dicha precipitación quedará absorbida íntegramente por el terreno al ser menor que el umbral de escorrentía.

En estos casos, el intervalo generador del máximo caudal, y con él, el punto intermedio indicativo del coeficiente de escorrentía, se desplazan en el tiempo hacia la zona final del aguacero, en espera de condiciones más desfavorables de la humedad del suelo que las correspondientes al intervalo de máxima intensidad.

Este problema se aborda modificando la ley anterior, resultado de la función derivada, en los entornos de los pequeños valores, haciéndola despegar del eje $C = 0$ para $P_d = P_0$, para tender posteriormente a confundirse con la curva primitiva, proponiéndose finalmente:

$$C = 0 \quad \text{si } (P_d/P_0) < 1$$

$$C = \frac{dE}{dP} = \frac{d\left(\frac{E}{P_0}\right)}{d\left(\frac{P}{P_0}\right)} = \frac{\left(\frac{P}{P_0} - 1\right) \times \left[\left(\frac{P}{P_0} + 23\right)\right]}{\left[\left(\frac{P}{P_0} + 11\right)\right]^2}$$

La expresión propuesta en la Instrucción de Carreteras 5.2. para el cálculo del caudal, que se recoge en el apartado 2.2., es igual a usada en el método racional descrito en el apartado anterior y es:

$$Q = \frac{C \times I \times S}{3,6} \times 1,2 = Q = \frac{C \times I \times S}{3}$$

Los significados y unidades de las variables son los mismos que se han descrito anteriormente.

Siguiendo con las consideraciones del cálculo del coeficiente de escorrentía diremos que para el caso de cuencas heterogéneas deberán dividirse estas en cuencas parciales cuyos coeficientes parciales de escorrentía se calcularán por separado, reemplazando luego el término $C \times S$ de la fórmula anterior por la sumatoria de las cuencas parciales $\Sigma(C \times S)$.

El valor del umbral de escorrentía (P_0), en un sentido determinista, depende de las características de la cuenca y puede obtenerse (basándose en el concepto de "número de curva" del Soil Conservation Service) a partir de la tabla 2-1 de la Instrucción 5.2 I.C. de Drenaje superficial y de los siguientes datos:

- pendiente

- capacidad de infiltración del suelo
- vegetación
- características del laboreo

El valor obtenido de dicha tabla se deberá multiplicar por el coeficiente corrector dado en la figura 2.5. de la mencionada instrucción.

Este coeficiente refleja la variación regional de la humedad habitual en el suelo al comienzo de aguaceros significativo e incluye una mayoración (del orden del 100 %) para evitar sobrevaloraciones del caudal de referencia a causa de ciertas simplificaciones del tratamiento estadístico del Método Hidrometeorológico.

En el caso de que no se conozca con certeza el tipo de terrenos de la cuenca de estudio, se puede tomar simplíficamente un valor conservador de P_0 (sin tener que multiplicarlo luego por el coeficiente de la figura 2-5) igual a 20 mm, salvo en cuencas con rocas o suelos arcillosos muy someros, en las que se podrá tomar igual a 10 mm.

Los resultados obtenidos para cada una de las cuencas para el periodo de retorno de 500 años se recogen en los Apéndices 1C y 2C del presente Anejo.

4.2. VALOR ADOPTADO PARA EL QCAL

Se acompañan en el Apéndice 3 adjunto las salidas correspondientes a los diferentes métodos antedichos, conforme al cálculo numérico realizado por ordenador.

Es de mencionar que los cálculos realizados para la obtención en el Método Racional del Coeficiente de Escorrentía, dan como resultado valores inferiores a 0,70, considerado a juicio del proyectista demasiado bajo dado el entorno en el que nos encontramos, por lo que se ha realizado igualmente los cálculos considerando el valor del Coeficiente de Escorrentía como 0,75 para el Arroyo de la Fuente de la Villa y 0,65 para el Arroyo Larija.

Por tanto, para una misma cuenca, se han considerado los valores de coeficiente de escorrentía teórico para el Método Racional (y viendo que son muy reducidos, se han adoptado unos valores superiores), y el valor obtenido por el Método de la Instrucción 5.2 I.C.

Como consecuencia de los cálculos antedichos resultan los siguientes caudales para la avenida de periodo de retorno de 500 años:

Tabla 3. Caudales Periodo de Retorno 500 años

CUENCAS	Q_{500} (m ³ /s)	
	Método Racional	Método I.C.-5.1
Arroyo Fuente de La Villa	57,42	85,14
Arroyo Larija	9,84	14,94

Dadas las características de las cuencas que nos ocupan adoptamos como método más apropiado el de la Instrucción 5.2 I.C. fijando por tanto los caudales de cálculo en **85,14 m³/s** y **14,94 m³/s**.



APÉNDICE 1. ARROYO DE LA FUENTE DE LA VILLA



APÉNDICE 1.A. MÉTODO DE LAS “MÁXIMAS PRECIPITACIONES DE LA ESPAÑA
PENINSULAR”

CUENCA DEL ARROYO FUENTE DE LA VILLA A SU PASO POR MARTOS

MAXPLUWIN

Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transportes
Dirección General de Carreteras

CEDEX
Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas
Centro de Estudios Hidrográficos

Máximas lluvias diarias en la España Peninsular.

Sistema de Coordenadas

UTM (Huso 30)

UTM X	418782	m	P media	48	mm/día
UTM Y	4175514	m	Cv	0.3880	
Periodo de Retorno (T)	500	años	P t	147	mm/día

Calculado con 418 782 4 175 514 H30 T500

Calcular Ayuda Poner a cero Salir



APÉNDICE 1.C. CÁLCULO DEL CAUDAL DE AVENIDA

CÁLCULO DE CAUDALES					
Proyecto/Estudio: INUNDABILIDAD DEL ARROYO FUENTE DE LA VILLA EN MARTOS					
Identificación de la Cuenca: Arroyo Fuente de la Villa					
Período de retorno (T): 500 años					
Precipitación máx. correspondiente a T en mm: 147.00					
Características de la Cuenca					
Superficie (km ²)	Cota Punto Alto Cuenca (m)	Cota Punto Alto Cauce (m)	Cota Punto Bajo Cauce (m)	Long. Cuenca (m)	Long. Cauce (m)
8.980	1 240.0	1 160.0	620.0	6 240.0	5 963.0
			(m/m)	%	
Pendiente media de la Cuenca (J)			0.099	9.936	
Pendiente Media del Arroyo			0.091	9.056	
Cálculo de Caudales por el Método Racional					
1.- Tiempo de Concentración					
$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,25}} \right)^{0,76} \right]$					
Longitud máxima Cauce (L) en km			5.96		
Pendiente media (J) m/m			0.09		
Tiempo de Concentración (Tc) en horas			1.84		
2.- Intensidad por Yarnell y Hattaway					
$I_t = 9,25 \times I_h \times t^{-0,55}$					
Pmax _{24h}			147.00		
Intensidad horaria (I _h) =0,25 x Pmax _{24h}			36.75		
Tc (minutos)			110.36		
Intensidad para Tc (I_t) mm			25.58		
3.- Caudal de cálculo					
$Q = \frac{C \times I \times S}{3,6} \times 1,2$					
S= Superficie de la cuenca en km ²			8.98		
Intensidad para Tc (I _t)			25.58		
C= Coeficiente de Escorrentía			0.75		
Q por el método Racional(m³/seg)			57.42		

CÁLCULO DE CAUDALES

Proyecto/Estudio: INUNDABILIDAD DEL ARROYO FUENTE DE LA VILLA EN MARTOS
Identificación de la Cuenca: Arroyo Fuente de la Villa
Período de retorno (T): 500 años
Precipitación máx. correspondiente a T en mm: 147.00

Cálculo de Caudales por el Método de la Instrucción de Carreteras 5.2-IC de Drenaje Superficial

Precipitación máx. correspondiente a T en mm:

1.- Tiempo de Concentración

$$Tc = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,25}} \right)^{0,76} \right]$$

Longitud máxima Cauce (L) en km 5.96
 Pendiente media (J) m/m 0.09
Tiempo de Concentración (Tc) en horas 1.84

2.- Intensidad de cálculo

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\left(\frac{28^{0,1} - I^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right)}$$

Intensidad media diaria = Pmax/24 6.125
 Relación Intensidades I_1/I_d fig. 2.2 **9.2**
 = Tc tiempo de concentración en horas 1.84
Intensidad de cálculo, para T y Tc mm 39.60546303

3.- Coeficiente de Escorrentía

$$C = \frac{dE}{dP} = \frac{d\left(\frac{E}{P_0}\right)}{d\left(\frac{P}{P_0}\right)} = \frac{\left(\frac{P}{P_0} - 1\right) \times \left[\left(\frac{P}{P_0} + 23\right)\right]}{\left[\left(\frac{P}{P_0}\right) + 11\right]^2}$$

Pendiente Media de la Cuenca % 9.94 **>3%**

Tipo de Terreno-Suelo	$S_i(Km^2)$	P_{oi}	$P_{oi} \times \text{Corrector}$	C_i	$C_i \times S_i$
Barbecho	0.000	4	10.80	0.00	0.0000
Cultivos en hilera	2.800	6	16.20	0.64	1.7994
Cereales de invierno	0.000	10	27.00	0.00	0.0000
Rotación de cultivos pobres	1.930	6	16.20	0.64	1.2403
Rotación de cultivos densos	0.000	9	24.30	0.00	0.0000
Praderas	Pobre	6	16.20	0.00	0.0000
	Media	9	24.30	0.50	0.1817
	Buena	13	35.10	0.00	0.0000
	Muy buena	15	40.50	0.00	0.0000
	Pobre	10	27.00	0.00	0.0000
	Media	14	37.80	0.00	0.0000
	Buena	15	40.50	0.00	0.0000
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal	Muy clara	5	13.50	0.70	0.9373
	Clara	10	27.00	0.47	0.0047
	Media	16	43.20	0.31	0.0459
(bosque, monte bajo, etc.)	Espesa	23	62.10	0.00	0.0000
	Muy espesa	33	89.10	0.00	0.0000
Rocas permeables	0.000	3	8.10	0.00	0.0000
Rocas impermeables	0.000	2	5.40	0.00	0.0000
Superficie Urbanizada	2.260	1.5	4.05	0.94	2.1145
Superficie Viales	0.130	1	2.70	0.97	0.1256
Terreno desconocido	0.000	20	20.00	0.00	0.0000
Totales	8.980		C medio	0.72	6.4494

Nota: Se toman las condiciones más desfavorables en cuanto al suelo y la pendiente, es decir Grupo de Suelo D y pendiente > 3%

Coeficiente Corrector del Umbral de Escorrentía fig. 2-5 **2.700**

$$Q = \frac{\sum(S \times C) \times I}{3}$$

Caudal por el método de la Instrucción de Carreteras (m^3/seg)

85.14



ANEJO NÚMERO 2. ESTUDIO HIDRÁULICO

ANEJO NÚMERO 2. ESTUDIO HIDRÁULICO

1. INTRODUCCIÓN
2. DATOS DE PARTIDA
 - 2.1. CAUDALES
 - 2.2. TOPOGRAFÍA
 - 2.3. ARROYO DE LA FUENTE DE LA VILLA
 - 2.3.1. SECCIONES MODELIZADAS
 - 2.3.2. PENDIENTE LONGITUDINAL
 - 2.3.3. VEGETACIÓN
 - 2.4. ARROYO LARIJA
 - 2.4.1. SECCIONES MODELIZADAS
 - 2.4.2. PENDIENTE LONGITUDINAL
 - 2.4.3. VEGETACIÓN
3. METODOLOGÍA DE LA MODELIZACIÓN HIDRÁULICA
 - 3.1. INTRODUCCIÓN
 - 3.2. BASES DE CÁLCULO
 - 3.3. COEFICIENTES DE ROZAMIENTO
 - 3.4. CONDICIONES DE CONTORNO
4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS
 - 4.1. ARROYO DE LA FUENTE DE LA VILLA
 - 4.1.1. TABLA RESUMEN DE LOS RESULTADOS
 - 4.1.2. ANÁLISIS DE COTAS DE INUNDACIÓN
 - 4.2. ARROYO LARIJA
 - 4.2.1. TABLA RESUMEN DE LOS RESULTADOS
 - 4.2.2. ANÁLISIS DE COTAS DE INUNDACIÓN
 - 4.2.3. INCIDENCIAS CON LA ORDENACIÓN EXISTENTE
 - 4.2.3.1. PROPUESTA 1. ACONDICIONAMIENTO DEL CAUCE

4.2.3.2. PROPUESTA 2. ACONDICIONAMIENTO Y DESVÍO DEL CAUCE

4.2.3.3. PROPUESTA 3. DESVÍO DEL ARROYO A CUNETA NUEVO VIARIO

4.2.3.4. PROPUESTA 4. ENTUBAMIENTO

APÉNDICE 1.- ARROYO DE LA FUENTE DE LA VILLA

APÉNDICE 1.A.- PLANO DE SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES TRANSVERSALES

APÉNDICE 1.B.- LISTADO DE DATOS DEL MODELO HIDRÁULICO

APÉNDICE 1.C.- SECCIONES TRANSVERSALES

APÉNDICE 1.D.- PERFIL LONGITUDINAL

APÉNDICE 1.E.- PERSPECTIVA DE LA LLANURA DE INUNDACIÓN

APÉNDICE 2.- ARROYO LARIJA

APÉNDICE 2.A.- PLANO DE SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES TRANSVERSALES

APÉNDICE 2.B.- LISTADO DE DATOS DEL MODELO HIDRÁULICO

APÉNDICE 2.C.- SECCIONES TRANSVERSALES

APÉNDICE 2.D.- PERFIL LONGITUDINAL

APÉNDICE 2.E.- PERSPECTIVA DE LA LLANURA DE INUNDACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente Anejo es crear un modelo hidráulico de los arroyos Fuente de la Villa y Larija, en Martos, para prever el régimen de flujo de los mismos para la máxima avenida extraordinaria o, lo que es lo mismo, para el caudal de cálculo. De este modo se fijarán parámetros tales como resguardos, velocidades, alturas de lámina de agua, etc.

Enumerados los datos de partida empleados en la modelización, se expondrán con detalle los pasos dados para obtener los niveles de avenida de los arroyos en el tramo de estudio (en especial, modelado de secciones transversales, obras de fábrica, etc.), datos finales que nos permitirán obtener la llanura de inundación.

2. DATOS DE PARTIDA

2.1. CAUDALES

En el Anejo 1 del presente Estudio se realiza una exposición detallada de los distintos estudios hidrológicos realizados para determinar los caudales circulantes para la avenida extraordinaria de periodo de retorno 500 años. El caudal finalmente adoptado es:

Tabla 1. Caudales de cálculo para T=500 años

CUENCA	Q_{500} (m ³ /s)
Arroyo Fuente de La Villa	85,14
Arroyo Larija	14,94

2.2. TOPOGRAFÍA

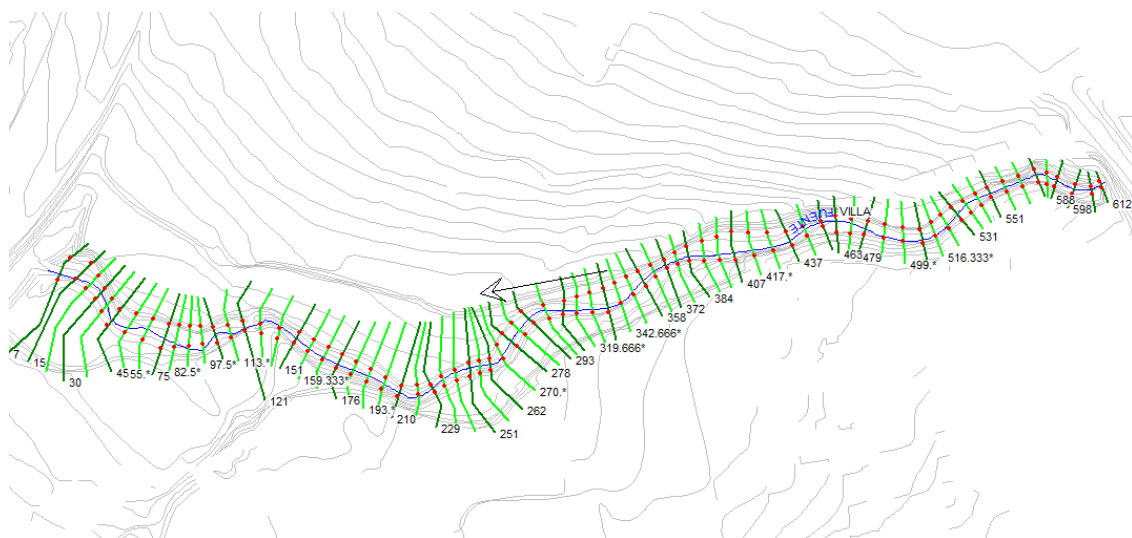
Se ha empleado la cartografía digital 1:2.000 de la Junta de Andalucía, proporcionada por el cliente. Concretamente se han utilizado las hojas E1-946 25-27 y 26-27 para el Arroyo Fuente de la Villa y E-946 27-29 y 27-30 para el Arroyo Larija.

2.3. ARROYO DE LA FUENTE DE LA VILLA

2.3.1. SECCIONES MODELIZADAS

Haremos la descripción como es habitual en el sentido aguas arriba-aguas abajo. Las situaciones y secciones actuales del cauce (perfiles transversales) quedan reflejadas en el siguiente croquis:

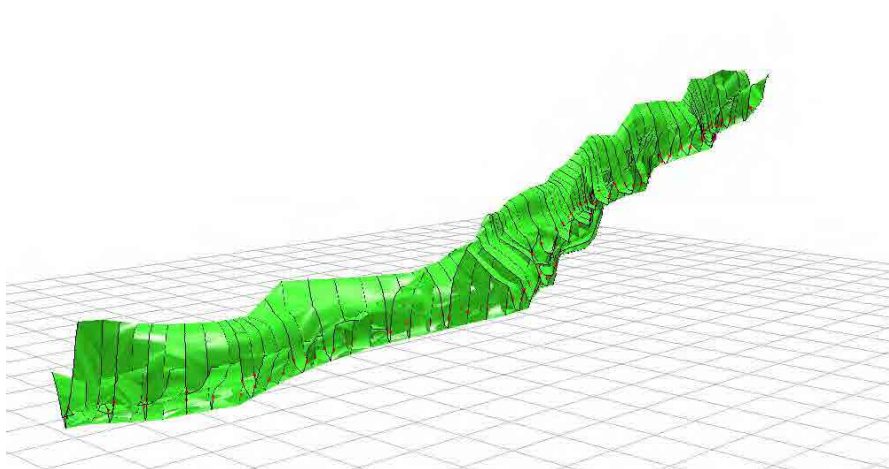
Ilustración 1. Esquema del Modelo Hidráulico del Arroyo de la Fuente de la Villa



El tramo se inicia en la sección 612, a la salida del embovedado y finaliza en la 7, antes del cruce bajo la autovía A-316. Se han modelizado 606 metros de arroyo.

En total se han obtenido de la cartografía 33 secciones transversales que, tras su interpolación han generado el modelo digital del terreno para el cálculo de la llanura de inundación.

Ilustración 2. Modelo 3D del tramo



La geometría media del Arroyo Fuente de la Villa varía a lo largo del tramo discurrendo los primeros 200 metros por un cauce muy encajado de entre 8 y 10 metros de profundidad para posteriormente ir abriendo su sección y disminuir su profundidad a unos 5 o 6 metros.

2.3.2. PENDIENTE LONGITUDINAL

Las pendientes longitudinales, obtenidas a partir de la topografía con que contamos, resultan ser las siguientes:

- Pendiente media del tramo 3,00 %
- Pendiente inicial (previa a la salida del embovedado) 1,7 %

- Pendiente final 3,6 %

Las pendientes de los tramos inicial y final serán las que se empleen como condiciones de contorno por ser las que mejor describen el comportamiento del río.

2.3.3. VEGETACIÓN

La vegetación, como puede comprobarse en las imágenes que siguen, es abundante en el cauce de aguas bajas y en buena parte de las márgenes.

Se ha tenido en cuenta la presencia de estas masas arbustivas para la determinación del coeficiente de rugosidad, distinguiendo cauce principal y llanuras de inundación. Más adelante se detallarán los cálculos realizados.

A continuación se muestran varias imágenes que caracterizan la zona.

Ilustración 3. Aspecto del cauce del arroyo Fuente de la Villa



Ilustración 4. Aspecto de las márgenes del arroyo Fuente de la Villa



2.4. ARROYO LARIJA

2.4.1. SECCIONES MODELIZADAS

Al igual que en el caso anterior, la descripción se efectúa en el sentido aguas arriba-aguas abajo. Las situaciones y secciones actuales del cauce (perfiles transversales) quedan reflejadas en el siguiente croquis:

3. METODOLOGÍA DE LA MODELIZACIÓN HIDRÁULICA

3.1. INTRODUCCIÓN

Se ha modelizado el régimen hidráulico del tramo de estudio de los arroyos Fuente de la Villa y Larija en los tramos de estudio a través del programa informático HEC-RAS 4.0. del U.S. Arms Corps Of Engineers.

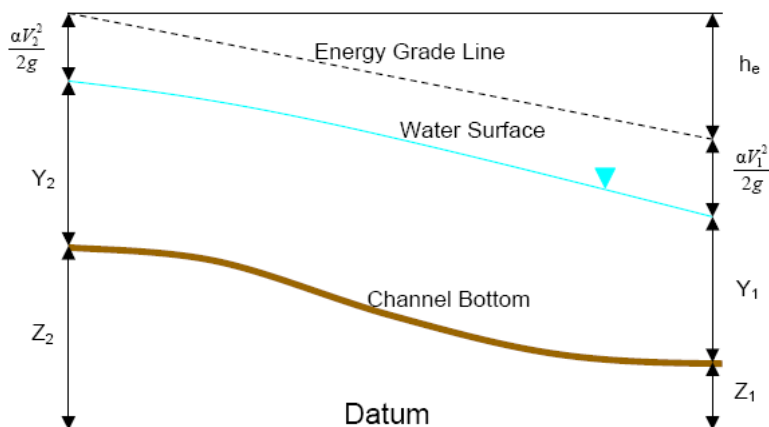
Los cálculos se realizan en régimen estacionario para la avenida de 500 años.

3.2. BASES DE CÁLCULO

El software utilizado realiza los cálculos para un nivel de agua unidimensional en cada sección transversal del cauce en régimen de flujo gradualmente variado. Las hipótesis básicas de partida son:

- Pérdidas de carga valoradas según Manning
- Flujo estacionario, el tiempo no interviene en los cálculos
- Flujo gradualmente variado
- Flujo unidimensional, la altura de la curva de energía es la misma en todos los puntos de la sección
- No se admite cambio de régimen en un mismo cálculo
- La pendiente de la línea de energía es constante entre dos secciones transversales

Ilustración 9. Modelo de Cálculo



Los niveles del agua en cada sección se calculan a partir de una sección transversal hacia la siguiente mediante la resolución de la ecuación de la Energía con un proceso iterativo llamado "Método de Grados Estándar". La ecuación de la energía se escribe como sigue:

Ecuación 1

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2g} + h_e$$

donde:

WS_1, WS_2 elevaciones de superficie de agua en secciones transversales

V_1, V_2 velocidad media (descarga total/área total de caudal)

α_1, α_2 coeficientes de medida de velocidad

g aceleración gravitatoria

h_e pérdidas de energía en cabeza

Las pérdidas de energía principales entre dos secciones transversales se calculan como la suma de las pérdidas de fricción y las de contracción o expansión, y vienen dadas por la expresión:

Ecuación 2

$$h_e = LS_f + C \left| \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2g} \right|$$

donde

L longitud del tramo de desagüe

S_f pendiente de fricción representativa entre dos secciones

C coeficiente de pérdida por expansión o contracción (hace referencia al trazado en planta del tramo estudiado)

La determinación de la vehiculación total y el coeficiente de velocidad para una sección transversal requieren que el flujo sea subdividido en unidades para las que la velocidad esté uniformemente distribuida, unidades que vienen marcadas por los puntos de salto del valor n de Manning. La conducción se calcula dentro de cada subdivisión por la siguiente ecuación:

Ecuación 3

$$K = \frac{1.486}{n} \cdot AR^{2/3}$$

donde

K conducción por subdivisión

n coeficiente de rugosidad de Manning por subdivisión

A área de caudal por subdivisión

R radio hidráulico por subdivisión

El coeficiente de velocidad α se calcula basándose en la vehiculación en los tres elementos de caudal: margen izquierdo, margen derecho y canal. Se obtiene con la siguiente ecuación:

Ecuación 4

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \left[\frac{(K_{lob})^3 + (K_{ch})^3 + (K_{rob})^3}{(A_{lob})^2 \cdot (A_{ch})^2 \cdot (A_{rob})^2} \right]}{(K_t)^3}$$

donde

A_t área total de caudal de sección transversal

A_{lob} , A_{ch} , A_{rob} áreas de caudal de margen izquierdo, canal principal y margen derecho, respectivamente

K_t conducción total de sección transversal

K_{lob} , K_{ch} , K_{rob} conducción de margen izquierdo, canal principal y margen derecho, respectivamente

La pérdida de fricción se evalúa como el producto de S_f y L , donde S_f es la pendiente de fricción representativa para un tramo y se calcula como sigue:

Ecuación 5

$$S_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)$$

La elevación de la superficie del agua desconocida en una sección se determina por una solución iterativa de las Ecuaciones 1 y 2. El procedimiento seguido es el siguiente:

1. Se supone una elevación de superficie de agua en la sección aguas arriba
2. Basándose en ese supuesto, se determina la conducción total correspondiente y el frente de velocidad
3. Con los valores del paso 2, se calcula S_f y se resuelve la ecuación 2 para h_e
4. Con los valores de 2 y 3 se resuelve la ecuación 1 para WS_2
5. Comparación del valor calculado de WS_2 , con el valor supuesto en el paso 1, repitiendo los pasos hasta que los valores concuerden dentro de 0,003 m

El programa usado está restringido a un número máximo de iteraciones, 40 como máximo, para equilibrar la superficie del agua. Cuando se ha obtenido una cota elevación de superficie de agua 'equilibrada' para una sección transversal, se hacen las revisiones para asegurar que la elevación está en la zona correcta respecto de la profundidad crítica calculada.

En los apéndices que se incluyen al final del presente documento se adjuntan los listados y salidas del programa informático HEC-RAS. Estos constan de: descripción general de los datos de partida del modelo hidráulico, gráficas de las secciones de control introducidas, perfil hidráulico del tramo y perspectiva de la llanura de inundación.

3.3. COEFICIENTES DE ROZAMIENTO

El principal problema que se plantea al analizar un curso de agua natural, como ya hemos comentado, es la estimación del coeficiente de Manning, n , pues son muchos los factores que intervienen en su cálculo.

Al fijar un valor de n , lo que se está estimando es la resistencia al 'escurrimiento' del arroyo, algo realmente intangible.

Los factores que intervienen con mayor influencia son:

Rugosidad de la superficie: se refiere al tamaño y a la forma de los granos del material que forma el perímetro mojado. En corrientes aluviales en donde el material de los granos es fino, tal como la arena, arcilla, marga o cieno, el efecto retardante es mucho menor que donde el material es grueso, tal como cantos rodados o piedras. Cuando el material es fino, el valor de n es bajo y relativamente poco afectado por los cambios de flujo.

Vegetación: puede ser vista como una clase de rugosidad superficial, pues reduce en marcada forma la capacidad del canal y retarda el flujo. Este efecto depende principalmente de la altura, densidad, distribución y tipo de vegetación.

Irregularidad del cauce: comprende irregularidades en el perímetro mojado y variaciones en la sección transversal, tamaño y forma a lo largo de la longitud del cauce. En general, un cambio gradual y uniforme en la sección transversal, tamaño y forma no afectará apreciablemente al valor de n , pero cambios bruscos o alternación de secciones pequeñas y grandes justifican el uso de un valor superior de n .

Alineación del cauce: curvaturas suaves con radios grandes darán un valor relativamente bajo de n , mientras que curvaturas agudas con meandros severos lo aumentarán.

Depósitos y socavaciones: en términos generales, los depósitos pueden cambiar un cauce irregular en uno comparativamente suave y disminuir n , mientras que la erosión puede hacer al revés y aumentar n . Ahora bien, depósitos dispares tales como barras y ondas de arena son irregularidades del cauce y aumentarán la rugosidad.

Obstrucción: la presencia de pilares de puentes tiende a aumentar n . Depende la naturaleza de la obstrucción, tamaño, forma, número y distribución.

Nivel y caudal: el valor de n en la mayoría de los cauces decrece con el aumento en el nivel y en el caudal.

En cada sección transversal del modelo se han fijado dos valores del rozamiento de Manning, siguiendo las recomendaciones del manual "Hidráulica de los Canales Abiertos" de Ven Te Chow.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m_5$$

Son los que se describen a continuación:

ARROYO FUENTE DE LA VILLA

Tabla 2. Coeficientes de rozamiento para las márgenes

MÁRGENES		
Variable	Tipo	Valor
Material	Tierra	$n_0 = 0.02$
Irregularidad	Menor	$n_1 = 0.01$
Variaciones	Ocasionales	$n_2 = 0.005$
Obstrucciones	Menor	$n_3 = 0.015$
Vegetación	Media	$n_4 = 0.025$
Meandros	Menor	$m_5 = 1$
$n = 0.08$		

Tabla 3. Coeficientes de rozamiento para el canal central

CANAL CENTRAL		
Variable	Tipo	Valor
Material	Tierra	$n_0 = 0.02$
Irregularidad	Moderada	$n_1 = 0.01$
Variaciones	Ocasionales	$n_2 = 0.005$
Obstrucciones	Menor	$n_3 = 0.015$
Vegetación	Media	$n_4 = 0.025$
Meandros	Menor	$m_5 = 1$
$n = 0.08$		

ARROYO LARIJA

Tabla 4. Coeficientes de rozamiento para el canal central

MÁRGENES		
Variable	Tipo	Valor
Material	Tierra	$n_0 = 0.02$
Irregularidad	Moderada	$n_1 = 0.01$
Variaciones	Ocasionales	$n_2 = 0.005$
Obstrucciones	Menor	$n_3 = 0.01$
Vegetación	Media	$n_4 = 0.015$
Meandros	Menor	$m_5 = 1.00$
$n = 0.06$		

Tabla 5. Coeficientes de rozamiento para el canal central

CANAL CENTRAL		
Variable	Tipo	Valor
Material	Tierra	$n_0 = 0.02$
Irregularidad	Moderada	$n_1 = 0.01$
Variaciones	Ocasionales	$n_2 = 0.005$
Obstrucciones	Menor	$n_3 = 0.01$
Vegetación	Media	$n_4 = 0.01$
Meandros	Apreciable	$m_5 = 1.15$
$n = 0.06$		

3.4. CONDICIONES DE CONTORNO

Las condiciones de contorno se introducen tanto aguas arriba como aguas abajo del tramo modelizado. Son necesarias para el inicio del proceso iterativo de cálculo.

De las alternativas que contempla el programa se ha elegido la pendiente del eje de los arroyos tanto para el inicio como para el final del tramo, descritas en el apartado 2 del presente Anejo.

4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

4.1. ARROYO DE LA FUENTE DE LA VILLA

En este apartado analizaremos las conclusiones a las que se llega con el modelo hidráulico.

4.1.1. TABLA RESUMEN DE LOS RESULTADOS

En primer lugar, se adjunta la tabla resumen de los resultados obtenidos, así como las gráficas de velocidades y del nº de Froude.

Ilustración 10. Velocidades

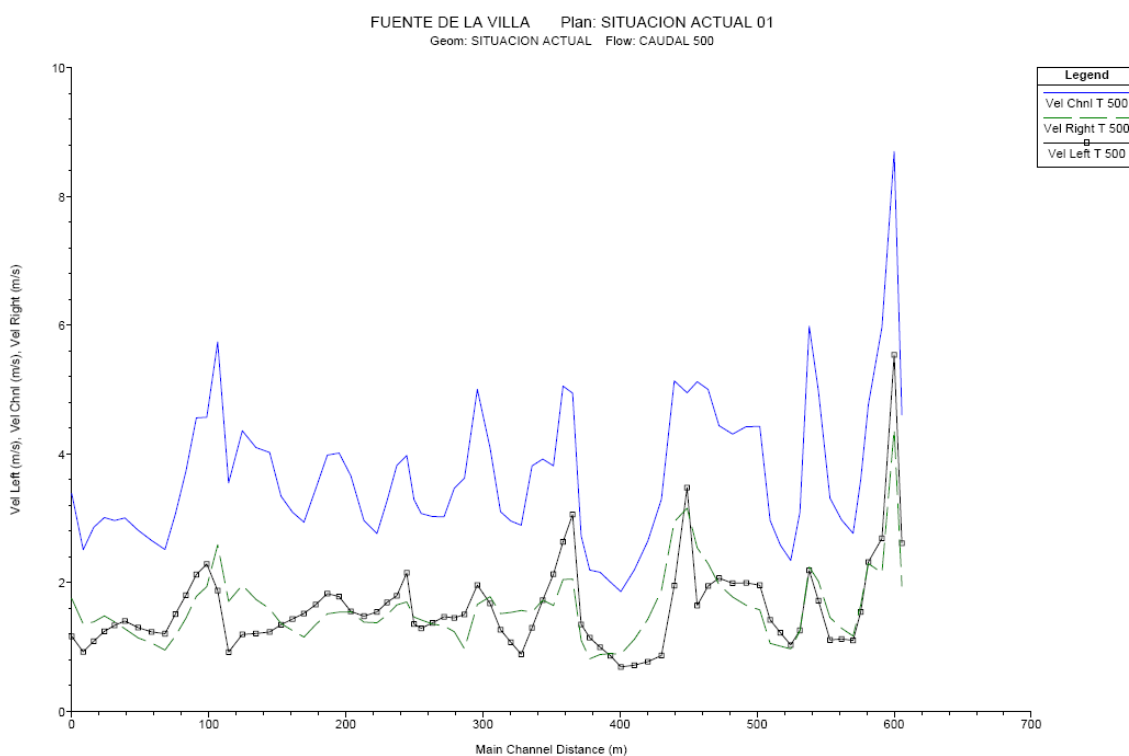


Ilustración 111. Froude

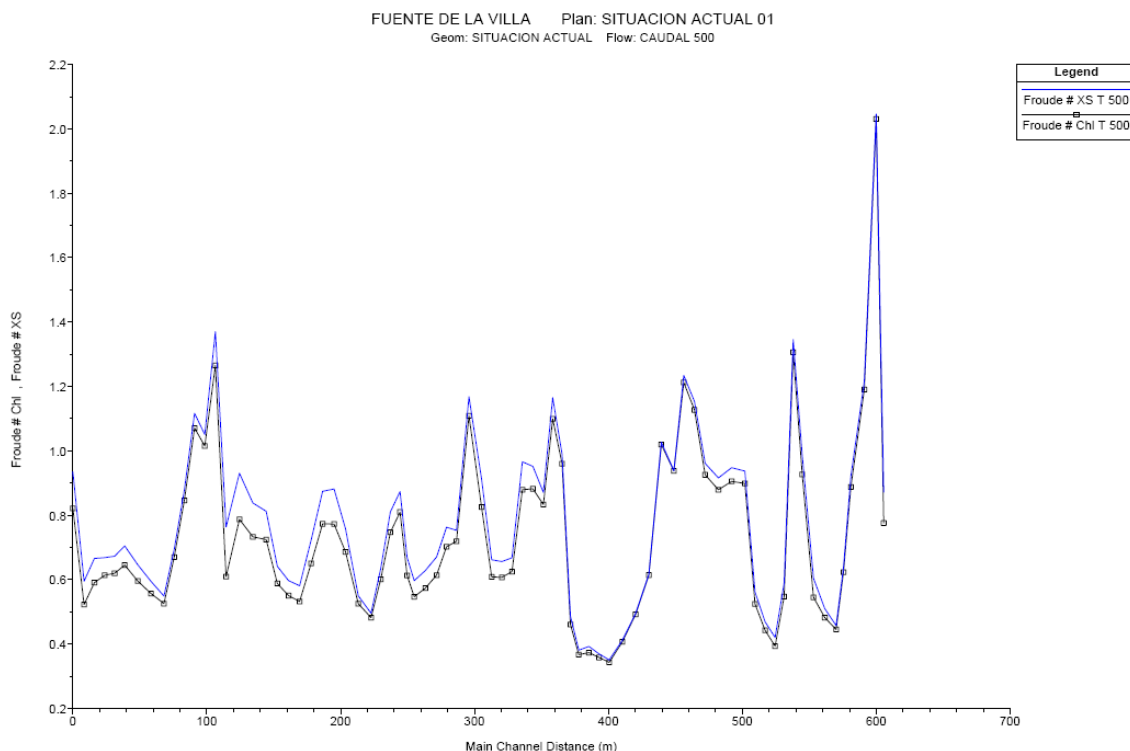


Tabla 6. Resumen del modelo

HEC-RAS Plan: SITACT01 River: FUENTE Reach: VILLA Profile: T 500

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
VILLA	612	T 500	85.14	638.00	642.33	642.33	643.15	0.040678	4.61	24.03	14.29	0.78
VILLA	607	T 500	85.14	637.37	639.47	640.35	642.46	0.239438	8.70	12.08	9.99	2.03
VILLA	598	T 500	85.14	636.40	639.23	639.64	640.92	0.075222	5.97	15.97	8.13	1.19
VILLA	588	T 500	85.14	636.00	639.26	639.26	640.27	0.042748	4.76	21.07	10.75	0.89
VILLA	577	T 500	85.14	635.00	639.42	638.02	639.77	0.008349	2.77	36.97	14.31	0.44
VILLA	551	T 500	85.14	635.00	638.15	638.15	639.32	0.045234	4.97	19.45	9.69	0.93
VILLA	531	T 500	85.14	634.00	638.00	636.57	638.24	0.006658	2.35	43.95	20.28	0.39
VILLA	509	T 500	85.14	634.00	636.95	636.91	637.88	0.041158	4.43	21.45	11.73	0.90
VILLA	479	T 500	85.14	633.00	635.72	635.72	636.64	0.043709	4.44	21.54	12.50	0.93
VILLA	463	T 500	85.14	632.11	634.33	634.61	635.61	0.078402	5.12	17.75	11.54	1.21
VILLA	455	T 500	85.14	631.00	634.26	634.26	635.16	0.052427	4.95	21.47	11.79	0.94
VILLA	437	T 500	85.14	630.00	633.29	632.62	633.78	0.017792	3.30	29.19	12.78	0.61
VILLA	407	T 500	85.14	630.00	633.23	631.76	633.40	0.005339	1.86	48.88	19.43	0.34
VILLA	384	T 500	85.14	629.00	633.06	631.69	633.26	0.006081	2.20	48.93	23.02	0.37
VILLA	372	T 500	85.14	629.00	631.97	631.97	633.00	0.051451	4.94	20.61	11.59	0.96
VILLA	358	T 500	85.14	629.00	631.47	631.41	632.11	0.037197	3.82	25.93	17.89	0.83
VILLA	335	T 500	85.14	628.00	630.69	630.23	631.09	0.020728	2.89	32.07	19.91	0.62
VILLA	312	T 500	85.14	627.00	629.84	629.84	630.59	0.034450	4.09	25.20	18.05	0.83
VILLA	293	T 500	85.14	626.00	628.86	628.43	629.50	0.025579	3.62	25.25	12.36	0.72
VILLA	278	T 500	85.14	626.00	628.68	628.18	629.09	0.019328	3.03	33.01	21.89	0.61
VILLA	262	T 500	85.14	625.00	628.46	627.94	628.82	0.014708	3.07	38.22	26.91	0.55
VILLA	251	T 500	85.14	625.00	627.93	627.89	628.59	0.032743	3.97	27.12	20.63	0.81
VILLA	229	T 500	85.14	624.00	627.76	627.20	628.00	0.011559	2.76	45.89	32.16	0.48
VILLA	210	T 500	85.14	624.00	627.23	627.14	627.75	0.024165	3.66	32.73	27.27	0.69
VILLA	176	T 500	85.14	623.00	626.37	625.58	626.75	0.013399	2.94	35.17	19.87	0.53
VILLA	151	T 500	85.14	622.03	625.57	625.11	626.31	0.024362	4.02	25.49	14.80	0.72
VILLA	121	T 500	85.14	621.07	624.99	624.99	625.46	0.017322	3.55	38.72	45.80	0.61
VILLA	105	T 500	85.14	621.00	623.39	623.50	624.38	0.054010	4.57	20.43	12.75	1.01
VILLA	75	T 500	85.14	620.00	622.76	622.03	623.06	0.013383	2.52	37.34	21.24	0.53
VILLA	45	T 500	85.14	619.40	622.19	622.02	622.57	0.021789	3.01	35.38	29.78	0.65
VILLA	30	T 500	85.14	619.00	621.88	621.73	622.21	0.019414	3.01	42.55	46.58	0.61
VILLA	15	T 500	85.14	619.00	621.67	621.92	621.92	0.013517	2.51	46.48	48.14	0.52
VILLA	7	T 500	85.14	619.00	621.20	620.99	621.73	0.036050	3.38	29.43	30.13	0.82

Resaltar que el régimen obtenido en el tramo de estudio del arroyo de la Fuente de la Villa es mayoritariamente subcrítico.

En la sección 463 aproximadamente se observa un salto hidráulico en el que el régimen pasa a supercrítico. Esto mismo vuelve a ocurrir en el perfil 105.

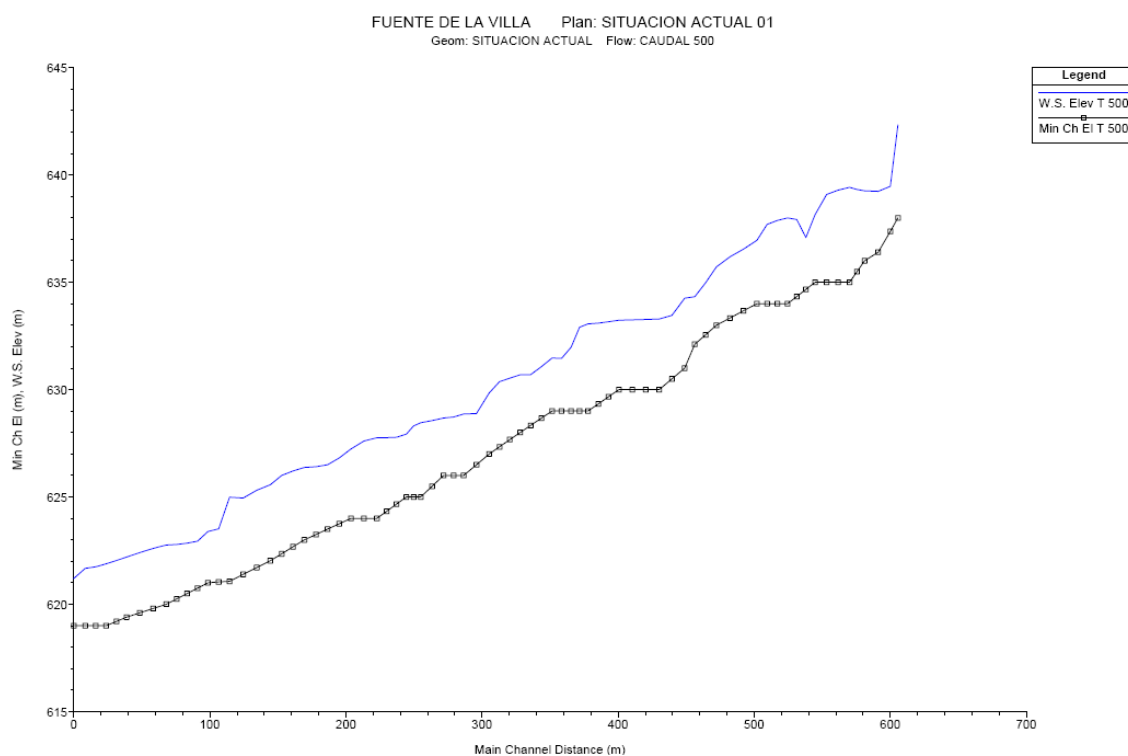
Las velocidades obtenidas en el canal principal son bastante elevadas y oscilan entre 3 y 5 m/s, aumentando hasta 6 m/s en puntos aislados como el inicio del tramo. En las llanuras la velocidad disminuye oscilando entre 1 y 2 m/s.

En los apéndices 1.B. a 1.D. del anejo se muestran el perfil hidráulico obtenido y las secciones hidráulicas resultantes, así como una descripción detallada tanto de los datos de partida como de los resultados obtenidos en la modelización.

4.1.2. ANÁLISIS DE COTAS DE INUNDACIÓN

A continuación se muestra el gráfico con las cotas de la llanura de inundación alcanzadas para la avenida extraordinaria de 500 años:

Ilustración 12. Cotas de inundación del modelo



De este gráfico se extraen los valores de cota de lámina de agua en cada perfil para poder trasladarlos a planta y dibujar la llanura de inundación.



APÉNDICE 1.- ARROYO DE LA FUENTE DE LA VILLA