

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
SITO EN EL POLÍGONO 1 PARCELA 102
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE EL
CUERVO DE SEVILLA (SEVILLA) PARA
FUTURA IMPLANTACIÓN DE PLANTA
SOLAR FOTOVOLTAICA (FV DONATOS)**

FEBRERO 2024

Innova Proyectos

Manuel Cañas Mayordomo



INDICE DE CONTENIDO

Acrónimos

- **ASCII:** American Estándar Code for Information Interchange
- **DPH:** Dominio Público Hidráulico
- **IDF:** Intensidad-Duración-Frecuencia
- **IGME:** Instituto Geológico y Minero de España
- **IGN:** Instituto Geográfico Nacional
- **LIDAR:** Light Detection and Raging
- **MAGRAMA:** Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
- **MCA:** Mapa de Cultivos y Aprovechamientos
- **MDT:** Modelo Digital del Terreno
- **MITECO:** Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico del Gobierno de España
- **ODT:** Obra de Drenaje Transversal
- **PNOA:** Plan Nacional de Ortografía Aérea
- **SIG:** Sistema de Información Geográfica.
- **SCS:** Servicio de Conservación del Suelo
- **WGS:** World Geodetic System

Índice de Figuras

Figura 1. Zonificación del espacio fluvial	10
Figura 2. Situación	16
Figura 3. Término Municipal.....	16
Figura 4. Zona de Estudio.....	17
Figura 5. Mapa de relieve e hidrografía.....	19
Figura 6. Red Hidrográfica Provincia de Sevilla.....	20
Figura 7. Mapa de Edafología.....	22
Figura 8. Clasificación Agroclimática de Papadakis.....	23
Figura 9. Mapa de Geológico Provincia de Sevilla.....	25
Figura 10. Mapa de Geológico Zona de Estudio.	26
Figura 11. Ortofoto PNOA Máxima Actualidad (IGN).....	28
Figura 12. Modelo Digital Terreno-MDT05 (IGN).....	29
Figura 13. Archivo Ráster.....	30
Figura 14. Red Drenaje obtenida MDT	31
Figura 15. Cuencas Conjunta zona de Estudio	32
Figura 16. Cuadro resumen de metodología de obtención de caudales.....	34
Figura 17. Mapa de Máximas Lluvias diarias en la España Peninsular.....	35
Figura 18. Esquema de cuenca por el Método Racional.....	36
Figura 19. Factor F_a	44
Figura 20. Mapa Índice de Torrencialidad	45
Figura 21. Obtención de F_b	46
Figura 22. Determinación del Coeficiente de Escorrentía.....	49
Figura 23. Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra (MIAMBIENTE).....	53
Figura 24. Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía.....	54
Figura 25. Ortofoto PNOA Máxima Actualidad (IGN).....	59
Figura 26. Modelo Digital Terreno-MDT02 (IGN).....	60
Figura 27. Recorte Lidar Zona de Estudio.....	60
Figura 28. Herramienta Crear RTIN	61
Figura 29. Importación archivo ASCII	62
Figura 30. Geometría importada RTIN	63
Figura 31. Condición Inicial.....	64
Figura 32. Condiciones de Contorno	65
Figura 33. Ventana Análisis 2D.....	66
Figura 34. Ventana Contextual	67
Figura 35. Ventana de Selección.....	68

Figura 36. Condición de Entrada de Caudales en Iber	68
Figura 37. Ventana de Condiciones de Salida	69
Figura 38. Condición de Salida en Iber	70
Figura 39. N Manning Iber	71
Figura 40. Malla del Modelo.....	73
Figura 41. Dibujo Tamaño Superficie	74
Figura 42. Visualizador Tamaño Malla	74
Figura 43. Datos de computación.....	76
Figura 44. Ventana Selección Datos de Computación	78
Figura 45. Proceso de cálculo	78
Figura 46. Proceso de cálculo Máxima Crecida Ordinaria	81
Figura 47. Mapa Regiones para Cálculo MCO	81
Figura 48. Resultados Calados T10 años.....	83
Figura 49. Resultados Velocidad T10 años.....	84
Figura 50. Resultados Peligrosidad T10 años.....	84
Figura 51. Resultados Calados T100 años	85
Figura 52. Resultados Velocidad T100 años	85
Figura 53. Resultados Peligrosidad T100 años	86
Figura 54. Resultados Calados T500 años	87
Figura 55. Resultados Velocidad T500 años	87
Figura 56. Resultados Peligrosidad T500 años	88
Figura 57. Zona de DPH – Zona Servidumbre – Zona de Policía.....	88
Figura 58. Zona de Flujo Preferente.....	89
Figura 59. Funcionamiento Gid.....	91
Figura 60. Módulos de Funcionamiento Iber	94

Índice de Tablas

Tabla 1. Parcelas Zonas de Estudio	17
Tabla 2. Archivos Ortofotos IGN.....	27
Tabla 3. Archivos MDT-05 IGN.....	29
Tabla 4. Características Físicas Cuenca 1.....	33
Tabla 5. Características Físicas Cuenca 2.....	33
Tabla 6. Características Físicas Cuenca 3.....	33
Tabla 7. Caudales cuenca de estudio 1.....	55
Tabla 8. Caudales cuenca de estudio 2.....	56
Tabla 9. Caudales cuenca de estudio 3.....	56
Tabla 7. Caudales cuenca de estudio 1. Escorrentía 0,60 CHG.....	57
Tabla 7. Caudales cuenca de estudio 2. Escorrentía 0,60 CHG.....	57
Tabla 7. Caudales cuenca de estudio 3. Escorrentía 0,60 CHG.....	57
Tabla 10. Resumen Caudales Cuencas.....	58
Tabla 11. Archivos MDT-02 IGN.....	60
Tabla 12. Manning Iber.....	71
Tabla 12. Periodo de retorno estudio MCO en función de regiones peninsular.....	82

#A. INTRODUCCIÓN	8
1.- Orden de Encargo	8
2.- Antecedentes y objeto	8
3.- Normativa de aplicación	9
#B. CARACTERIZACIÓN ZONA DE ESTUDIO	15
1.- Objeto del Estudio.....	15
1.1.- Descripción de la Zona de Estudio	15
1.2.- Zona Metodología de Aplicación.....	17
1.3.- Descripción Física.....	17
1.4.- Hidrología.....	19
1.5.- Edafología.....	21
1.6.- Climatología.....	22
1.7.- Geología.....	23
#C. ESTUDIO HIDROLÓGICO	27
1.- Cálculo de las Cuencas de Estudio	27
1.1.- Datos	27
1.2.- Definición de las Cuencas de Estudio.....	29
2.- Cálculo del Caudal en la Cuenca de Estudio.....	33
2.1.- Método de Cálculo.....	33
2.2.- Cálculo de las Precipitaciones Máximas Diarias	35
2.3.- Método Racional.....	35
#D. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA	59
1.- Cálculo hidráulico de la zona de estudio	59
1.1.- Definición del problema.....	59
1.2.- Obtención de la ortofoto y modelo digital del terreno	59
1.3.- Geometría del modelo.....	61
1.4.- Parámetros a Introducir en el Modelo.	63
1.5.- Mallado del modelo.....	72
1.6.- Datos del problema	75
#E. MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA (M.C.O.)	80
2.- Cálculo Máxima Crecida Ordinaria	80
2.1.- Definición del Dominio Público Hidráulico.....	80
2.2.- Máxima Crecida Ordinaria.....	80
3.- Resultados.....	83

3.1.- Resultados para T = 10 años.....	83
3.2.- Resultados para T = 100 años	85
3.3.- Resultados para T = 500 años.....	87
#E. PARTICULARIDADES DE DESARROLLO DEL ESTUDIO	90
1.- Modelo Utilizado	90
1.1.- Metodología del programa Iber.....	90
#F. CONCLUSIONES.....	95
1.- CONCLUSIONES OBTENIDAS	95
ANEJO 1. FICHA CATASTRAL PARCELA	96
ANEJO 2. ANEJO DE CÁLCULOS.....	98
ANEJO 3. PLANOS.....	127
Listado de Planos	128

#A. INTRODUCCIÓN

1.- Orden de Encargo

Don Manuel Cañas Mayordomo, inscrito como ejerciente en el Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos, con Número de Colegiado 1.617 realiza el presente Informe Técnico a petición de Marchena PV, S.L.. con CIF B05400809 con a efectos de notificaciones C/Castelló nº128, 5ª planta, 28006-Madrid y Domicilio social en la C/ Gustavo Fernández Balbuena, 11, entreplanta. CP: 28002. Madrid, España.

A instancias de la dirección técnica de la misma, para la elaboración de **ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO SITO EN EL POLÍGONO 1 PARCELA 102 EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE EL CUERVO DE SEVILLA (SEVILLA) PARA FUTURA IMPLANTACIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV DONATOS)** con el fin de determinar las extensiones de inundación en la zona de estudio y comprobar la viabilidad a efectos de inundabilidad.

2.- Antecedentes y objeto

El promotor pretender realizar la construcción de la instalación de producción de energía eléctrica con una instalación solar fotovoltaica situado en el término municipal de El Cuervo de Sevilla (Sevilla).

Es por lo que se realiza el presente estudio de inundabilidad suscrito por técnico competente.

Para la simulación de la avenida o lámina de inundación de los cauces, se utilizará el programa Iber (Versión 2.5.2). En este se realizará las siguientes simulaciones:

En este estudio se realizará las siguientes simulaciones:

- Simulación del estado actual y los efectos de la avenida para un periodo de retorno de 5 (MCO) 10, 100 y 500 años

- Recopilación de información de precipitación de la zona de estudio a través de las Máximas llluvias diarias en la España Peninsular (MAXPLUWIN)
- Modelización matemática a partir de modelos hidráulicos bidimensionales utilizando los modelos digitales del terreno procedente de la información topográfica existente en el IGN (Instituto Geográfico Nacional)

3.- Normativa de aplicación

Se redacta el presente estudio hidrológico e hidráulico en relación a la siguiente normativa:

- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica
- Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.
- Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, el Reglamento de Planificación Hidrológica, aprobado por el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, y otros reglamentos en materia de gestión de riesgos de inundación, caudales ecológicos, reservas hidrológicas y vertidos de aguas residuales.
- Real Decreto 665/2023, de 18 de julio, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril; el Reglamento de la Administración Pública del Agua, aprobado por Real Decreto 927/1988, de 29 de julio; y el Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados

Ante cualquier actuación se deberán tener en cuenta, en la medida que corresponda su aplicación en cada caso, los preceptos relativos a:

- Zonas de Servidumbre: Respetará una franja de 5 m de anchura paralelas a los cauces para permitir el uso público regulado en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico
- Zonas de Policía: banda de 100 metros de anchura paralelas a los cauces de los ríos en las que hay que obtener autorización previa del Organismo de la Cuenca, para efectuar las actuaciones de acuerdo al Reglamento.

Cauces de Dominio Público Hidráulico. Obtener autorización previa del Organismo de la Cuenca para el uso o las obras dentro del cauce público (art. 51 al 77; 126 al 127 y 136 del Reglamento).

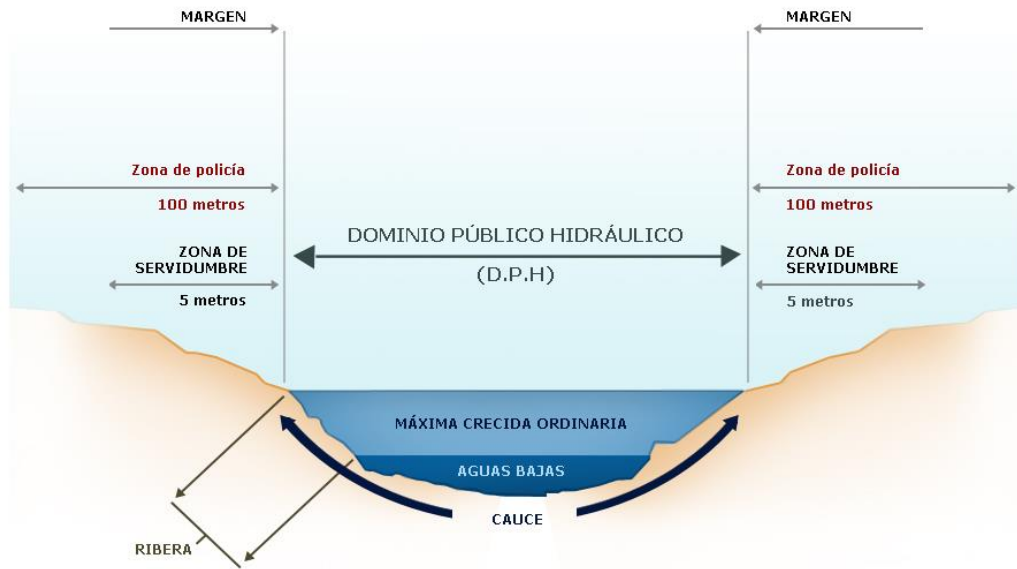


Figura 1. Zonificación del espacio fluvial

A continuación, se enumera la normativa en referencia a zonas susceptibles de ser invadidas por las crecidas de los cauces de corrientes naturales y que será adoptada como marco de referencia para el desarrollo del presente estudio.

Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas:

- **Artículo 11. Las zonas inundables.**

1. Los terrenos que puedan resultar inundados durante las crecidas no ordinarias de los lagos, lagunas, embalses, ríos o arroyos, conservarán la calificación jurídica y la titularidad dominical que tuvieren.
2. Los Organismos de cuenca darán traslado a las Administraciones competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo de los datos y estudios disponibles sobre avenidas, al objeto de que se tengan en cuenta en la planificación del suelo y, en particular, en las autorizaciones de usos que se acuerden en las zonas inundables.
3. El Gobierno, por Real Decreto, podrá establecer las limitaciones en el uso de las zonas inundables que estime necesarias para garantizar la seguridad de las personas y bienes. Los Consejos de Gobierno de las Comunidades Autónomas podrán establecer, además, normas complementarias de dicha regulación.

Real Decreto 665/2023, de 18 de julio, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril; el Reglamento de la Administración Pública del Agua, aprobado por Real Decreto 927/1988, de 29 de julio; y el Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados

- **Artículo 9.**

1. En la zona de policía de 100 metros de anchura medidos horizontalmente a partir del cauce quedan sometidos a lo dispuesto en este reglamento las siguientes actividades y usos del suelo:

- a) Las alteraciones sustanciales del relieve natural del terreno.
- b) Las extracciones de áridos.
- c) Las construcciones de todo tipo, tengan carácter definitivo o provisional.
- d) Cualquier otro uso o actividad que suponga un obstáculo para la corriente en régimen de avenidas o que pueda ser causa de degradación o deterioro del estado de la masa de agua, del ecosistema acuático, y en general, del dominio público hidráulico.

2. Sin perjuicio de la modificación de los límites de la zona de policía, cuando concurra alguna de las causas señaladas en el artículo 6.2 del TRLA, la zona de policía podrá ampliarse, si ello fuese necesario, para incluir la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo, al objeto específico de proteger el régimen de corrientes en avenidas, y reducir el riesgo de producción de daños en personas y bienes. En estas zonas o vías de flujo preferente sólo podrán ser autorizadas aquellas actividades no vulnerables frente a las avenidas y que no supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe de dichas zonas, en los términos previsto en los artículos 9 bis, 9 ter y 9 quater.

La zona de flujo preferente es aquella zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas, o vía de intenso desagüe, y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas.

A los efectos de la aplicación de la definición anterior, se considerará que pueden producirse graves daños sobre las personas y los bienes cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:

- a) Que el calado sea superior a 1 m.
- b) Que la velocidad sea superior a 1 m/s.
- c) Que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m²/s.

Se entiende por vía de intenso desagüe la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de periodo de retorno sin producir una sobreelevación mayor que 0,3 m, respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente. La sobreelevación anterior podrá, a criterio del organismo de cuenca, reducirse hasta 0,1 m cuando el incremento de la inundación pueda producir graves perjuicios o aumentarse hasta 0,5 m en zonas rurales o cuando el incremento de la inundación produzca daños reducidos.

En la delimitación de la zona de flujo preferente se empleará toda la información de índole histórica y geomorfológica existente, a fin de garantizar la adecuada coherencia de los resultados con las evidencias físicas disponibles sobre el comportamiento hidráulico del río.

3. La modificación de los límites de la zona de policía, cuando concurra alguna de las causas señaladas en el apartado 2, solo podrá ser promovida por la Administración General del Estado, autonómica o local.

La competencia para acordar la modificación corresponderá al organismo de cuenca, debiendo instruir al efecto el oportuno expediente en el que deberá practicarse el trámite de información pública y el de audiencia a los ayuntamientos y comunidades autónomas en cuyo territorio se encuentren los terrenos gravados y a los propietarios afectados. La resolución deberá ser motivada y publicada, al menos, en el "Boletín Oficial del Estado" y en el portal de internet del organismo de cuenca en cuyo territorio se encuentren los terrenos gravados.

4. La ejecución de cualquier obra o trabajo en la zona de policía, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 1, deberá contar con la correspondiente autorización administrativa previa o declaración responsable ante el organismo de cuenca, conforme al artículo 78 y siguientes, sin perjuicio de los supuestos especiales regulados en este reglamento.

Tanto la autorización como la declaración responsable, en función del caso, serán independientes de cualquier otra que haya de ser otorgada por los distintos órganos de las administraciones públicas».

- **Artículo 14 bis. Limitaciones a los usos del suelo en zona inundables.**

Con el objeto de garantizar la seguridad de las personas y bienes, de conformidad con lo previsto en el artículo 11.3 del TRLA, y sin perjuicio de las normas complementarias que puedan establecer las comunidades autónomas, se establecen las siguientes limitaciones en los usos del suelo en la zona inundable:

1. Las nuevas actividades, edificaciones y usos asociados en aquellos suelos que se encuentren en situación básica de suelo rural a 30 de diciembre de 2016 se realizarán, en la medida de lo posible, fuera de las zonas inundables.

En aquellos casos en los que no sea posible, se estará a lo que al respecto establezcan, en su caso, las normativas de las comunidades autónomas, teniendo en cuenta lo siguiente:

a) Las instalaciones y edificaciones se diseñarán teniendo en cuenta el riesgo de inundación existente y los nuevos usos residenciales se dispondrán a una cota tal que no se vean afectados por la avenida con periodo de retorno de 500 años, debiendo diseñarse teniendo en cuenta el riesgo y el tipo de inundación existente. Podrán disponer de garajes subterráneos y sótanos, siempre que se garantice la estanqueidad del recinto para la avenida de 500 años de período de retorno, se realicen estudios específicos para evitar el colapso de las edificaciones, todo ello teniendo en cuenta la carga sólida transportada, y además se disponga de respiraderos y vías de evacuación por encima de la cota de dicha avenida. Se deberá tener en cuenta su accesibilidad en situación de emergencia por inundaciones.

b) Se evitará el establecimiento de servicios o equipamientos sensibles o infraestructuras públicas esenciales tales como, hospitales, centros escolares o sanitarios, residencias de personas mayores o de personas con discapacidad, centros deportivos o grandes superficies comerciales donde puedan darse grandes aglomeraciones de población, acampadas, zonas destinadas al alojamiento en los campings y edificios de usos vinculados, parques de bomberos, centros penitenciarios, depuradoras, instalaciones de los servicios de Protección Civil, o similares. Excepcionalmente, cuando tras el correspondiente estudio, se certifique por las administraciones competentes en ordenación del territorio y urbanismo que no existe otra alternativa de ubicación, se podrá permitir su establecimiento, siempre que se cumpla lo establecido en el apartado anterior y se asegure su accesibilidad en situación de emergencia por inundaciones.

2. En aquellos suelos que se encuentren a 30 de diciembre de 2016, en la situación básica de suelo urbanizado, podrá permitirse la construcción de nuevas edificaciones, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, lo establecido en las letras a) y b) del apartado 1.
3. Para los supuestos anteriores, y para las edificaciones ya existentes, las administraciones competentes fomentarán la adopción de medidas de disminución de la vulnerabilidad y autoprotección, todo ello de acuerdo con lo establecido en la Ley 17/2015, de 9 de julio, y la normativa de las comunidades autónomas. Asimismo, el promotor deberá suscribir una declaración responsable sobre el riesgo de inundación existente en la que exprese claramente que conoce y asume el riesgo existente y las medidas de protección civil aplicables al caso, comprometiéndose a trasladar esa información a los posibles afectados, con independencia de las medidas complementarias que estime oportuno adoptar para su protección. Esta declaración responsable deberá estar integrada, en su caso, en la documentación del expediente de autorización. En los casos en que no haya estado incluida en un expediente de autorización de la administración hidráulica, deberá presentarse ante ésta con una antelación mínima de un mes antes del inicio de la actividad.
4. Además de lo establecido en el apartado anterior, con carácter previo al inicio de las obras, el promotor deberá disponer del certificado del Registro de la Propiedad en el que se acredite que existe anotación registral indicando que la construcción se encuentra en zona inundable.
5. En relación con las zonas inundables, se distinguirá entre aquéllas que están incluidas dentro de la zona de policía que define el artículo 6.1.b) del TRLA, en la que la ejecución de cualquier obra o trabajo precisará autorización administrativa o declaración responsable de los organismos de cuenca de acuerdo con el artículo 9.4 de este reglamento, de aquellas otras zonas inundables situadas fuera de dicha zona de policía, en las que las actividades serán autorizadas por la administración competente con sujeción, al menos, a las limitaciones de uso que se establecen en este artículo, y al informe que emitirá con carácter previo la administración hidráulica de conformidad con el artículo 25.4 del TRLA, a menos que el correspondiente Plan de Ordenación Urbana, otras figuras de ordenamiento urbanístico o planes de obras de la administración,.

#B. CARACTERIZACIÓN ZONA DE ESTUDIO

1.- Objeto del Estudio

El presente estudio tiene como objeto establecer el cálculo de los caudales para los periodos de retorno de 5 (MCO) 10, 100 y 500 años para una vez conocido el caudal, calcular la inundabilidad a su paso por la zona de estudio para los periodos anteriormente mencionado.

Para ello se realizará hidrológico y un estudio hidráulico de la zona de estudio, siendo para este proyecto la Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel Piedras, concretamente en el término municipal de El Cuervo de Sevilla.

La caracterización hidrometeorológica se compondrá de un estudio de la información disponible sobre precipitaciones máximas diarias (o infra diarias si disponibles) e intensidades de lluvia para diferentes escenarios, umbral de esorrentía, y factor de torrencialidad.

Con el modelo hidráulico, se pretende conocer el comportamiento sobre el terreno de los valores de lluvia/caudal calculados en la modelización hidrológica. Las dos variables fundamentales a conocer son el calado y la velocidad, puesto que se utilizarán a posteriori para el cálculo de la peligrosidad y el riesgo de las inundaciones pluviales. De esta forma, se determina la magnitud del evento, asociada a una duración y periodo de retorno y, por otro lado, el volumen y la distribución temporal resultante de dicha magnitud.

1.1.- Descripción de la Zona de Estudio

La zona de estudio se encuentra en el término municipal de El Cuervo de Sevilla (Sevilla), concretamente en el polígono 1, parcela 102.



Figura 2. Situación



Figura 3. Término Municipal

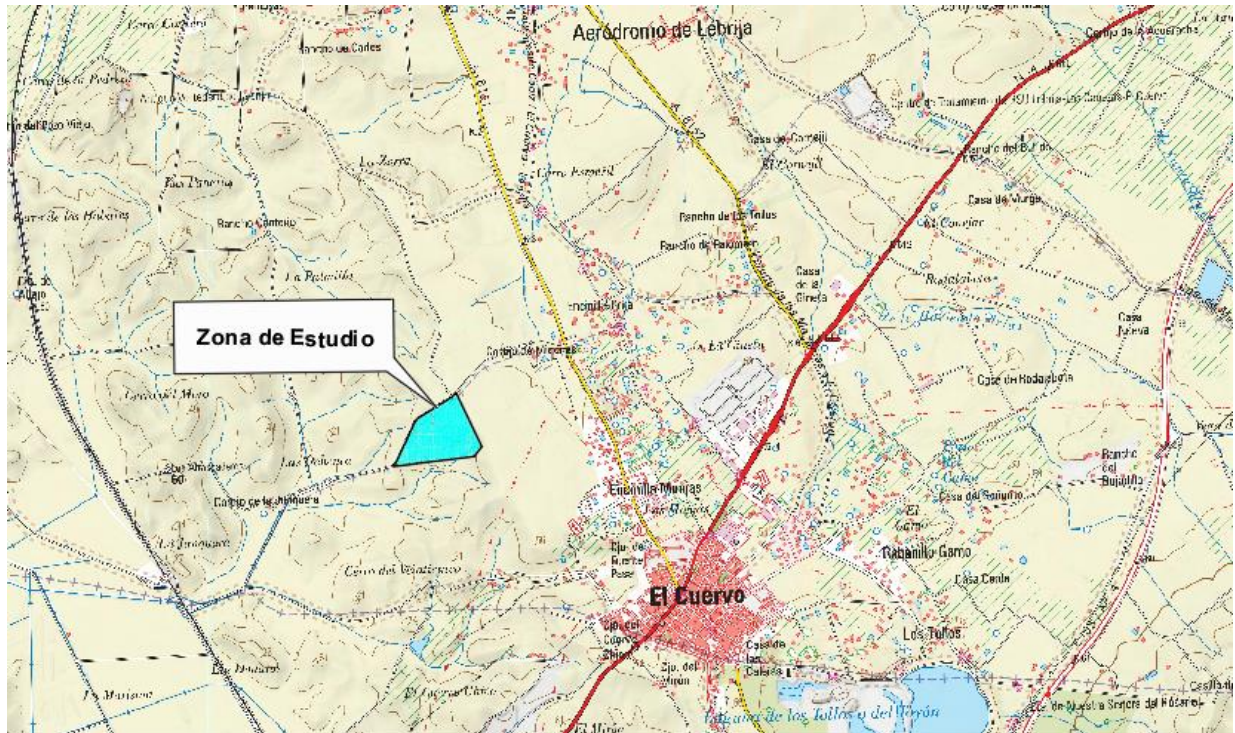


Figura 4. Zona de Estudio

1.2.- Zona Metodología de Aplicación.

TÉRMINO MUNICIPAL	POLÍGONO	PARCELA	RFA. CATASTRAL
EL CUERVO DE SEVILLA	1	102	41105A001001020000QF

Tabla 1. Parcelas Zonas de Estudio

1.3.- Descripción Física

Se diferencian claramente tres zonas en el relieve que modulan el paisaje característico de la provincia de Sevilla:

Sierra Morena: zona montañosa que la separa de Badajoz, y que a su vez se divide en dos subzonas separadas por el río Múrtigas y la Rivera de Huelva junto con el embalse de Aracena. La primera de ellas está situada más al norte, y se compone de alineaciones montañosas dispuestas longitudinalmente con altitudes comprendidas entre 500 y 700 m de altitud. En ella destacan la sierra de los Hinojales, la del Álamo y la del Viento. Se diferencian claramente tres zonas en el relieve que modulan el paisaje

característico de la provincia de Sevilla. La provincia se encuentra delimitada por la cordillera de Sierra Morena al norte y por las últimas estribaciones de la Cordillera Bética al sureste, encontrándose entre ambas la depresión del Guadalquivir que atraviesa la provincia de este a sureste:

- Sierra Morena: ocupa la zona noroccidental de la provincia, alcanzando alturas de hasta 900 m, es por ello que también se le conoce como Sierra Norte. Esta unidad presenta estrechos valles y profundos barrancos, dando lugar a un territorio de relieve abrupto y escarpado. Se encarga de separar la meseta o cordillera de la depresión bética. Esta sierra tiene una longitud de 400 kilómetros.

- Depresión bética o del Guadalquivir: llanura litoral caracterizada por terrenos bajos, llanos y muy fértiles, por donde discurre el río Guadalquivir. La depresión bética cruza la provincia de Sevilla congruente con la cuenca del río, la cual lleva su curso de este a oeste, ocupando gran parte de Andalucía y desembocando en el Océano Atlántico.

- Sierras Subbéticas: en el sur y sureste sevillano se alcanzan las máximas elevaciones de la zona de estudio, concretamente en las estribaciones de la sierra Subbética donde se encuentra el Monte Terre (1.129 m). Esta zona es conocida por ser el lugar de contacto entre la Depresión del Guadalquivir y el Sistema Bético.

En cuanto a la hidrología, el principal río es el Guadalquivir, que atraviesa la provincia de Sevilla en su parte correspondiente al curso medio y bajo del río, en el momento en el que el valle se abre hacia el Atlántico conformando un amplio espacio de campiña y marisma, aunque destacan algunos de sus afluentes como son el Genil, el Corbones, el Guadaira, el Var y el Rivera de Huelva.

Paisajísticamente la provincia de Sevilla cuenta con cinco unidades de paisaje. El tercio norte consiste en una serranía de media montaña intercalada con valles intramontanos, mientras que en el centro se representan campiñas de piedemonte que bajan de la sierra hasta el valle y la vega del Guadalquivir. En el tercio sur se dan campiñas alomadas y de nuevo campiñas de piedemonte como transición a la unidad de las sierras Subbéticas.

En lo que respecta a las figuras de protección de espacios naturales, en la provincia de Sevilla se encuentra el Parque Natural de la Sierra Norte de Sevilla y parte del Parque Nacional de Doñana, además de varios Paisajes Protegidos y Reservas y Monumentos Naturales.



Figura 5. Mapa de relieve e hidrografía.

1.4.- Hidrología

El principal curso de agua de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir es el río Guadalquivir, que nace en la Sierra de Cazorla (cuenca de 57.527 km²).

- El río Guadalquivir, de 657 km de longitud, recibe diversos afluentes a lo largo de su recorrido, con una gran diferencia entre ambas márgenes, y en general tienen una orientación sureste-noreste y discurren por las cordilleras Béticas atravesando amplias campiñas. Por el margen izquierdo los afluentes tienen mucho más recorrido que los del margen derecho, destacando el Genil. El Guadalquivir recorre su curso de este a oeste, girando al sur en la provincia de Sevilla y puede dividirse en tres tramos

diferenciados: curso alto, medio y bajo. La cuenca del río Guadalquivir tiene una capacidad de embalsado de 8.782 hm³ y su principal embalse es el Pantano del Tranco de Beas.

En esta provincia hay que destacar la importancia de las aguas superficiales, como las marismas del Guadalquivir. Las marismas del Guadalquivir, se localizan en el estuario antiguo del río que lleva el mismo nombre, se encuentran en el último tramo del río, un par de kilómetros antes de desembocar en el océano. Conforman una bahía o ensenada litoral antigua, rellena de depósitos marinos y fluviales de aluvión. Esta zona en tiempos pasados era un lago marino, llamado lacus gustinos.

Dichas marismas hoy en día tienen una extensión aproximada de 2000 km², de las cuales gran parte son inundables. En temporada de lluvias se llegan a convertir en una inmensa zona lacustre, debido a varios factores como sus terrenos planos, su cercanía al nivel del mar y la vegetación impermeable de los materiales de sus suelos.

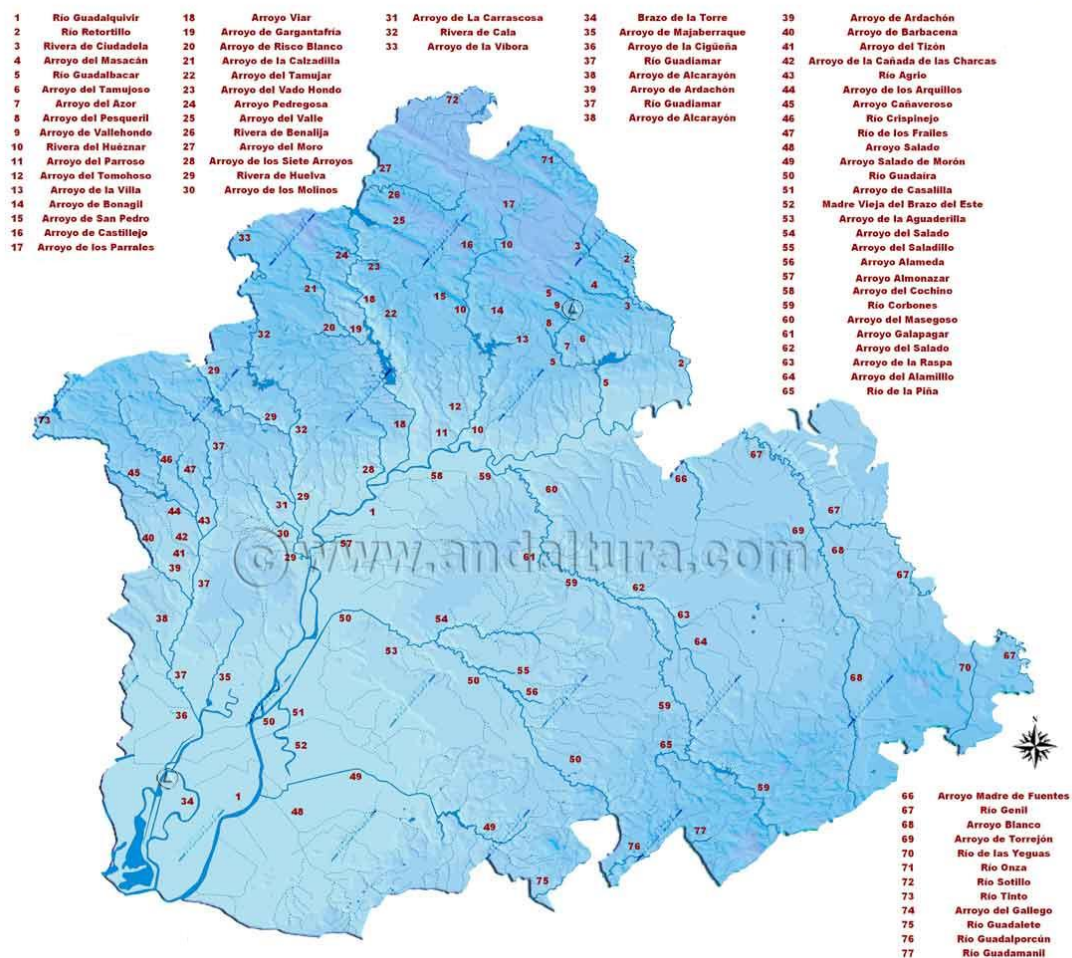


Figura 6. Red Hidrográfica Provincia de Sevilla

1.5.- Edafología

El suelo que ocupa mayor superficie en la provincia de Sevilla es el Xerochrept, cuya superficie representa el 42,98% del total provincial, aunque es en esta provincia donde menor predominio tiene de todo Andalucía. Se desarrolla básicamente en la parte septentrional y meridional del territorio, coincidiendo con las Comarcas Agrarias La Sierra Norte y La Sierra Sur.

Además de este grupo perteneciente a los Inceptisoles aparecen dos grupos de Alfisoles: Palexeralf (10,81% de superficie) y Rhodoxeralf (10,74%). Los primeros se asientan en la vega del Guadalquivir, mientras que los Rhodoxeralfs ocupan posiciones diversas, siendo frecuente su presencia en la vega del Guadalquivir, aunque también se presentan en zonas del sur meridional. Por último, destaca el tipo de suelo Pelloxererts, que se desarrolla en la comarca La Campiña, ocupando el 10,87% de la superficie total de la provincia.

Las características principales de los suelos predominantes son las siguientes:

- Xerochrept: son suelos profundos (100-150 cm). Presentan un bajo contenido en materia orgánica, su pH es ligeramente ácido y la textura es franco-arenosa.
- Rhodoxeralf: tienen una profundidad media (50-100 cm). Tienen un contenido en materia orgánica bajo. Textura arcillo-limosa. Su pH es ligeramente ácido (pH≈6).
- Palexeralf: son suelos muy profundos (>150 cm). Tienen un contenido bajo en materia orgánica. Su pH en agua varía entre 6 y 7. Textura franca.
- Pelloxerert: son los Vertisoles de climas mediterráneos que tienen una textura franco-arcillosa. Presentan una profundidad media (50-100 m), bajo contenido en materia orgánica y un pH ligeramente neutro.

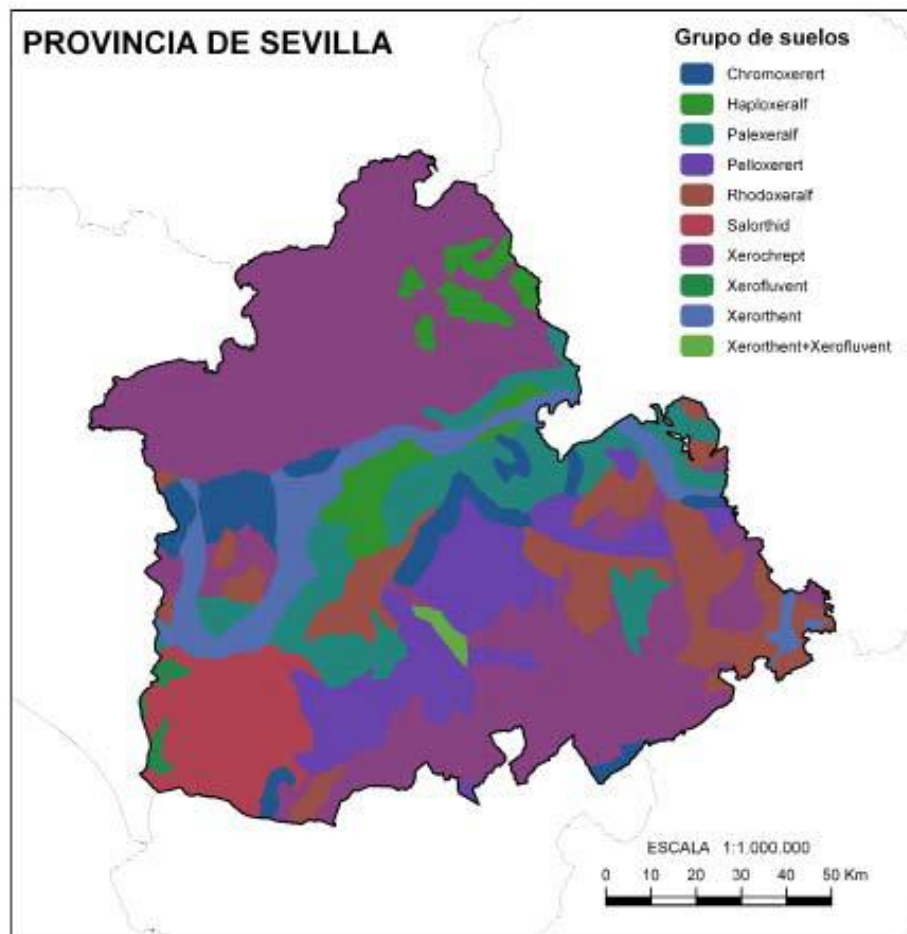


Figura 7. Mapa de Edafología

1.6.- Climatología

El clima de la provincia sevillana está caracterizado por inviernos suaves que reducen de forma considerable los riesgos de heladas, mientras que los veranos son largos y calurosos, pudiendo alcanzar fácilmente temperaturas máximas superiores a los 40 °C.

Los datos climáticos de las 65 estaciones pluviométricas (37 de ellas termopluviométricas) repartidas por toda la provincia, a las que el MAGRAMA tiene acceso, se exponen en las Comarcas Agrarias correspondientes, y proporcionan los datos referidos a la serie de años de 1960-1996. Según el resumen de estos valores, la precipitación anual media para toda la provincia es de 605 mm, siendo concretamente la estación de Algámitas la que presenta un mayor valor (934 mm). La pluviometría máxima en 24 h está registrada en esta misma estación y en Almadén de la Plata "Las Navas", con 74 mm. En lo que a la temperatura se refiere, el valor anual medio de la provincia fue de 17,4 °C. El mes más cálido es julio con una temperatura media de 26,4 °C y el más frío enero, con 9,7 °C.

La temperatura media mensual de mínimas absolutas y la media de las mínimas del mes más frío se encuentran registradas en la estación de Guadalcanal "TVE" con un valor de $-5,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente. La temperatura media de máximas del mes más cálido, obtenida en la estación de La Rinconada "Azucarera", es de $37,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. La falta de precipitación durante la época del estío, unido a su larga duración y a las altas temperaturas, afecta negativamente a los cultivos.

Según la clasificación agroclimática establecida por Papadakis la provincia de Sevilla cuenta con 4 tipos climáticos de los cuales, el tipo Mediterráneo Templado y Mediterráneo Continental tienen escasa representación, ya que solo se localizan en zonas elevadas como La Sierra Norte. El tipo climático Mediterráneo Marítimo aparece en una pequeña porción de la franja sureste de comarca La Sierra Norte, mientras que el tipo Mediterráneo Subtropical es el que ocupa casi la totalidad provincial.



Figura 8. Clasificación Agroclimática de Papadakis

1.7.- Geología

Además de fisiográficamente, las tres unidades que componen la provincia (Sierra Morena, serranía Subbética y la depresión del Guadalquivir) también responden a una diferenciación desde el punto de vista geológico.

Los materiales que afloran en la zona de Sierra Morena, pertenecen a la era Primaria y se encuentran formados principalmente por pizarras y cuarcitas de los periodos Cámbrico y Silúrico, siguiendo la dirección noroeste-sureste (la misma orientación de las alineaciones de la meseta herciniana). Entremezclados con estos materiales también aparecen sectores de rocas ígneas, como es el caso del granito. La gran mayoría de las tierras agrícolas se encuentran constituidas por granitos cinéticos con bajo contenido en cuarzo y pórfidos con bajo contenido en sílice, lo que da como resultado unos terrenos limosos y arenosos con bajo contenido en arcillas.

El extenso sector ocupado por la depresión del Guadalquivir se divide en tres subunidades. La primera de ellas es la parte central de la depresión, y se encuentra formada por depósitos aluviales cuaternarios que forman un terreno muy homogéneo constituido por arcillas, limos y arenas, que dan lugar a un paisaje de amplias llanuras escalonadas hacia el cauce del río Guadalquivir. La parte sureste de la depresión también está formada por depósitos aluviales cuaternarios, aunque también destacan los materiales terciarios del Oligoceno y Mioceno (calizas y margas) que aparecen gracias a la transgresión marina que inundó la provincia. La tercera parte se corresponde con las marismas del Guadalquivir, constituidas geológicamente por rellenos aluviales de arcilla y limos muy finos depositados sobre el antiguo estuario marino y, por lo tanto, fuertemente salinizados.

Las últimas estribaciones de la serranía Subbética están formadas por materiales mesozoicos, destacando sobre todo los de la edad triásica, los cuales son calizas y arcillas del Muschelcalc y Keuper. Tanto las margas provenientes del Jurásico y Cretácico, como las arcillas, presentan contenidos elevados en caliza alcalinizando el suelo y teniendo una repercusión en la calidad agrícola de esta región.

En las figuras siguientes se representa el mapa de geología de la zona de estudio.



Figura 9. Mapa de Geológico Provincia de Sevilla.

#C. ESTUDIO HIDROLÓGICO

1.- Cálculo de las Cuencas de Estudio

Para el estudio hidráulico se han estudiado las cuencas aportantes de la red fluvial que puede influir en la zona de estudio.

A continuación, pasamos a obtener los caudales de los periodos de retornos de estudio (10, 100 y 500 años) a través d La Norma 5.2-IC Drenaje Superficial publicada por el Ministerio de Fomento, en su versión más reciente del año 2016 (aprobada por la Orden FOM/298/2016).

1.1.- Datos

1. Ortofotos

Primeramente, seleccionaremos las ortofotos necesarias de la zona de estudio. En la sección de descarga del Instituto Geográfico Nacional (IGN) en la dirección www.ign.es, haremos clic en búsqueda avanzada y seleccionaremos ortofotos PNOA Máxima Actualidad, y elegiremos la foto que nos interese, para nuestro caso se han utilizado una ortofoto en formato ECW:

DENOMINACIÓN ARCHIVOS
PNOA_MA_OF_ETRS89_HU29_h50_1034.ecw

Tabla 2. Archivos Ortofotos IGN



Figura 11. Ortofoto PNOA Máxima Actualidad (IGN)

2. Modelos Digitales del Terreno.

Para la elaboración de la cuenca se necesita un Modelo digital del terreno, en adelante MDT, con la suficiente superficie para obtener las cuencas de estudios.

Para la obtención de las cuencas de estudios se ha utilizado el siguiente MDT.

Modelo Digital del Terreno – MDT05

Este modelo pertenece al instituto Geográfico Nacional (IGN) y cuenta con las siguientes características:

Descripción: Modelo digital del terreno 1ª Cobertura con paso de malla de 5 m.

SGR: ETRS89 en la Península, Islas Baleares, Ceuta y Melilla, y REGCAN95 en las Islas Canarias (ambos sistemas compatibles con WGS84). Proyección UTM en el huso correspondiente. Alturas ortométricas.

Ud. descarga: hojas del MTN50

Formato: ASCII matriz ESRI (.asc)



Figura 12. Modelo Digital Terreno-MDT05 (IGN)

Para la elaboración del MDT se han utilizado los siguientes archivos.

DENOMINACIÓN ARCHIVOS
PNOA_MDT05_ETRS89_HU29_1034_LID.asc

Tabla 3. Archivos MDT-05 IGN

1.2.- Definición de las Cuencas de Estudio

A continuación, se va enumerar y a ilustrar los pasos (los más representativos), que habrá que seguir para la determinación de las cuencas de estudio:

- Incorporación del MDT02 en ArcGIS descargado y descrito con anterioridad.
- Relleno del Modelo Digital del Terreno, evitando de esta manera, posibles errores en los datos, que nos darían lugar a sumideros y otros defectos de diferente índole.

1. Tratamiento de datos

1.1. *Transformación ASC a Ráster*

Una vez descargados los MDT02 del IGN en formato ASC, se procede a la conversión del mismo a un formato Ráster para su posterior tratamiento. Para ello se utiliza la Herramienta ArcToolbox que incluye el programa, obteniendo así un modelo Ráster del Terreno.

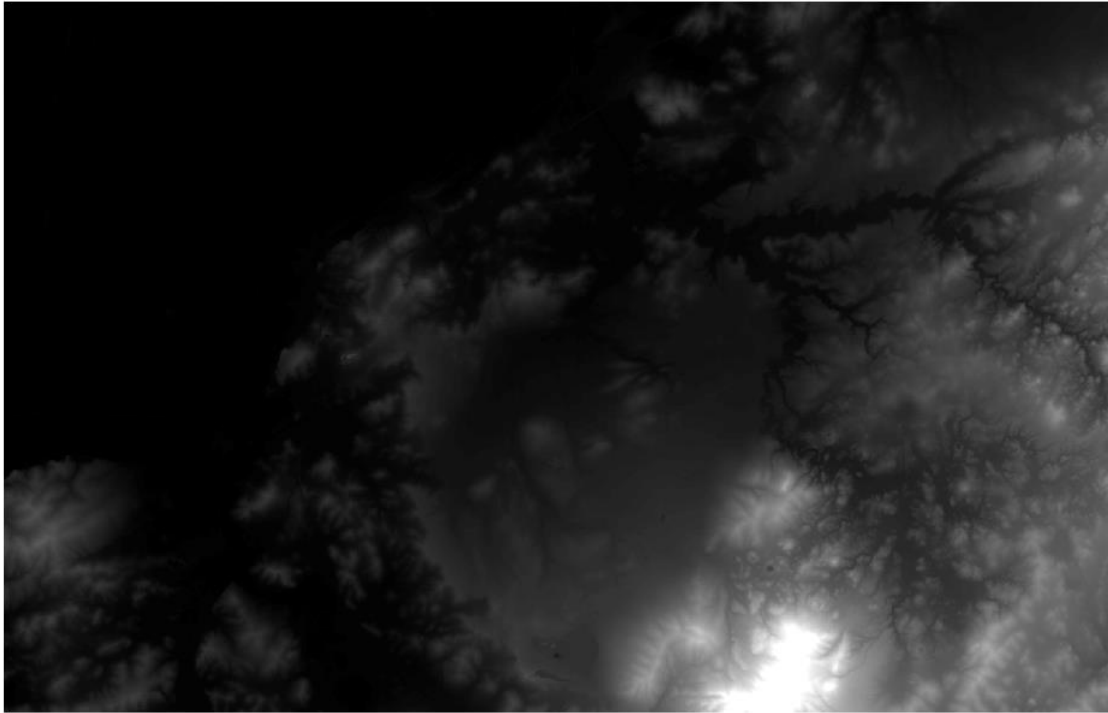


Figura 13. Archivo Ráster.

1.2. *Obtención Red Drenaje y Cuencas de Estudios*

Una vez obtenido el archivo Ráster realizaremos las siguientes acciones a través de la herramienta de hidrología que posee el programa ArcMap.

- **Fill (Relleno):** Se crea un archivo para corregir los posibles errores que normalmente contiene el Modelo Digital de Elevaciones (MDT). Al realizar esta acción conseguimos corregir las depresiones existentes en el MDT.
- **Dirección de Flujo:** Con este paso averiguaremos cuáles son las direcciones del flujo que seguirá el agua, todo ello a nivel de celda, por la cuenca.
- **Acumulación de Flujo:** Con este archivo crearemos obtendremos la acumulación de agua para obtener la red de drenaje.



Figura 14. Red Drenaje obtenida MDT

Se ha realizado el estudio de las redes marcadas como Dominio Público Hidráulico y no de las privadas para ver la influencia de la mismas en la planta solar fotovoltaica.

Para la comprobación de las redes hidráulicas se han tenido en cuenta los siguientes visores:

- Instituto Geográfico Nacional (IGN). <https://www.ign.es/web/ign/portal>
IGR Hidrografía. <https://visor-hidrografia.ign.es/hidrografia/>
- Sistema Nacional Cartografía Zonas Inundables.(SNCZI). <https://sig.mapama.gob.es/snczi/>
- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Consejería de Transformación Económica, Industria, Conocimiento y Universidades.
<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/lineav2/web/>
- Visor Confederación Hidrográfica del Guadalquivir
<https://idechg.chguadalquivir.es/nodo/Visualiza/map.html>

1.3. Cuencas de Estudio

Para la zona de estudio hemos identificados cinco cuencas con sus sendas redes de drenaje que son las posibles redes potenciales de afectar a las parcelas de la zona de estudio.

A continuación, se muestran los datos de cada una de las cuencas hidrológicas que se van a estudiar.

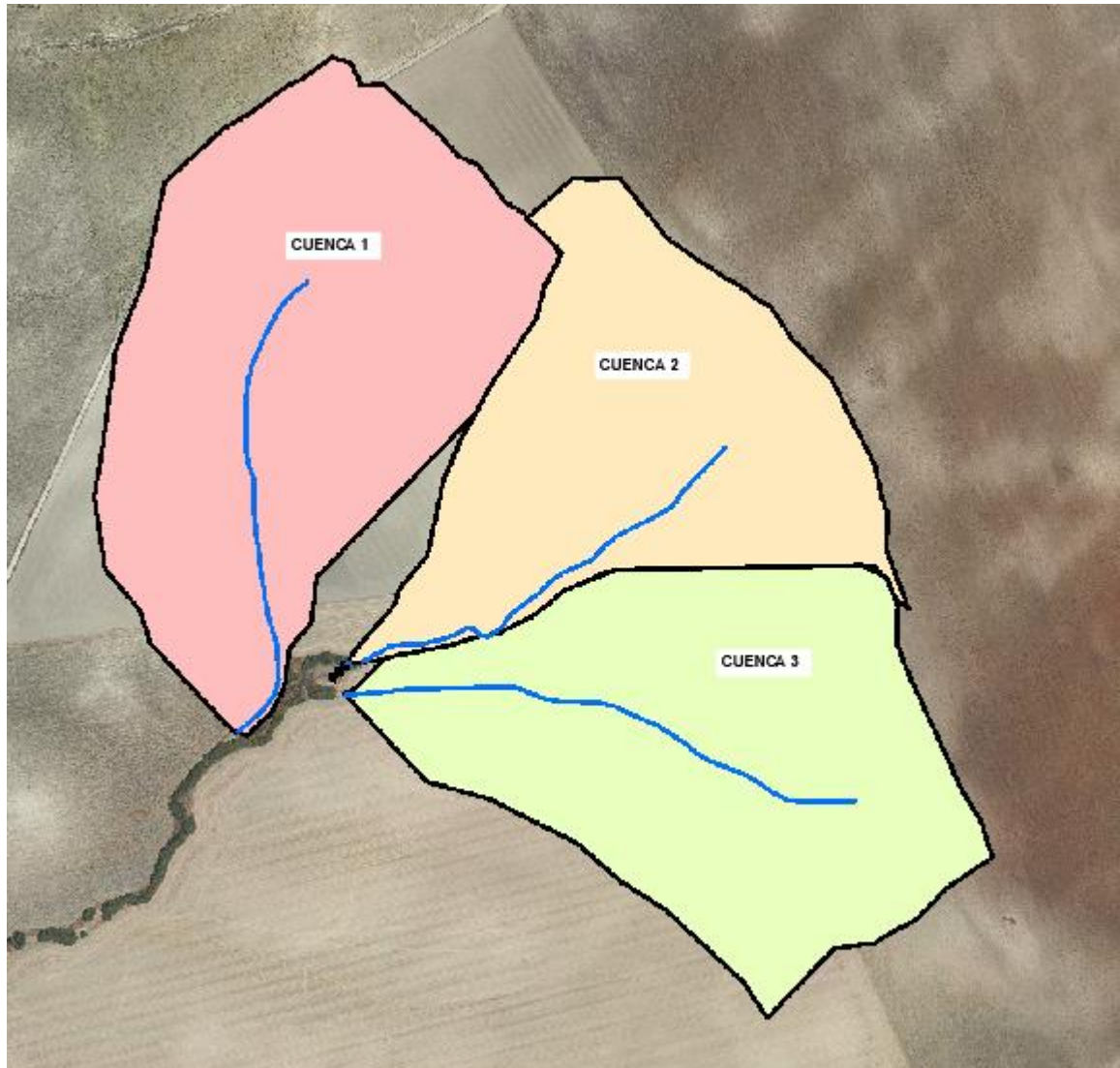


Figura 15. Cuencas Conjunta zona de Estudio

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CUENCA DE ESTUDIO. CUENCA 1	
Superficie	0,14 Km ²
Longitud Red Drenaje	0,44 km
Punto Alto	35,55 m
Punto Bajo	16,30 m
Pendiente Media del Tramo	4,35 %

Tabla 4. Características Físicas Cuenca 1

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CUENCA DE ESTUDIO. CUENCA 2	
Superficie	0,14 Km ²
Longitud Red Drenaje	0,39 km
Punto Alto	39,40 m
Punto Bajo	18,83 m
Pendiente Media del Tramo	5,24 %

Tabla 5. Características Físicas Cuenca 2

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CUENCA DE ESTUDIO. CUENCA 3	
Superficie	0,13 Km ²
Longitud Red Drenaje	0,46 km
Punto Alto	44,00 m
Punto Bajo	18,58 m
Pendiente Media del Tramo	5,47 %

Tabla 6. Características Físicas Cuenca 3

2.- Cálculo del Caudal en la Cuenca de Estudio

En el presente apartado se va a proceder a realizar el cálculo del caudal máximo aportado por la cuenca para los periodos de retornos de estudios, en este caso para T 10, 100 y 500 años.

2.1.- Método de Cálculo

Para la obtención del caudal máximo circulante por los cursos fluviales, se procederá a seguir las directrices marcadas en la Orden FOM/298/2016 de 15 de febrero, por la que se establece la nueva Instrucción de carreteras 5.2-IC "Drenaje Superficial".

En dicha instrucción nos indica la metodología para la obtención de los caudales asociados a distintos periodos de retornos, dependiente del tamaño y naturaleza de las cuencas.

Así de este modo nos establece que:

En cuencas de área inferiores a cincuenta kilómetros cuadrados ($A < 50 \text{ Km}^2$):

- Utilización de datos sobre caudales máximos proporcionados por la Administración Hidráulica.
- Si la Administración Hidráulica no dispone de datos sobre caudales máximos se debe aplicar el método racional.

En cuencas de áreas superiores o igual a cincuenta kilómetros cuadrados ($A > 50 \text{ Km}^2$):

- Cuando existan estaciones de aforo próximas, que se consideren suficientemente representativas, se utilizará el método estadístico.
- Cuando los caudales no puedan estimarse a partir de estaciones de aforo, se debe aplicar los métodos hidrológicos adecuados a las características de la cuenca, que se deben contractar con la información de que se disponga sobre caudales de avenidas. En la realización de estos estudios se tendrán en cuenta la información disponible sobre avenidas históricas o grandes eventos de precipitación.

A continuación, se aprecia un esquema resumen de lo descrito anteriormente.

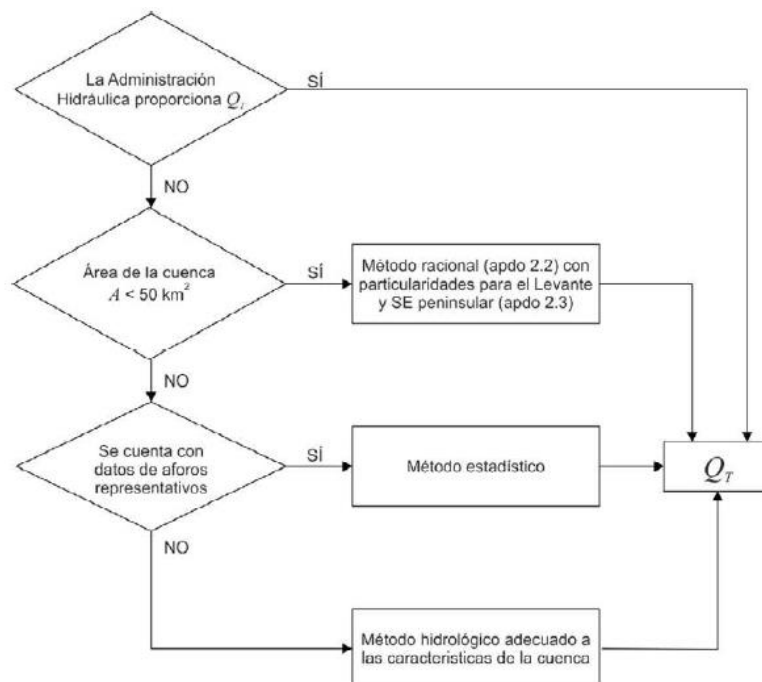


Figura 16. Cuadro resumen de metodología de obtención de caudales

Con lo mencionado en el párrafo anterior y aplicado a nuestra zona de estudio, y al disponer de cuencas de área inferior a 50 km², debemos aplicar el Método Racional.

2.2.- Cálculo de las Precipitaciones Máximas Diarias

Al no disponer de ninguna estación de aforo en la zona de estudio, como de ninguna estación meteorológica que contenga información representativa, se ha optado por la utilización del “Mapa de máximas lluvias diarias en la España peninsular, del Ministerio de Fomento”.

El mapa representa dos familias de líneas que definen el valor medio de la ley de frecuencias de máximas precipitaciones diarias puntuales (Pm) y el coeficiente de variación Cv de dicha ley.

La siguiente imagen reproduce un fragmento de la casilla “2-6. CÁDIZ”, correspondiente a la zona donde se ubica el presente proyecto.

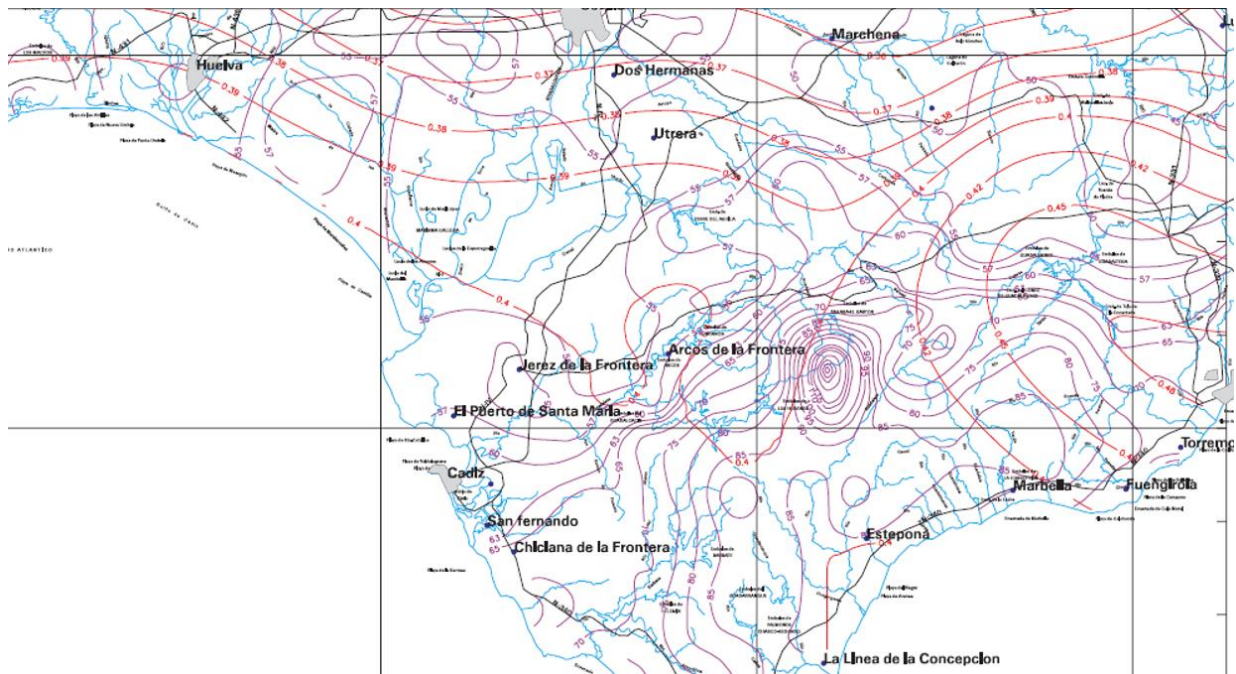


Figura 17. Mapa de Máximas Lluvias diarias en la España Peninsular

El parámetro CV permite determinar el factor KT, función de CV y T, que multiplicado por el valor medio P, da como resultado la precipitación máxima diaria asociada a cada período de retorno T.

Para nuestro caso se han determinado un valor **de CV = 0,40** y un valor medio de precipitaciones de **55 mm**.

2.3.- Método Racional

1. Fórmula General de Cálculo

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

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

Donde:

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

$I(T, t_c)$ (mm/h) = Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T , para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c , de la cuenca.

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

A (Km²) = Área de la cuenca o superficie considerada.

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

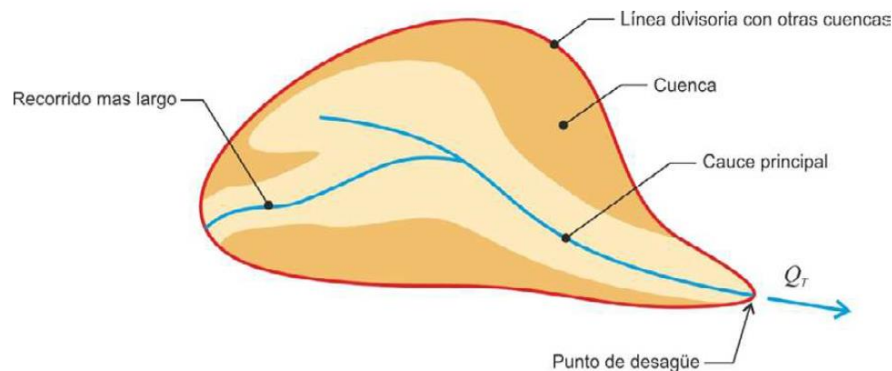


Figura 18. Esquema de cuenca por el Método Racional

2. Cálculo del Tiempo de Concentración

Se entiende por tiempo de concentración el tiempo que tarda en llegar al punto considerado, la gota de agua caída en el punto más desfavorable de la cuenca. En el caso normal de cuencas en las que predomine el tiempo de recorrido del flujo canalizado por una red de cauces definidos, el tiempo de concentración relacionado con la intensidad media de la precipitación se podrá deducir de la fórmula siguiente

Las diversas metodologías existentes para determinar el tiempo de concentración de una cuenca a partir de sus parámetros morfométricos han sido determinadas a partir de ajustes empíricos de registros hidrológicos.

El tiempo de concentración de la cuenca es muy importante porque en los modelos lluvia-escorrentía, la duración de la lluvia se asume igual al tiempo de concentración de la cuenca, puesto que es para esta duración cuando la totalidad de la cuenca está aportando al proceso de escorrentía, por lo cual se espera que se presenten los caudales máximos. Las diversas metodologías existentes para determinar el tiempo ajustes empíricos de registros hidrológicos.

Debido a las diferentes formas como fueron concebidas estas expresiones, la variabilidad de los resultados entre una y otra puede ser bastante alta, razón por la cual el criterio del analista juega un papel fundamental en la definición del tiempo de concentración de una determinada cuenca.

Instrucción 5.2 I.C. Drenaje Superficial Instrucción Carreteras

t_c : Tiempo de concentración en horas,

L_c : Longitud del cauce principal en kilómetros,

J_c : Pendiente media del cauce.

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

Williams

A : área de la cuenca en millas cuadradas,

L : distancia en línea recta desde el sitio de interés al punto más alto en millas.

S_o : diferencia de cotas entre los puntos más extremos dividida por L en porcentaje,

d : diámetro de una cuenca circular con área A en millas.

$$T_c = \frac{LA^{0.4}}{DS_o^{0.2}}$$

Kirpich

Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%).

L: longitud desde la estación de aforo hasta la divisoria siguiendo en cauce principal en kilómetros.

So: diferencia de cotas entre los puntos extremos de la corriente en m/m.

$$T_c = 0.066 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

California Culverts Practice

Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.

L = longitud del curso de agua más largo (m),

H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (m).

$$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Giandotti

Tc= tiempo de concentración (horas)

S= área de la cuenca (km²)

L= longitud del cauce principal (km)

i= elevación media de la cuenca o diferencia de nivel principal (m).

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}, \text{ Siempre que } \frac{L}{3600} \geq T_c \geq \frac{L}{3600+1.5}$$

Ecuación de retardo SCS

Ecuación desarrollada por el SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola; ha sido adaptada a pequeñas cuencas urbanas con áreas inferiores a 800 Ha; se ha encontrado que generalmente es buena cuando el área se encuentra completamente pavimentada; para áreas mixtas tiene tendencia a la sobreestimación; se aplican factores de ajuste para corregir efectos de mejoras en canales e impermeabilización de superficies; la ecuación supone que $t_c = 1.67 \times$ retardo de la cuenca.

L = longitud hidráulica de la cuenca mayor trayectoria de flujo (m),

CN = Número de curva SCS,

S = pendiente promedio de la cuenca (m/m).

$$t_c = \frac{0.0136.L^{0.8} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{S^{0.5}}$$

Ventura-Heras

t_c = tiempo de concentración (horas), i = pendiente media del cauce principal (%), S = área de la cuenca (km²), L = longitud del cauce principal (km), a = alejamiento medio

$$T_c = a \frac{S^{0.5}}{i}, \text{ Siendo } 0.05 \leq a \leq 0.5$$

$$a = \frac{L}{\sqrt{S}}$$

Bransby-Williams

T= tiempo de concentración (horas), L= distancia máxima a la salida (km), D= diámetro del círculo de área equivalente a la superficie de la cuenca (km²), M= área de la cuenca (km²), F= pendiente media del cauce principal (%)

$$T = \frac{L}{1,5 D} \sqrt[5]{\frac{M^2}{F}}$$

Passini

t_c= tiempo de concentración (horas), i= pendiente media del cauce principal (%), S= área de la cuenca (km²), L= longitud del cauce principal (km), a= alejamiento medio

$$T_c = a \frac{(SL)^{1/3}}{i^{0.5}}, \text{ Siendo } 0.04 \leq a \leq 0.13$$

$$a = \frac{L}{\sqrt{S}}$$

Izzard

Desarrollada experimentalmente en laboratorio por el Bureau of Public Roads para flujo superficial en caminos y Áreas de céspedes; los valores del coeficiente de retardo varían desde 0.0070 para pavimentos muy lisos hasta 0.012 para pavimentos de concreto y 0.06 para superficies densamente cubiertas de pasto; la solución requiere de procesos iterativos; el producto de i por L debe ser ≤ 3800.

i = intensidad de lluvia (mm/h), c = coeficiente de retardo, L = longitud de la trayectoria de flujo (m), S = pendiente de la trayectoria de flujo (m/m).

$$t_c = \frac{525 \cdot (0.0000276 \cdot i + c) \cdot L^{0.33}}{S^{0.333} \cdot i^{0.667}}$$

Federal Aviation Administration

Desarrollada de información sobre el drenaje de aeropuertos recopilada por el Corps of Engineers: el método tiene como finalidad el ser usado en problemas de drenaje de aeropuertos pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas.

C = coeficiente de escorrentía del método racional,

L = longitud del flujo superficial (m),

S = pendiente media del tramo

$$t_c = 0.7035 \frac{(1.1 - C)L^{0.50}}{S^{0.333}}$$

Ecuaciones de onda cinemática Morgali y Linsley, Aron y Erborge

Ecuación para flujo superficial desarrollada a partir de análisis de onda cinemática de la escorrentía superficial desde superficies desarrolladas; el método requiere iteraciones debido a que tanto I (Intensidad de lluvia) como Tc son desconocidos, la superposición de una curva de intensidad – duración – frecuencia da una solución gráfica directa para Tc

L = longitud del flujo superficial (m), n = coeficiente de rugosidad de Manning, I = intensidad de lluvia, mm/h, S = pendiente promedio del terreno (m/m).

$$t_c = \frac{7.L^{0.6}.n^{0.6}}{I^{0.4}.S^{0.3}}$$

De todos los tiempos de concentración expuestos el que se adecua mejor a las características de la zona de estudio es el método de la Instrucción 5.2 I.C. Drenaje Superficial Instrucción Carreteras

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

Para la aplicación de la fórmula necesitaremos la longitud del tramo de río y la pendiente del mismo, datos ya obtenidos.

Consultar valores de tiempo de concentración en el anejo de cálculos.

3. Intensidad de Precipitación

Se 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, la obtenemos mediante la siguiente fórmula:

$$I(T, t) = I_d \cdot F_{int}$$

Donde:

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 Q_T , es la que corresponde a una duración del aguacero igual al tiempo de concentración ($t = t_c$) de dicha cuenca.

Intensidad media diaria.

Las Intensidades de lluvia a partir de las Precipitaciones máximas diarias P_d , según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma serían las siguientes:

$$I = \frac{P \text{ [mm]}}{t_{\text{duración}} \text{ [hr .]}}$$

Consultar tabla de intensidad media diaria en anejo de cálculos.

Factor reductor (K_A) 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:

$$\begin{aligned} \text{Si } A < 1 \text{ km}^2 & \quad K_A = 1 \\ \text{Si } A \geq 1 \text{ km}^2 & \quad K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15} \end{aligned}$$

En nuestro caso, y para cada una de las cuencas obtendremos el siguiente valor de KA. para cada una de las cuencas.

Consultar valores de factor reductor por área de las cuencas en el anejo de cálculos.

Intensidad media diaria de precipitación corregidas (Id).

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

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24}$$

Donde:

Pd = Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T (mm).

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

Consultar tablas de intensidad media diaria y corregidas en anejo de cálculos.

Factor de intensidad Fint.

Según la definición de la Normativa, 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:

$$F_{int} = \text{máx}(F_a, F_b)$$

Donde:

- Fa (adimensional) = Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I1/Id.).
- Fb (adimensional) = Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

a) Obtención de F_a .

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

Donde:

- F_a (adimensional): Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I_1/I_d).

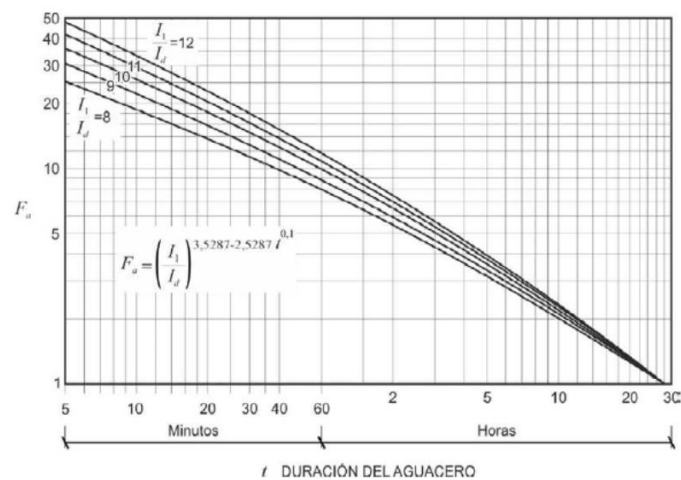


Figura 19. Factor F_a

- I_1/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 siguiente mapa del Índice de Torrencialidad (I_1/I_d).

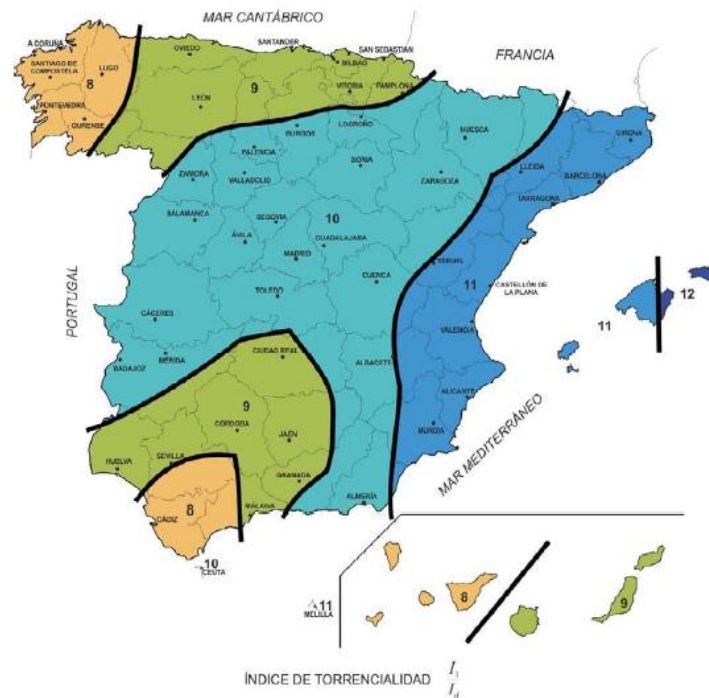


Figura 20. Mapa Índice de Torrencialidad

- 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 ($t=t_c$).

En nuestro caso, el Índice de Torrencialidad (I_1/I_d) adquiere el **valor 8**

Considerando que se debe particularizar la expresión para que el tiempo de duración del aguacero sea igual al tiempo de concentración ($t=t_c$), obtenemos el siguiente valor.

Consultar valores de factor de reducción de la precipitación por área de la cuenca en el anejo de cálculos.

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

$$F_b = k_b \frac{I_{IDF}(T/t_c)}{I_{IDF}(T/24)}$$

Donde:

- IIDF (T,tc) (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 "Figura 2.5 Obtención del factor Fb".

- IIDF (T,24) (mm/h) = Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y a un tiempo de aguacero igual a veinticuatro horas ($t=24$), obtenido a través de curvas IDF "Figura 2.5 Obtención del factor Fb".

- 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 $k_b=1,13$.

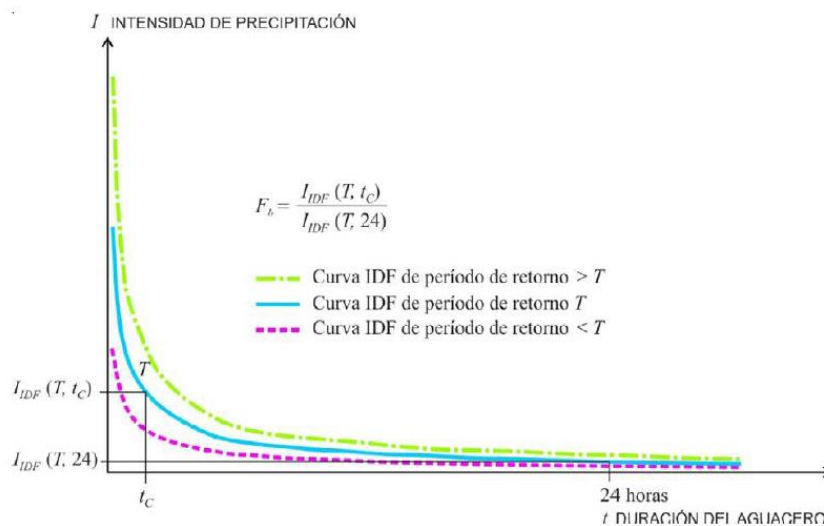


Figura 21. Obtención de Fb

Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)

El estudiar las precipitaciones y conocer su distribución temporal permite realizar los estudios de crecidas o proporcionar modelos precipitación-escorrentía, proporcionando una correcta información para realizar un adecuado diseño y dimensionamiento de las obras civiles.

Para ello, es necesario conocer las intensidades de precipitación, para distintos períodos de retorno. La falta de la disponibilidad de registros de caudales, o la insuficiente duración de éstos, como para hacer los análisis de frecuencia requeridos, requiere utilizar la información pluviométrica de las estaciones distribuidas en las zonas de estudio.

Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) permiten conocer el comportamiento de las precipitaciones a través de una curva que indica la intensidad media en función de la duración y la frecuencia, aportando así, patrones de conductas de las lluvias. Son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno (Témez, 1978).

Además, es importante considerar otras variables, como son la intensidad de precipitación, la frecuencia o la probabilidad de excedencia de un determinado evento. La intensidad, según Ven te Chow (1994), se define como la profundidad de precipitación, por unidad de tiempo (mm/hr):

$$i = \frac{P}{Td}$$

Es preciso señalar, que cuando sólo se dispone de un pluviómetro en una estación, sólo se podrá conocer la intensidad media en 24 horas. Como se comprenderá, esta información puede inducir a grandes errores por defecto, por cuanto las lluvias de corta duración son, en general, las más intensas. Es natural entonces que las determinaciones de intensidades de lluvia se hagan a partir de los registros proporcionados por los pluviógrafos.

4. Construcción de las curvas IDF

La construcción de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) puede realizarse de diversas maneras. La primera, llamada de intensidad - período de retorno, relaciona estas dos variables para cada duración por separado, mediante alguna de las funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología. Otra manera, relacionando simultáneamente la intensidad, la duración y el período de retorno en una familia de curvas. Otra forma es el planteado por Témez (1978), el cual relaciona las intensidades de precipitación para distintos períodos de retorno.

Estas metodologías, permiten dibujar las curvas IDF de aquellas zonas en las que exista información pluviométrica, seleccionando los coeficientes de duración y frecuencia de la estación más cercana.

Otra forma de desarrollar las curvas IDF es a través de una forma analítica propuesta por Aparicio (1997). Dicho autor plantea la alternativa de obtener una ecuación que genere las curvas IDF a través de un modelo de regresión lineal múltiple ponderada, extrapolando la ecuación generada, a zonas que carezcan de registros pluviográficos y que se encuentren relativamente cerca.

$$I = \frac{kT^m}{D^n}$$

Siendo **k**, **m** y **n** constantes de regresión lineal múltiple, **T** es el período de retorno en años, **D** la duración en minutos u horas, **I** la intensidad de precipitación en mm/hr.

Luego, aplicando los logaritmos a la ecuación propuesta, se pretende llegar a un modelo de regresión lineal múltiple, expresada en la ecuación:

$$\log I = \log k + m \log T - n \log D$$

$$y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2$$

Donde

$$y = \log I \quad a_0 = \log k$$

$$X_1 = \log T \quad a_1 = m$$

$$X_2 = \log D \quad a_2 = -n$$

En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación:

Consultar las tablas de regresión de los datos y regresión potencial para los periodos de retorno de estudio en el anejo de cálculos.

En función de las duraciones de aguacero, podemos establecer un cuadro de Intensidades de lluvia de nuestra cuenca de aportación y calcular el factor Fb y el factor de intensidad.

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

Consultar las tablas de intensidades para los periodos de retorno de estudio y factor Fb y factor de intensidad en el anejo de cálculos.

5. Coeficiente de Escorrentía

Fórmula de Cálculo

El coeficiente de escorrentía C , define la parte de la precipitación de intensidad $I(T, t_c)$ que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca.

El coeficiente de escorrentía C , se obtendrá mediante la siguiente formula, representada gráficamente en la figura.

$$\text{Si } P_d \cdot K_A > p_0 \quad C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1\right) \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11\right)^2}$$

$$\text{Si } P_d \cdot K_A \leq p_0 \quad C = 0$$

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
- P_0 (mm) Umbral de escorrentía.

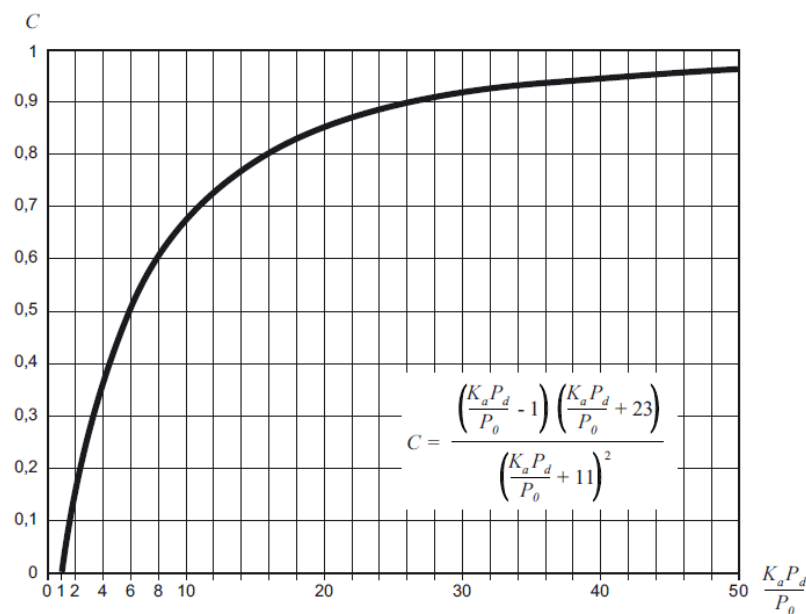


Figura 22. Determinación del Coeficiente de Escorrentía

6. 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:

$$P_0 = P_0^i \cdot \beta$$

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.

Valores de P_0

Los servicios de Mapas de Cultivos y Aprovechamientos (MCA) contienen información del Mapa de usos y sobrecargas del terreno, englobada en los siguientes temas:

- Mapa de Cultivos 1980-1990: Los datos agrarios de este MCA se corresponden a la década de los años 80 y su digitalización se realizó durante los años 90.
- Mapa de Cultivos 2000-2010

El Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España a escala 1:50.000 de los años 2000-2010, generado por el antiguo Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), corresponde a una cartografía a nivel nacional sobre los usos y aprovechamientos del suelo.

Este mapa es la actualización de la anterior versión del Mapa de Cultivos y Aprovechamiento (MCA) de los años 1980-1990. En esta cartografía se delimitan y describen los cultivos y aprovechamientos del suelo de todo el territorio nacional, mediante el empleo de códigos, que se agrupan en usos y sobrecargas. Los códigos empleados son textos que llevan asociados superíndices y subíndices, con el fin de describir de forma precisa el cultivo representado. Así, los subíndices y superíndices empleados son:

- subíndices y superíndices numéricos, indican porcentajes de ocupación del suelo y de cubierta respectivamente;
- en masas forestales se pueden encontrar también los superíndices "r" (replantación), "mb" (monte bajo), "lz" (latizal) y "f" (fustal). Los cultivos y aprovechamientos especificados en el mapa se agrupan

Los cultivos y aprovechamientos especificados en el mapa se agrupan en los siguientes usos:

- SUPERFICIE CULTIVADA: - Cultivos Herbáceos en secano y regadío. - Cultivos forzados y Huerta. - Frutales en secano y regadío. - Viñedo en secano y regadío. - Olivar en secano y regadío. - Prados. Pastizales. Matorrales.
- ESPECIES FORESTALES: - Coníferas. - Viveros. - Frondosas.
- IMPRODUCTIVOS: - Improductivos de infraestructuras. - Improductivos agua.

El propósito de esta cartografía es básico para el desarrollo de estudios agronómicos, medioambientales, de diseño de infraestructuras y estudios hidráulicos, permitiendo obtener información georreferenciada y alfanumérica, con el nivel de detalle que se desee y limitada a cualquier división administrativa (municipios, provincias, CCAA y

nacional).

El método de trabajo para la elaboración del mapa de Cultivos y Aprovechamientos 2000-2010 es el siguiente: recopilación de la información existente y preparación de la cartografía básica. Se trata de obtener la información digital y en papel de las antiguas hojas del MCA 1:50.000 procedente del antiguo Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), de obtener la información digital del Mapa forestal 1:50.000, de obtener las ortofotografías digitales clasificadas por hoja 1:50.000, de obtener las imágenes de satélite de primavera y de verano, de la obtención de diversos ráster con información de diferentes registros: Registro Oleícola , Registro Vitícola, Registro Citrícola, Registro Frutos Cáscara , caracterización de regadíos, etc. Esta información de partida es variable por zonas y se integra en el software Dinamap.

Se teselan y fotointerpretan las zonas donde se observa un uso homogéneo, con integración de la información disponible. Producción de diversas salidas graficas e informes que componen las Carpetas de Visita a Campo por hoja 50.000.

Trabajo de campo en el que se visitan los recintos que no se han podido codificar durante el trabajo de gabinete. En la digitalización de los recintos de usos sobre ortofoto, se presta especial atención en garantizar la continuidad de las líneas, carreteras, ríos, en las hojas colindantes. Confrontación de la información gráfica y alfanumérica con corrección de errores, incorporación, tanto de la información gráfica como alfanumérica a la Web.

La inclusión de estos servicios en este visor GIS permite a los usuarios interesados consultar el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de toda España, además de la combinación con otros servicios y

obtener información auxiliar de otras capas que permiten saber en cada momento en qué ámbito espacial nos encontramos. Se denomina Tesela a la unidad mínima de recogida de información en el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos, cada uno de los recintos o polígonos que componen esta cartografía, con unas características homogéneas en su interior.

La serie cartográfica del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos que aquí se presenta, posee una precisión de escala 1/50.000, la misma que la cartografía en formato analógico. La posibilidad de trabajar con ella en formato digital, nos permite analizarla mediante procedimientos informáticos y acceder a las distintas hojas individualizadas o a aquéllas que cubren cada municipio mediante un sistema de menús y opciones accesibles mediante el puntero del ratón.

En función de la resolución de pantalla que estemos utilizando, al seleccionar una hoja 1/50.000 el resultado obtenido será diferente. Si estamos trabajando con una resolución de 800 x 640, 1152 x 864 o de 1024 x 768 al seleccionar una hoja y centrarse ésta en pantalla lo que podremos ver es una versión generalizada de los usos de la hoja. En este caso tendremos que hacer zoom para ver una parte de la hoja con más detalle. Si la resolución es de 1280 x 1024 o mayor, al seleccionar la hoja y centrarla en pantalla podremos ver la hoja del MCA menos generalizada. Por ello hemos de tener en cuenta que al seleccionar una hoja 50.000 o un municipio quizá tengamos que hacer zoom para alcanzar una escala de más detalle y poder visualizar los datos en su pleno detalle.

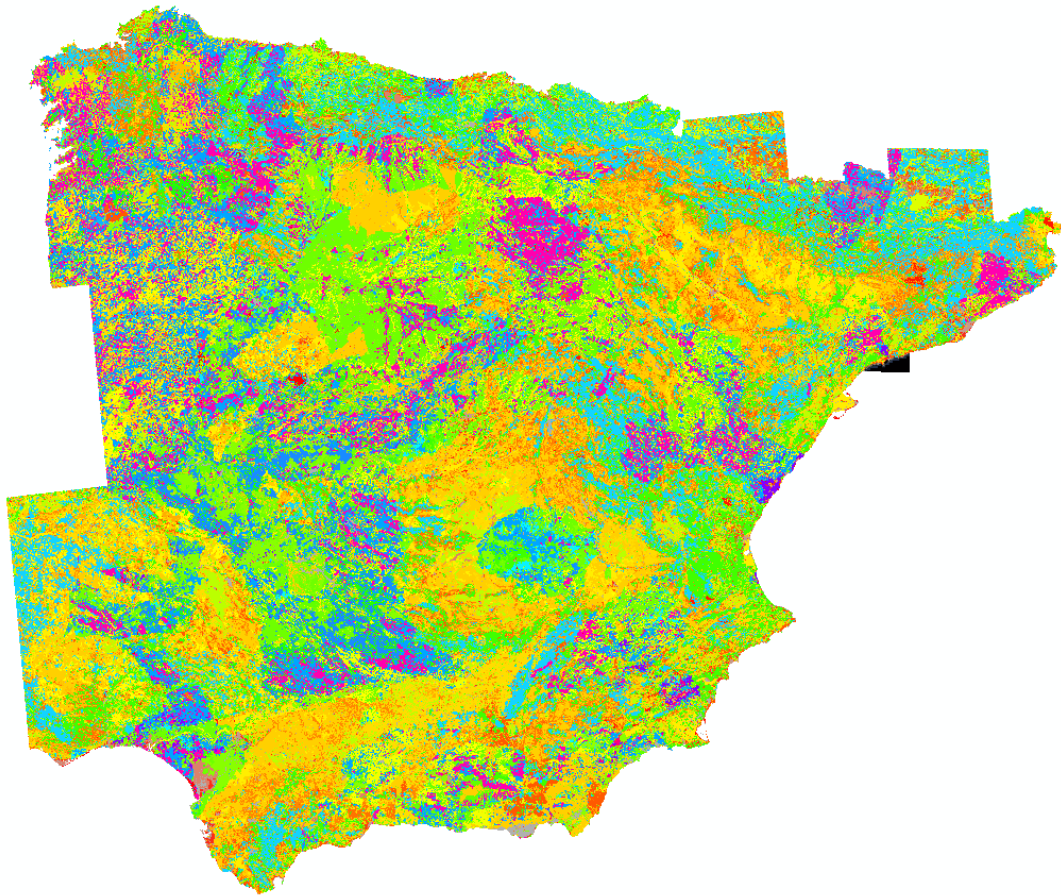


Figura 23. Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra (MIAMBIENTE)

Consultar la tabla de la distribución según el tipo de suelo y determinación ponderada del umbral de escorrentía en el anejo de cálculos.

Coefficiente de corrector del umbral de escorrentía β

Según la Norma 5.2 IC, al no disponer de información suficiente en la propia cuenca de cálculo o en cuencas próximas similares, para llevar a cabo la calibración, se recomienda tomar el valor del coeficiente corrector a partir de los datos de la tabla 5, correspondientes a las regiones de la misma.



Región	Valor medio, β_m	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Periodo de retorno T (años), F_T				
		50%	67%	90%	2	5	25	100	500
		Δ_{50}	Δ_{67}	Δ_{90}					
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	-	-

Figura 24. Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía

Considerando entonces, la **REGIÓN 511**, zona donde se sitúa nuestra zona de estudio, se establece, salvo justificación por el organismo de cuenca, que el valor del coeficiente corrector del umbral de escorrentía a adoptar en el cálculo se debe corresponder con el valor medio β_m recogido en la tabla 2.5, sin efectuar correcciones asociadas al nivel de confianza del ajuste estadístico utilizado. Teniendo en cuenta esto, determinamos para nuestro caso el valor medio es de **2,15**.

Consultar tablas de coeficientes de umbrales de escorrentía, coeficientes corregidos y coeficientes de escorrentía de los distintos periodos de retorno en el anejo de cálculos.

7. 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:

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

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:

Donde:

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

- t_c = Tiempo de concentración de la cuenca.

Consultar la tabla del coeficiente de distribución temporal de la precipitación en el anejo de cálculos.

8. Cálculo del Caudal de Estudio.

El caudal máximo anual Q_T , correspondiente a un período de retorno T , se calcula mediante la fórmula:

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

Donde dichos valores se han ido calculando en los puntos anteriores. Sustituyendo los mismos en la fórmula de cálculo, obtenemos el valor de nuestro caudal en la zona de salida de nuestra cuenca.

Aplicando la ecuación anterior obtenemos:

Cuenca de Estudio 1

T años	$I(T, t_c) =$ (mm/h)	A (km ²)	Coef. Escorrentia (C)	K_t	Caudal (m ³ /s)
2	35.60536901	0.15	0.2560	1.0151	0.3768
5	48.84476915	0.15	0.3203	1.0151	0.6469
10	58.44137576	0.15	0.3438	1.0151	0.8308
25	72.0333043	0.15	0.3817	1.0151	1.1366
50	82.76583577	0.15	0.4030	1.0151	1.3791
100	94.12508441	0.15	0.4229	1.0151	1.6457
200	106.0718804	0.15	0.4388	1.0151	1.9244
500	122.523206	0.15	0.4653	1.0151	2.3570

Tabla 7. Caudales cuenca de estudio 1

Cuenca de Estudio 2

T años	I (T, t _c) = (mm/h)	A (km ²)	Coef. Escorrentia (C)	Kt	Caudal (m ³ /s)
2	38.48639668	0.15	0.2618	1.0130	0.4156
5	52.79707003	0.15	0.3265	1.0130	0.7112
10	63.17019125	0.15	0.3501	1.0130	0.9124
25	77.86191803	0.15	0.3881	1.0130	1.2465
50	89.46287809	0.15	0.4095	1.0130	1.5113
100	101.7412665	0.15	0.4294	1.0130	1.8023
200	114.6547439	0.15	0.4454	1.0130	2.1065
500	132.4372374	0.15	0.4719	1.0130	2.5780

Tabla 8. Caudales cuenca de estudio 2

Cuenca de Estudio 3

T años	I (T, t _c) = (mm/h)	A (km ²)	Coef. Escorrentia (C)	Kt	Caudal (m ³ /s)
2	35.72865523	0.13	0.1957	1.0150	0.2658
5	49.01389777	0.13	0.2554	1.0150	0.4759
10	58.64373334	0.13	0.2775	1.0150	0.6187
25	72.28272494	0.13	0.3134	1.0150	0.8613
50	83.0524186	0.13	0.3339	1.0150	1.0544
100	94.45099948	0.13	0.3532	1.0150	1.2681
200	106.4391621	0.13	0.3687	1.0150	1.4918
500	122.9474517	0.13	0.3946	1.0150	1.8445

Tabla 9. Caudales cuenca de estudio 3

Una vez obtenido los caudales de estudios, y atendiendo a las prescripciones del Servicio de Actuaciones en Cauces de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, se procede a modificar el coeficiente de escorrentía de los cálculos de caudales ya que no se encuentran permitidos coeficientes de escorrentías menores a 0,60 para quedarnos del lado de la seguridad.

Cuenca de Estudio 1

T años	I (T, t _c) = (mm/h)	A (km ²)	Coef. Escorrentía (C)	Kt	Caudal (m ³ /s)
2	35.60536901	0.15	0.6000	1.0151	0.8832
5	48.84476915	0.15	0.6000	1.0151	1.2116
10	58.44137576	0.15	0.6000	1.0151	1.4497
25	72.0333043	0.15	0.6000	1.0151	1.7869
50	82.76583577	0.15	0.6000	1.0151	2.0531
100	94.12508441	0.15	0.6000	1.0151	2.3349
200	106.0718804	0.15	0.6000	1.0151	2.6312
500	122.523206	0.15	0.6000	1.0151	3.0393

Tabla 10. Caudales cuenca de estudio 1. Escorrentía 0,60 CHG

Cuenca de Estudio 2

T años	I (T, t _c) = (mm/h)	A (km ²)	Coef. Escorrentía (C)	Kt	Caudal (m ³ /s)
2	38.48639668	0.15	0.6000	1.0130	0.9526
5	52.79707003	0.15	0.6000	1.0130	1.3069
10	63.17019125	0.15	0.6000	1.0130	1.5636
25	77.86191803	0.15	0.6000	1.0130	1.9273
50	89.46287809	0.15	0.6000	1.0130	2.2145
100	101.7412665	0.15	0.6000	1.0130	2.5184
200	114.6547439	0.15	0.6000	1.0130	2.8380
500	132.4372374	0.15	0.6000	1.0130	3.2782

Tabla 11. Caudales cuenca de estudio 2. Escorrentía 0,60 CHG

Cuenca de Estudio 3

T años	I (T, t _c) = (mm/h)	A (km ²)	Coef. Escorrentía (C)	Kt	Caudal (m ³ /s)
2	35.72865523	0.13	0.6000	1.0150	0.8150
5	49.01389777	0.13	0.6000	1.0150	1.1180
10	58.64373334	0.13	0.6000	1.0150	1.3377
25	72.28272494	0.13	0.6000	1.0150	1.6488
50	83.0524186	0.13	0.6000	1.0150	1.8945
100	94.45099948	0.13	0.6000	1.0150	2.1545
200	106.4391621	0.13	0.6000	1.0150	2.4280
500	122.9474517	0.13	0.6000	1.0150	2.8045

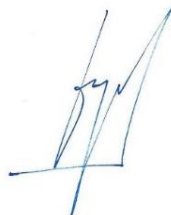
Tabla 12. Caudales cuenca de estudio 3. Escorrentía 0,60 CHG

A continuación, se muestra una tabla resumen con cada uno de los caudales y periodos de retornos de estudio.

Cuenca de Estudio	Periodo de retorno	Caudal (m ³ /s)
Cuenca 1	T 5 años. MCO	1,2116
	T 10 años	1,4497
	T 100 años	2,3349
	T 500 años	3,0393
Cuenca 2	T 5 años. MCO	1,3039
	T 10 años	1,5636
	T 100 años	2,5184
	T 500 años	3,2782
Cuenca 3	T 5 años. MCO	1,1180
	T 10 años	1,3377
	T 100 años	2,1545
	T 500 años	2,8045

Tabla 13. Resumen Caudales Cuencas

El Cuervo de Sevilla, febrero de 2024



Fdo.: Manuel Cañas Mayordomo

Ingeniero Agrónomo

Colegiado nº 1.617

#D. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA

1.- Cálculo hidráulico de la zona de estudio

1.1.- Definición del problema

A continuación, vamos a trabajar a de tramo de estudio, con el fin de delimitar la zona inundable y el comportamiento hidráulico para los periodos de retorno de 5 (MCO) 10, 100 y 500 años

1.2.- Obtención de la ortofoto y modelo digital del terreno

Vamos a obtener la ortofoto de la zona de estudio y el MDT (modelo digital del terreno) sobre el cual vamos a trabajar. En nuestro ejemplo podemos obtener la ortofoto del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Si queremos obtener la ortofoto del IGN nos iremos a la página del Instituto Geográfico Nacional (IGN) en la dirección www.ign.es

Primeramente, seleccionaremos la Ortofoto necesaria de la zona de estudio. En la sección de descarga de la mencionada página, haremos clic en búsqueda avanzada y seleccionaremos Ortofotos PNOA Máxima Actualidad, y elegiremos la foto que nos interese, para nuestro caso elegiremos la ortofoto en formato ECW siguiente que previamente hemos adaptado su tamaño a la zona de estudio a través de un programa Sig:



Figura 25. Ortofoto PNOA Máxima Actualidad (IGN)

Para el archivo de MDT partiremos de los ficheros digitales con información altimétrica de la nube de puntos LIDAR distribuidos en ficheros de 2x2 km de extensión del IGN (Instituto Geográfico Nacional) del Ministerio de Fomento del gobierno de España.



Figura 26. Modelo Digital Terreno-MDT02 (IGN)

En nuestro caso y para la zona de estudio, utilizaremos:

DENOMINACIÓN ARCHIVOS
MDT02-ETRS89-HU29-1034-3-COB2.tif

Tabla 14. Archivos MDT-02 IGN

Mediante varios procesos se obtiene una superficie Ráster del terreno, es decir, una representación de superficies continuas derivada de una estructura de datos espacial generada a partir de procesos de triangulación.

Mediante varios procesos se obtiene una superficie Ráster del terreno, es decir, una representación de superficies continuas derivada de una estructura de datos espacial generada a partir de procesos de triangulación.

Figura 27. Recorte Lidar Zona de Estudio

Una vez obtenido el archivo Ráster de la zona que se va a estudiar, se convierte a través de la herramienta "Raster to ASCII", a un formato tipo texto (.txt) para poder incorporarlo al programa Iber.

1.3.- Geometría del modelo

En este apartado y a partir del archivo ASCII creado con anterioridad, procedemos a crearnos la geometría de nuestro modelo. Pero antes y para facilitarnos esta labor vamos a incorporar una imagen de fondo la cual nos servirá de guía en el resto de los procesos.

Una vez cargada la ortofoto en el proyecto, el siguiente paso será importar el archivo ASCII, es decir, el MDT. Para incorporarlo utilizaremos la herramienta "Crear RTIN", ubicada en Herramientas Iber /RTIN/Crear RTIN.

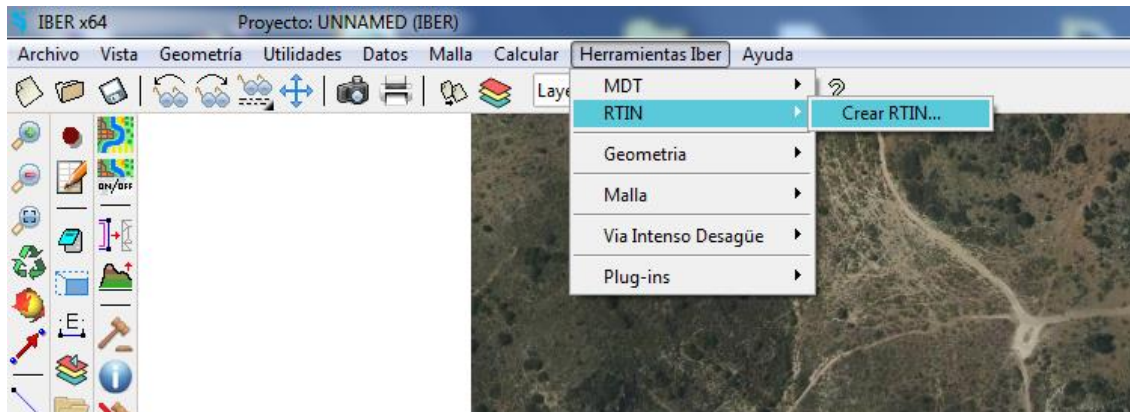


Figura 28. Herramienta Crear RTIN

Al realizar esta opción nos emergerá la ventana Archivo RTIN creado en la que hay que introducir los siguientes datos.

Archivo MDT original: Pulsamos en 'Buscar' y seleccionamos el archivo del terreno que queremos utilizar (como ya sabemos debe estar en formato ASCII).

Tolerancia: Se trata de la máxima diferencia (indicada en metros en vertical) que vamos a permitir que exista entre el MDT y la geometría que se va a crear. En este caso le asignamos un valor de 0.1 (10 cm).

Lado máximo y mínimo: Tendremos que establecer el tamaño máximo y mínimo que podrán tener los triángulos que se van a generar. Para este ejemplo indicamos un lado máximo de "10" y un lado mínimo de "1".

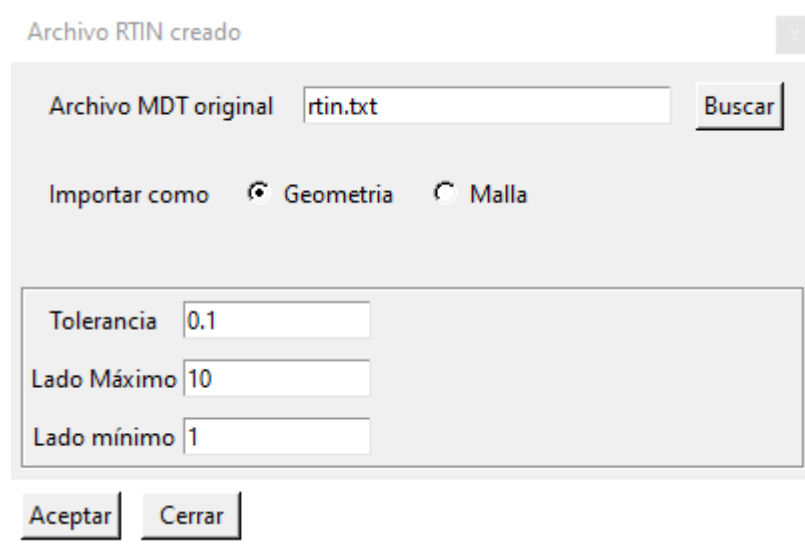


Figura 29. Importación archivo ASCII

Una vez que el programa lee el archivo de partida procedente del Modelo Digital del Terreno anteriormente mencionado da la opción de colapsar la geometría.

El colapso de geometría es un mecanismo utilizado por el programa para corrección de posibles errores que puedan contener la geometría a generar, por lo que es un paso importante en el modelo que siempre hay que realizar

Una vez aceptada a la opción de "Colapsar la geometría" nos emerge una ventana de Geometría Colapsada y nos pregunta que si queremos "Mallar la geometría". Le decimos que "No" ya que ese paso lo haremos posteriormente una vez introducido todos los datos del programa.

Una vez realizado todos los procesos obtenemos la geometría de la zona de estudio tal como se muestra en la siguiente imagen.

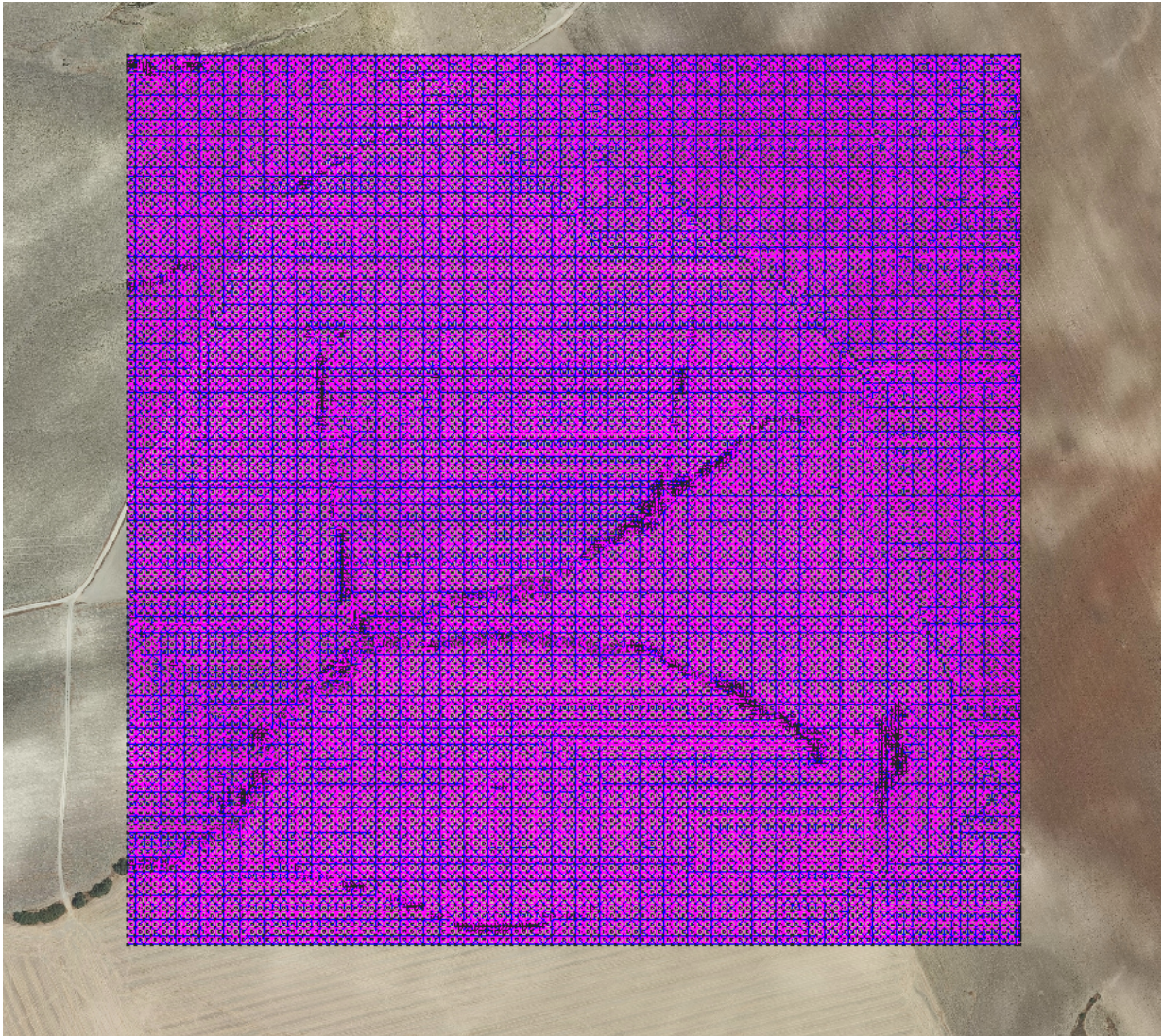


Figura 30. Geometría importada RTIN

1.4.- Parámetros a Introducir en el Modelo.

A continuación, vamos a explicar todos los pasos y parámetros necesarios para la computación en los modelos Iber.

- **Condiciones iniciales**

Las condiciones iniciales reflejan el estado del terreno al inicio de la simulación, es decir, indican si el terreno está seco o mojado. Como condición inicial Iber permite fijar un calado (diferencia de cotas de la lámina de agua y el terreno) o una cota (cota absoluta del agua respecto el sistema de referencia del MDT).

Es muy importante que tengamos claro cuál es el dato de partida que queremos fijar para no establecer una cota como calado o al contrario. Si el suelo se encuentra seco al inicio de la simulación, será indiferente establecer un calado de 0 o una cota de 0 pero si queremos simular la existencia de una lámina de agua tendremos que diferenciar si el dato que tenemos es el de la profundidad del agua, o la cota que alcanza. Si nos equivocamos y asignamos un valor de cota como calado observaremos que los resultados no son acordes a la realidad.

Siguiendo con nuestro modelo vamos a realizar una simulación del territorio completamente seco al inicio de la simulación que es como se recomienda realizar este tipo de computaciones. Para ello seleccionaremos la opción para introducir las condiciones **iniciales Datos – Hidrodinámica – Condiciones Iniciales**.

Al clicar en esta opción nos emerge la ventana Condición Inicial.

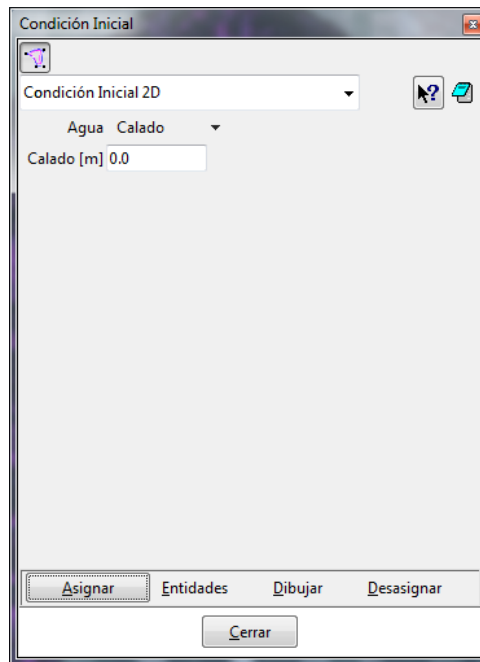


Figura 31. Condición Inicial

Lo primero que observamos es que las condiciones iniciales se asignan a las superficies, no a las líneas como en el caso de las condiciones de contorno.

Indicamos una Condición Inicial 2D con "Calado 0", pulsamos en "Asignar" y seleccionamos todas las superficies dibujando un recuadro que seleccione toda la geometría para por último darle a la tecla ESC, quedando asignada la condición inicial en toda la geometría.

- **Condiciones de entrada**

En la condición de entrada vamos a introducir cada uno de los caudales punta que hemos obtenido del cálculo de las cuencas de estudio y los distintos periodos de retorno. Cada modelo Iber utilizado se corresponderá a un periodo de retorno dado, no siendo posible la computación de varios periodos de retornos en un mismo archivo como si es posible en programa de similares características tipo Hec-Ras.

A tenor de los caudales obtenidos en los cálculos anteriores podría ser muy importante la simulación de esta red de drenaje, ya que puede tener consecuencias para una parte de la zona de estudio.

Por lo tanto, solo introduciremos los caudales punta para cada una de las cuencas en cada uno de los periodos de retorno estudiados T100 y T500 años.

Simularemos un régimen subcrítico con caudal constante para cada periodo de retorno estudiado. Por tanto, nos acercamos a la zona de entrada del modelo.

Una vez ubicada la zona por donde entrará el flujo de agua, seleccionamos la opción para introducir las condiciones de contorno hidrodinámicas; es decir nos dirigimos a **Datos / Hidrodinámica / Condiciones de Contorno**.

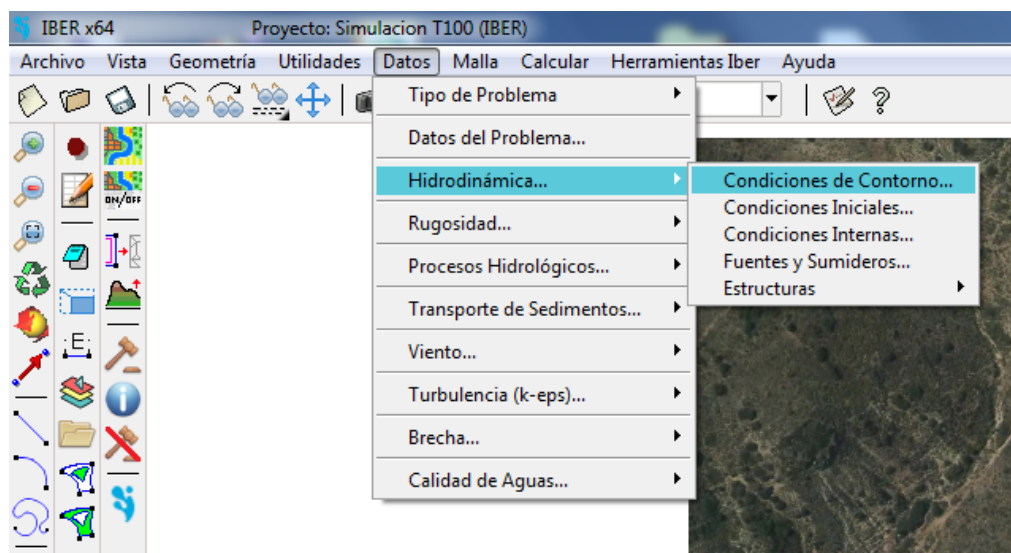


Figura 32. Condiciones de Contorno

Al hacer clic nos emerge la ventana Análisis 2D, tal como se muestra en la figura, en la cual se nos presenta varias opciones para establecer las condiciones:

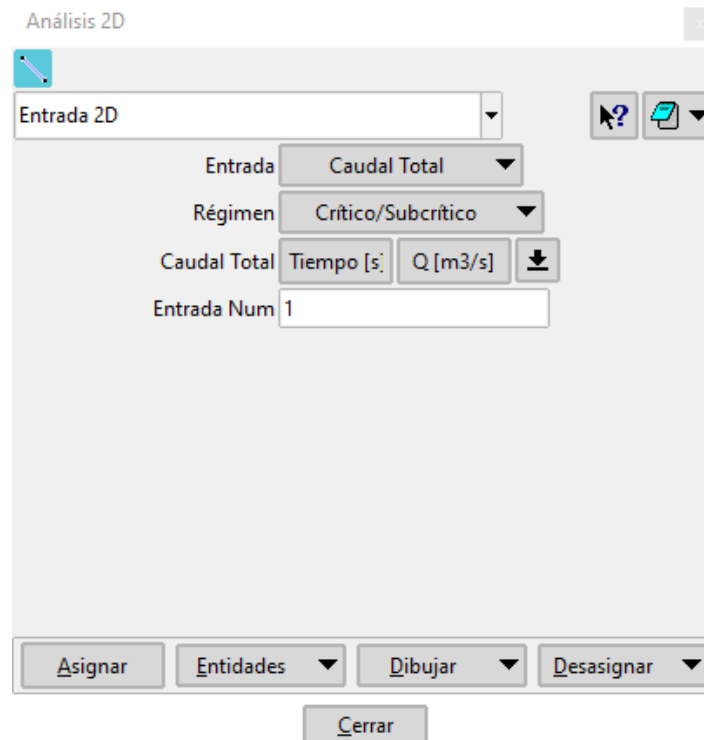



Figura 33. Ventana Análisis 2D

Tipo de condición: Tendremos que seleccionar si vamos a establecer una condición de Entrada o de Salida; seleccionamos "Entrada 2D" en el desplegable.

Entrada: Tipo de dato de entrada; en nuestro caso simulamos un caudal constante por lo que tenemos que indicar "Caudal Total" para cada periodo de retorno estudiado ($T = 10$, $T = 100$ años y $T500$ años).

Régimen: Régimen de flujo a la entrada. Nosotros simularemos un régimen subcrítico a la entrada (seleccionamos "crítico/Subcrítico")

Total Discharge: Caudal total de entrada. Aquí tenemos que indicar el valor de caudal total de entrada. Para introducirlo pulsamos en el icono de la flecha  y se desplegará una tabla donde indicaremos el caudal en función del tiempo. Como vamos a simular un caudal constante, únicamente introducimos el dato correspondiente en la columna Q (m^3/s) dejando la columna de tiempo a 0.

Entrada núm.: Número de entrada. Mediante esta casilla podemos introducir varios caudales, de tal forma que, si quisiéramos simular otro caudal diferente, escribiríamos "2" y rellenaríamos los datos de nuevo.

Una vez introducidos los datos, tenemos que indicar al programa el lugar por donde entra el agua. La asignación de las condiciones de contorno (entrada/salida) se realiza sobre las líneas (tal y como indica el icono de la ventana de análisis 2D) no sobre superficies. El programa entenderá que la dirección de flujo es perpendicular al contorno de entrada, es decir, a la línea o líneas seleccionadas.

Pulsamos sobre el botón de **Asignar** y seleccionamos el conjunto de líneas por donde entra el agua al modelo.

En ocasiones al realizar una asignación seleccionaremos sin querer alguna superficie de más en la geometría. En caso de que esto ocurra, como es nuestro caso, Iber presenta una herramienta de gran utilidad con la que podemos eliminarlas aquellas entidades no deseadas. Para ello hacemos clic con el botón derecho en cualquier lugar de la pantalla y clicamos en **Contextual – Ventana de Selección**

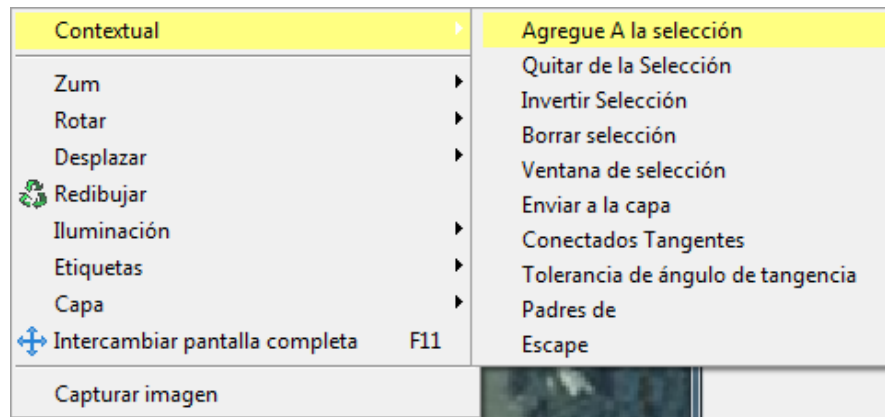


Figura 34. Ventana Contextual

Al realizar esta acción, nos emerge la Ventana de Selección. Donde nos aparecerán las siguientes opciones:

Modo indicamos "Quitar".

Filtro seleccionamos "Superentidades".

Y en **Valor** escribimos "2".

Esta herramienta permite eliminar de la selección todas las líneas (superentidades) que forman parte de 2 superficies (Valor 2). Como las del extremo sólo forman parte de una superficie, utilizando esta opción podemos quedarnos únicamente con las líneas que nos interesan quedando tal como se muestra en las siguientes figuras.

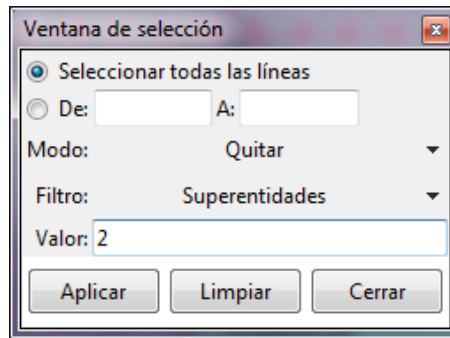


Figura 35. Ventana de Selección

Por último, hacemos clic en **Terminar** o en la tecla Esc del teclado. Para asegurarnos que lo hemos realizado correctamente y que líneas hemos seleccionado como condición de entrada vamos a colorearlas haciendo clic dentro de la ventana **Análisis 2D – Dibujar – Colores**.

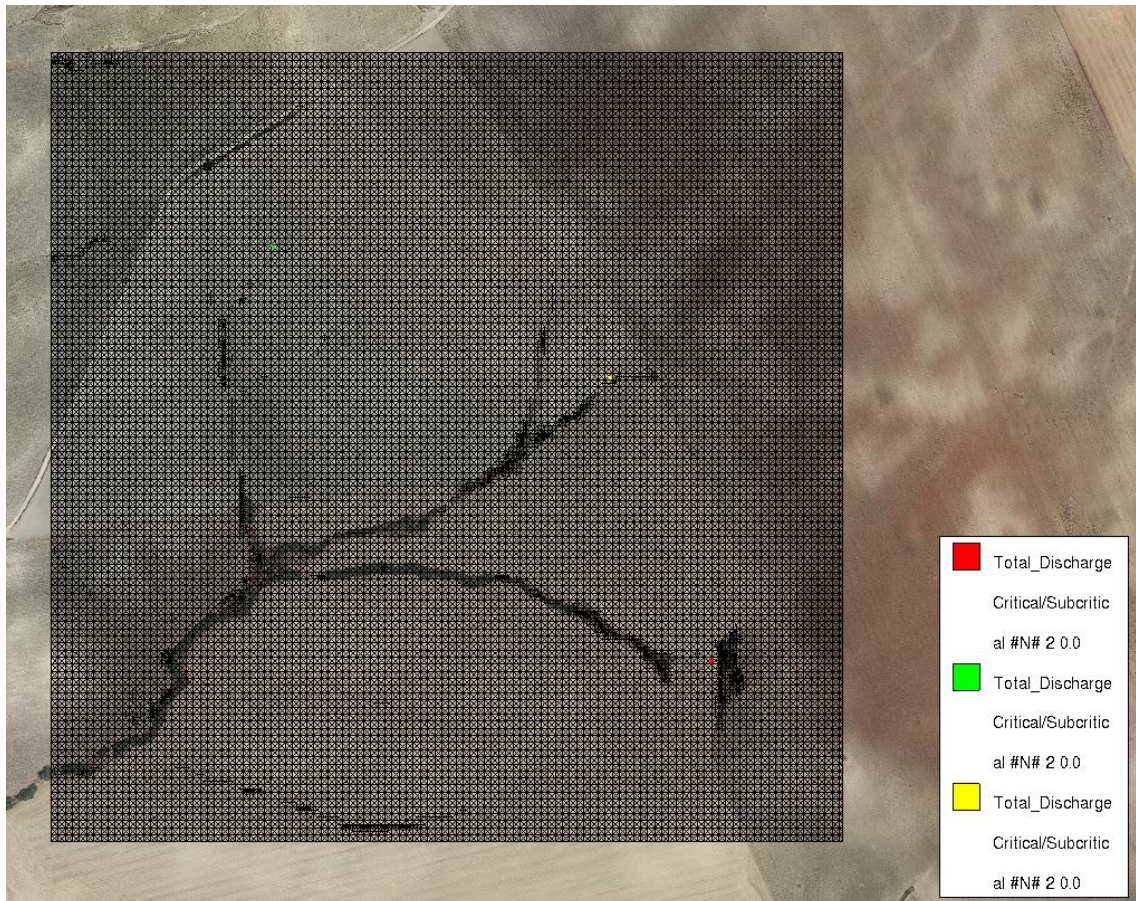
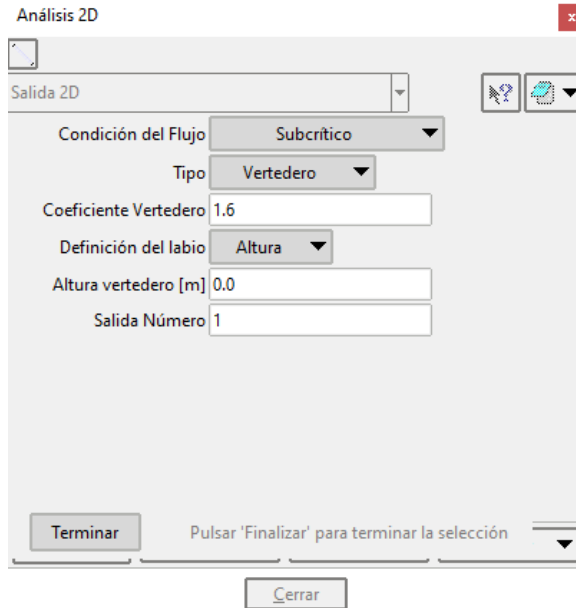


Figura 36. Condición de Entrada de Caudales en Iber

Este mismo procedimiento lo debemos repetir para cada una de las simulaciones de estudio, variando tan solo el caudal.

• Condiciones de salida

El proceso para asignar las condiciones a la salida es exactamente el mismo. El régimen de flujo que vamos a simular es nuevamente subcrítico, de manera que en la ventana emergente no vamos a modificar ningún parámetro, lo dejamos por defecto. Lo único por tanto que debemos realizar es determinar las líneas por donde saldrá el flujo que en nuestro caso lo colocaremos en todo el perímetro de la malla de estudio.



Análisis 2D

Salida 2D

Condición del Flujo: Subcrítico

Tipo: Vertedero

Coeficiente Vertedero: 1.6

Definición del labio: Altura

Altura vertedero [m]: 0.0

Salida Número: 1

Terminar Pulsar 'Finalizar' para terminar la selección

Cerrar

Figura 37. Ventana de Condiciones de Salida



Figura 38. Condición de Salida en Iber

• Rugosidad

Iber asigna la rugosidad a través de un coeficiente de rugosidad de Manning. El valor del número de Manning es representativo de la resistencia que ofrece una superficie al fluido; es decir, de la rugosidad de esa superficie. Esto implica que, a mayor rugosidad de la superficie, mayor será la resistencia que ofrece al flujo y el valor de Manning será más alto.

La rugosidad del terreno asociado al modelo, puede ser introducida mediante tres procedimientos diferentes:

- **Asignación Manual:** podemos escoger un uso del suelo y asignarlo a las superficies que conforman la geometría del modelo.
- **Manning Variable:** los datos de rugosidad se introducen en forma de tabla y son asignados con base en el caudal específico o el calado.

- **Asignación Automática:** consiste en la asignación de la rugosidad desde mediante la información contenida en un archivo ASCII o un archivo XY dbase. En ambos casos, deberemos disponer de un archivo *.csv que contenga la lista de los usos del suelo del programa, localizado en el mismo directorio y con el mismo nombre que el archivo ASCII o XY dbase.

La rugosidad de las superficies por las que discurren las inundaciones se expresa como valores del coeficiente de rugosidad de Manning. Para obtenerlas, se hace una equivalencia entre las coberturas del suelo que recogidas en el **Mapa de Ocupación del Suelo de España (SIOSE 2018)** obtenido a través del centro de descarga del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Los valores de "n" según la tabla de equivalencia descrita en la "Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (Anejo V, Tabla 1)".

Para la zona de estudio se tienen los siguientes valores de coberturas y rugosidades.

DESCRIPCIÓN COBERTURAS	CÓDIGO SIOSE	N MANNINGS
CULTIVO HERBACEO	210	0,045

Tabla 15. Manning Iber

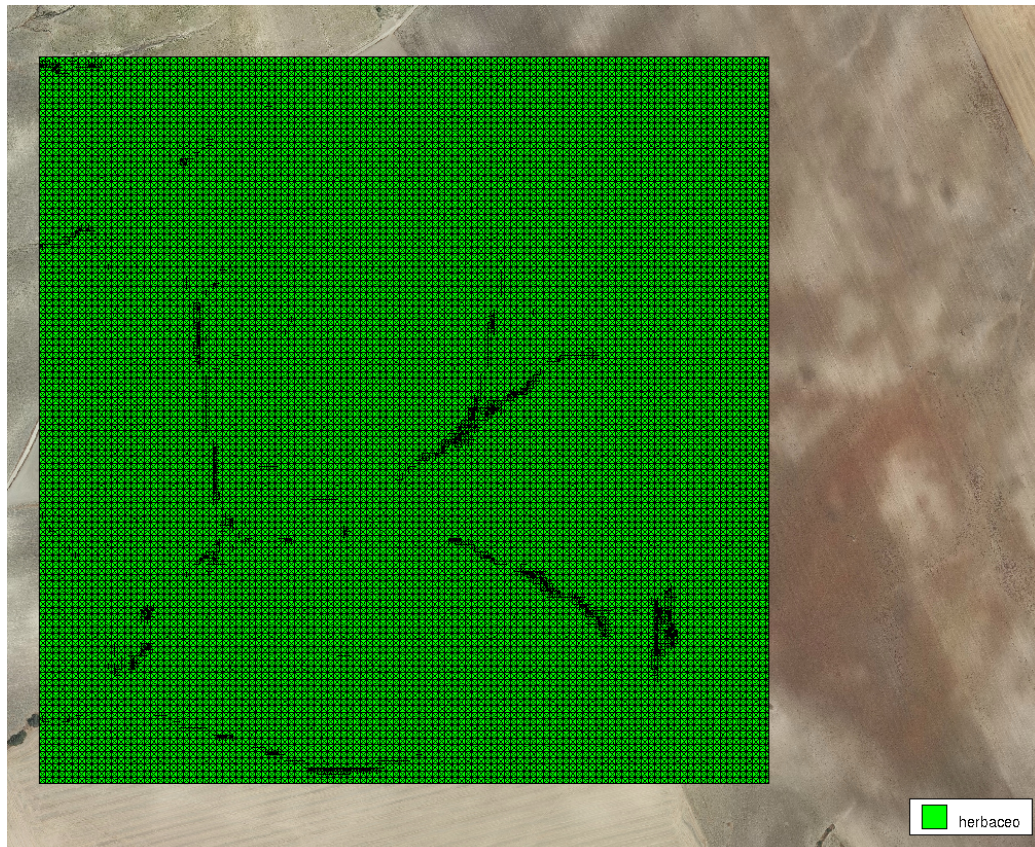


Figura 39. N Manning Iber

1.5.- Mallado del modelo

• Tipología de mallado

Iber trabaja con tres tipos de mallas: no estructuradas, estructuradas y una combinación de ambas (malla mixta).

- No Estructuradas

Están formadas por elementos que pueden tener 3 o 4 lados y que se pueden combinar dentro de la misma malla. Este tipo de malla se adapta muy bien a cualquier geometría, ya que no es necesario que la malla tenga ningún tipo de organización o estructura interna. Esta característica las hace especialmente indicadas para su utilización en hidráulica fluvial y por lo general se aplica un mallado de este tipo a las llanuras de inundación.

- Estructuradas

Están formadas por elementos de 4 lados distribuidos de manera ordenada de forma que a cada elemento de la malla se le puede asignar una fila y una columna. Por lo general este tipo de mallado se aplica a los cauces.

• Generación de la malla

Para generar la malla Iber cuenta con diferentes opciones, pero en cualquier caso el tipo de malla que utilicemos, así como el tamaño de los elementos dependerá del mayor o menor detalle que necesitemos. Para lograr un mayor detalle tendremos que generar un mayor número de elementos lo que implicará establecer un tamaño de elemento menor.

Para generar la malla en Iber vamos a seguir los siguientes pasos. Iremos a la barra de herramientas y seguiremos la ruta **Malla / Estructurada / Superficies / Asignar número de divisiones**,

Se procederá a la división y creación de la malla quedando tal como aparece en la siguiente figura tras la creación de la Malla a través de la opción **Malla/Generar Malla**.

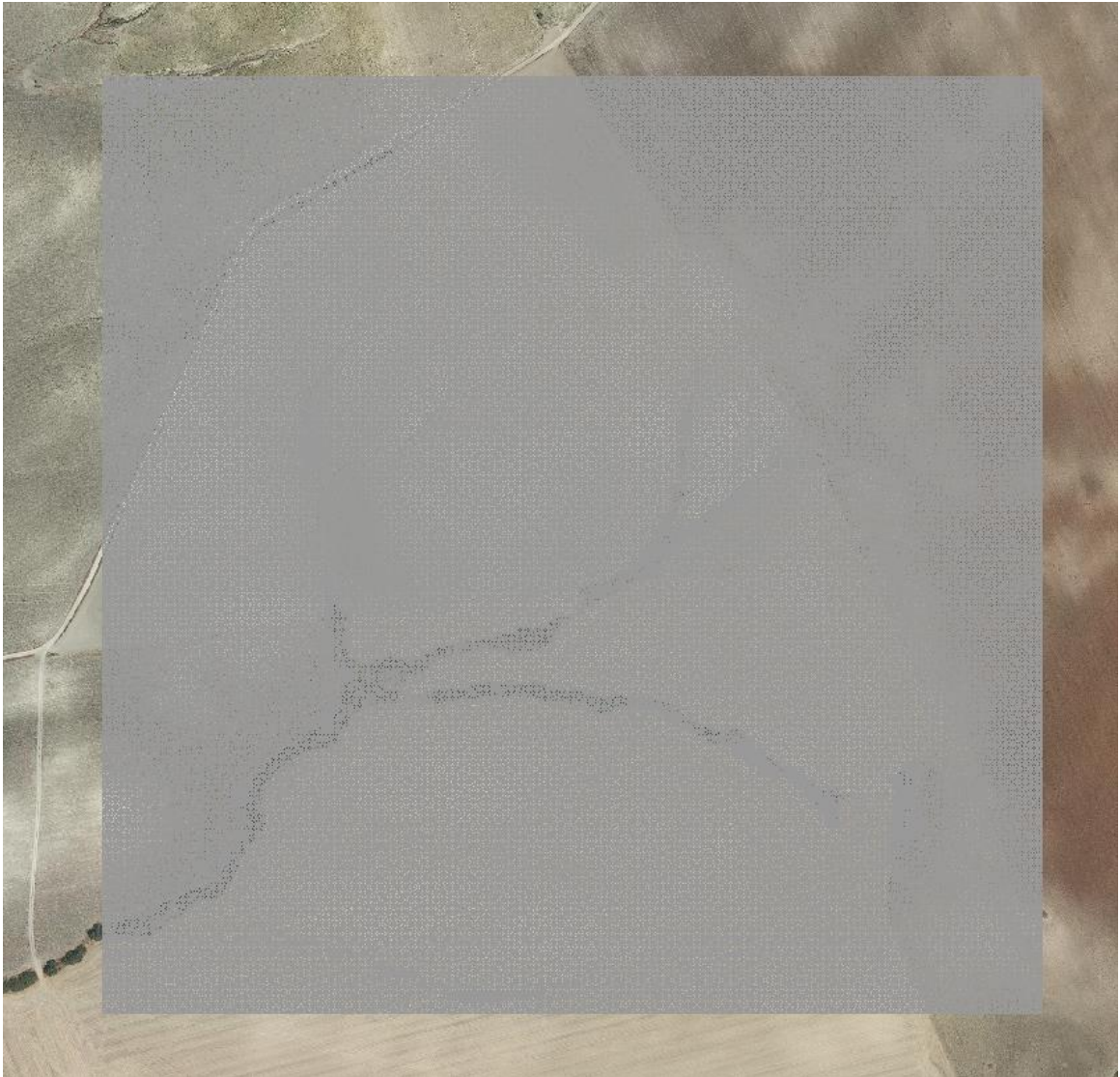


Figura 40. Malla del Modelo

Para comprobar la precisión de la malla resultante y estar seguro de que vamos en buen camino podemos realizar dicha comprobación. Para ello hacemos clic **en Malla / Dibujar / Tamaños / Superficies.**

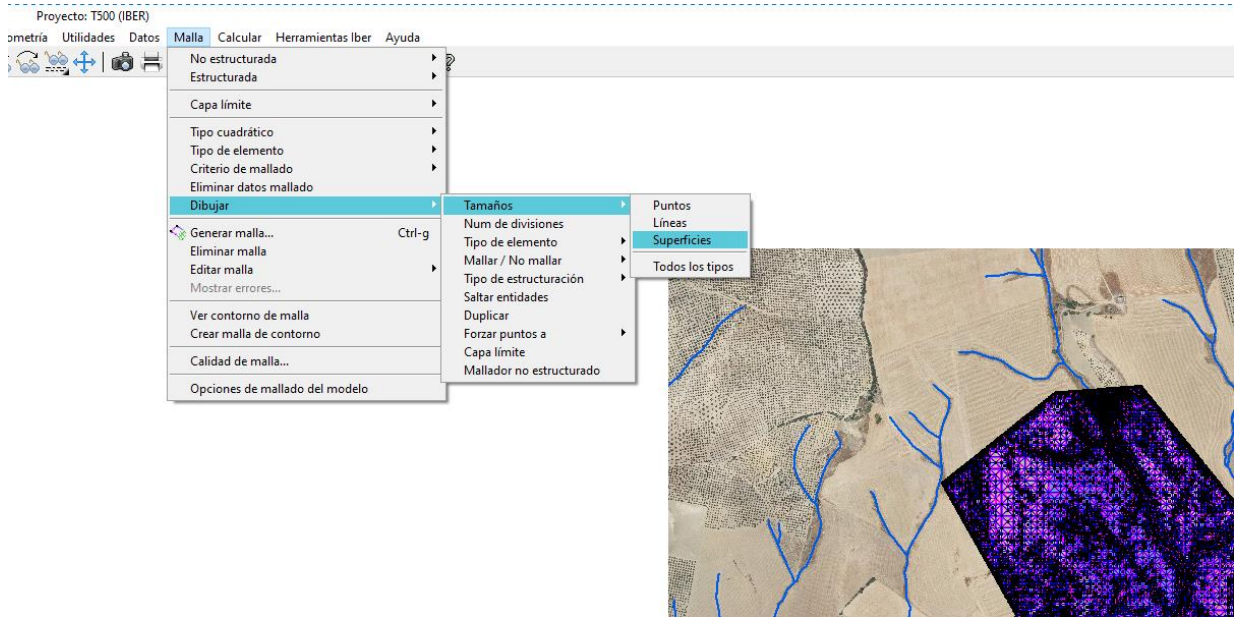


Figura 41. Dibujo Tamaño Superficie

Al hacer esta acción se nos colorea la malla y nos genera una leyenda con el tamaño de malla. En el estudio podemos comprobar que el tamaño de malla se encuentra comprendido entre **1,14 y 3,31 m**.

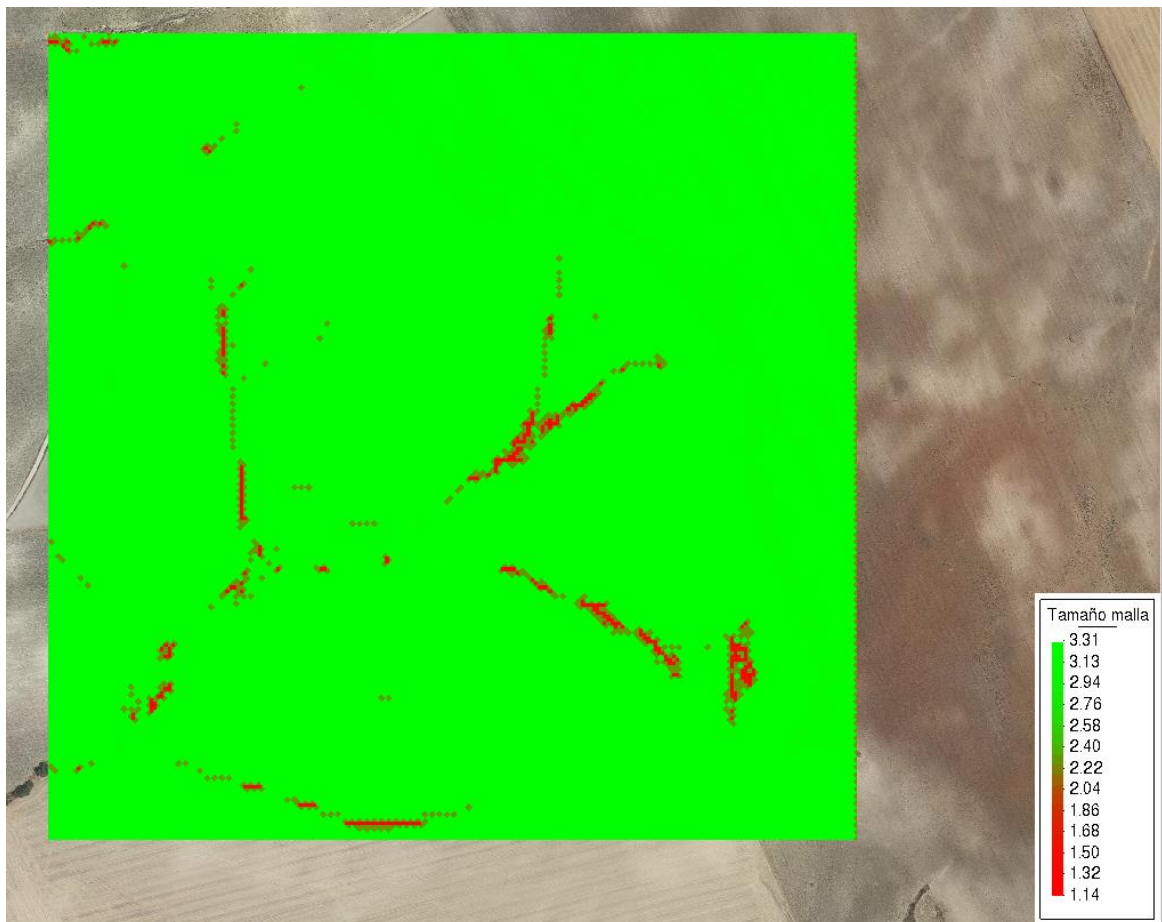


Figura 42. Visualizador Tamaño Malla

1.6.- Datos del problema

Los datos del problema recogen una serie de parámetros configurables para realizar la simulación del modelo en Iber. Mediante ellos podemos establecer parámetros de tiempo, una serie de parámetros generales del propio funcionamiento del programa y la configuración de resultados a generar **Datos / Datos del problema.**

- **Parámetros de tiempo**

En esta pestaña indicamos los parámetros de tiempo para realizar la simulación:

- Simulación: Podemos comenzar una nueva simulación o continuar con una que ya se ha ejecutado hasta un instante concreto.
- Instante inicial (s): Primer instante del que queremos obtener los resultados.
- Tiempo máximo de simulación (s): Último instante que queremos simular.
- Intervalo de resultados (s): Aquí debemos indicar cada cuantos segundos queremos que el programa nos muestre los resultados. Cuanto menor sea el intervalo, más tiempo tardará en realizarse el cálculo.
- Opciones de tiempo: Podemos ocultar las opciones de tiempo o mostrarlo.

Realizamos una nueva simulación comenzando en el instante 0 s (instante inicial) y terminando 10.000 s tiempo suficiente para visualizar el comportamiento del fluido dentro de la zona de estudio.

Y en cuanto al intervalo de cálculo estimamos cada 60 segundos.

Datos

Parámetros de Tiempo | General | Resultados | Peligrosidad personalizada | Turbulencia

Simulación Nueva ▼

Instante Inicial [s] 0

Tiempo máximo de simulación [s] 2000

Intervalo de Resultados [s] 15

Figura 43. Datos de computación

- **Parámetros generales**

Mediante la pestaña General se realizan una serie de configuraciones generales de la simulación. En cualquier caso, nosotros dejaremos todas las opciones que aplica el programa por defecto.

- Número de procesadores: Iber puede lanzar un cálculo paralelo con el número de procesadores que se desee. Si se indica un número de procesadores mayor al existente Iber utilizará el máximo de procesadores posibles. En nuestro caso al tener un ordenador de 8 núcleos, hemos dedicados todos a la computación del programa.
- Esquema numérico: Tenemos la opción de escoger un esquema numérico de primer orden, o de segundo orden (para más información ver Manual de referencia).
- CFL: Valor del número de Courant-Friedrichs-Levy para conseguir un esquema numérico estable.
- Límite Seco - Mojado: Umbral para considerar que un elemento está seco y que no se debe realice ningún cálculo hidrodinámico en él. Iber aplica por defecto un umbral de 0.01 metros lo que significa que se considerará que un elemento está seco cuando presenta una lámina de agua menor de 1 cm.
- Método de secado: Existen 3 métodos aplicables:
 - o Normal: Iber considerará un elemento como seco cuando éste tenga un "calado negativo", de manera que para que vuelva a estar mojado el elemento debe llenar antes este "calado negativo". Es un método robusto y con el cual el tiempo de cálculo no depende del proceso de secado-mojado.

- Estricto: Impide que exista el "calado negativo" por lo que se gana precisión en el proceso de mojado y secado. Este método reduce el incremento de tiempo de cálculo por lo que aumenta el tiempo de cálculo total.
- Hidrológico. Es el método recomendado al realizar cálculos hidrológicos ya que en estos casos los otros dos métodos pueden producir inestabilidades.
- Opciones generales: Podemos mostrarlas u ocultarlas.

- **Resultados a obtener**

En esta pestaña seleccionamos los resultados que deseamos obtener en la simulación:

- Forzar resultados a vértices. Por defecto Iber calcula los resultados para cada elemento de la malla, pero si queremos podemos forzarlo de manera que los calcule para cada uno de los vértices.
- Sin resultados en los elementos secos. Por defecto estará activado de manera que Iber no sacará resultados en los elementos que estén secos.
- Selección de resultados. Iber sólo creará archivos de resultados para los resultados seleccionados mediante las casillas.

El resto de pestañas son referentes a los módulos de sedimentos y turbulencia, al cálculo de la vía intenso desagüe y a la rotura de presas.

Se establecieron los datos del problema en cada uno de los modelos que vamos a simular.

Se calculó los resultados para cada elemento de la malla y se obvió los resultados en los elementos secos. Por otro lado, los resultados que se generaron fueron el calado y máximo calado, la velocidad, cota del agua, número de Froude, máximo calado, máxima velocidad, máxima cota del agua y la Peligrosidad.

Una vez establecidos todos estos datos, pulsamos en **Aceptar**.

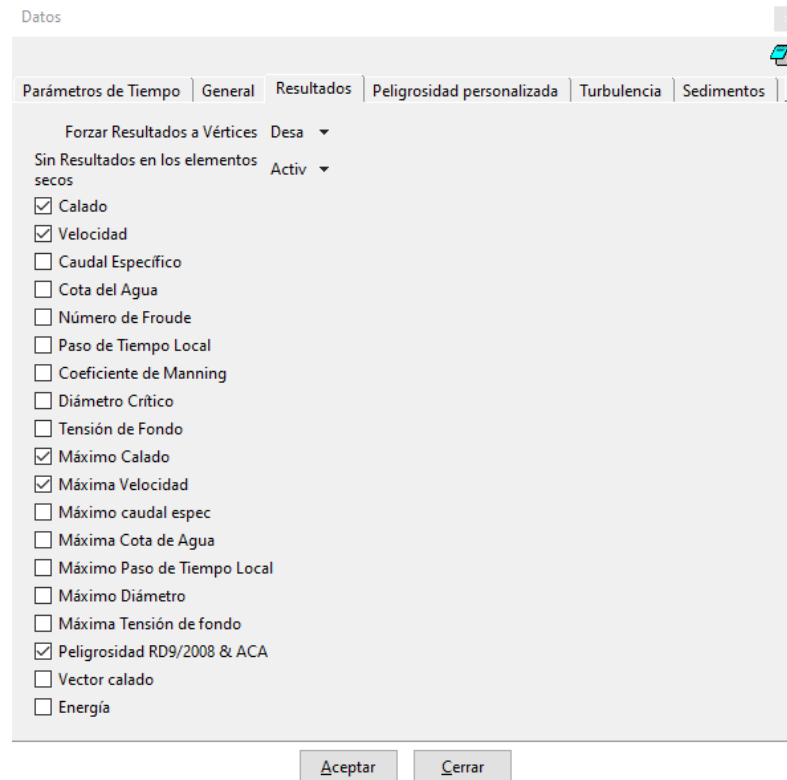


Figura 44. Ventana Selección Datos de Computación

- **Cálculo del modelo**

Una vez introducida toda la información en el modelo (datos hidrodinámicos, rugosidad y datos del problema) se procede con la simulación para los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años.

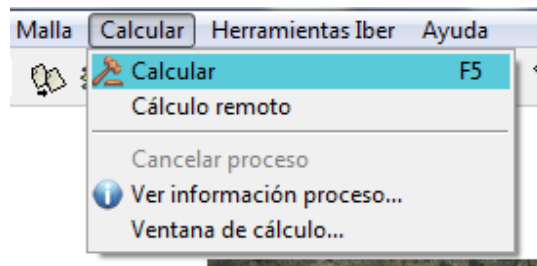



Figura 45. Proceso de cálculo

- **Postproceso**

Mientras el programa está calculado, Iber nos permite pasar al post-proceso para ver los resultados.

Para ello pulsamos en el icono  o si la simulación ha terminado, pulsaremos en "Post-proceso".

Durante la simulación podemos ir intercambiando entre pre-proceso y post-proceso para ver cómo va la simulación.

Una vez terminada la simulación en el programa nos saldrá una ventana emergente llamada Información del Proceso donde nos dice que el proceso ha finalizado. A continuación, pasaremos a Post-proceso a través del icono para comprobar los resultados.

El Cuervo de Sevilla, febrero de 2024



Fdo.: Manuel Cañas Mayordomo

Ingeniero Agrónomo

Colegiado nº 1.617

#E. MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA (M.C.O.)

2.-Cálculo Máxima Crecida Ordinaria

2.1.- Definición del Dominio Público Hidráulico

En el Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, indica que «El artículo 4 queda redactado del siguiente modo:

1. Álveo o cauce natural de una corriente continua o discontinua es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias (artículo 4 del texto refundido de la Ley de Aguas). La determinación de ese terreno se realizará atendiendo a sus características geomorfológicas, ecológicas y teniendo en cuenta las informaciones hidrológicas, hidráulicas, fotográficas y cartográficas que existan, así como las referencias históricas disponibles.

2. Se considerará como caudal de la máxima crecida ordinaria la media de los máximos caudales anuales, en su régimen natural producidos durante diez años consecutivos, que sean representativos del comportamiento hidráulico de la corriente y que tengan en cuenta lo establecido en el apartado 1.»

2.2.- Máxima Crecida Ordinaria

Una vez se ha aclarado lo que nos indica la Ley pasaremos a calcular la máxima crecida ordinaria a través de la Guía Metodológica para la Estimación de Caudal de Crecida Ordinaria del CEDEX.

En base a los caudales máximos instantáneos de cada uno de los años de la serie se obtendrá el caudal medio y la desviación típica, finalmente se obtendrá el coeficiente de variación C_v .

La formulación es la siguiente:

$$Q_m = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n} \quad (6.1)$$

$$C_v = \frac{\sigma}{Q_m} \quad (6.2)$$

donde:

Q_m = Caudal Medio

C_v = Coeficiente de Variación

q_i = Caudales máximos instantáneos de cada uno de los años de la serie

n = Número total de años

$$\sigma = \text{Desviación típica} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (q_i - \bar{Q})^2}$$

Figura 46. Proceso de cálculo Máxima Crecida Ordinaria

Finalmente podremos obtener el periodo de retorno para el caudal de la máxima crecida ordinaria utilizando la siguiente fórmula.

$$T(\text{mco}) = 5 C_v$$

Este valor está estudiado para la España Peninsular. A continuación, se presenta las tablas de las diferentes regiones de la península.



Figura 47. Mapa Regiones para Cálculo MCO

Región	CV	T
11	0.59	3.0
12	0.54	2.5
13	0.54	2.5
21	0.48	2.5
22	1.15	6.0
23	0.66	3.5
24	0.75	4.0
25	0.75	4.0
26	0.81	4.0
31	0.79	4.0
32	0.79	4.0
33	1.04	5.0
34	0.76	4.0
41	1.20	6.0
42	1.05	5.5
43	0.83	4.0
51	0.96	5.0
52	0.74	3.5
53	1.12	5.5
54	0.66	3.5
71	1.13	5.5
72	1.44	7.0
73	1.07	5.5
81	0.87	4.5
82	1.21	6.0
83	1.19	6.0
84	0.88	4.5
91	0.47	2.5
92	0.70	3.5
93	1.36	7.0
94	1.04	5.0
95	0.69	3.5
96	0.50	2.5

Tabla 16. Periodo de retorno estudio MCO en función de regiones peninsular

En nuestro caso nos encontramos en la **zona 54** por lo que el periodo de retorno para el cálculo de la Máxima Crecida Ordinaria es **T 5 años**.

3.- Resultados

A continuación, pasamos a analizar los resultados obtenidos en la fase de cálculo para las simulaciones realizadas.

3.1.- Resultados para T = 10 años

CALADO



Figura 48. Resultados Calados T10 años

VELOCIDAD



Figura 49. Resultados Velocidad T10 años

PELIGROSIDAD



Figura 50. Resultados Peligrosidad T10 años

3.2.- Resultados para T = 100 años

CALADO



Figura 51. Resultados Calados T100 años

VELOCIDAD



Figura 52. Resultados Velocidad T100 años

PELIGROSIDAD



Figura 53. Resultados Peligrosidad T100 años

3.3.- Resultados para T = 500 años

CALADO

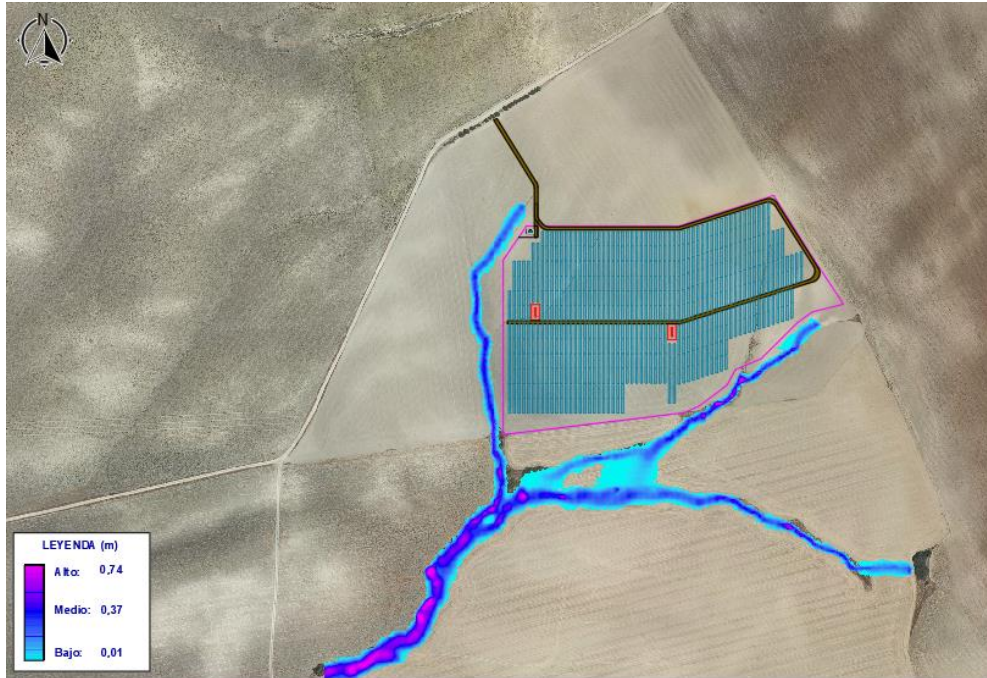


Figura 54. Resultados Calados T500 años

VELOCIDAD



Figura 55. Resultados Velocidad T500 años

PELIGROSIDAD

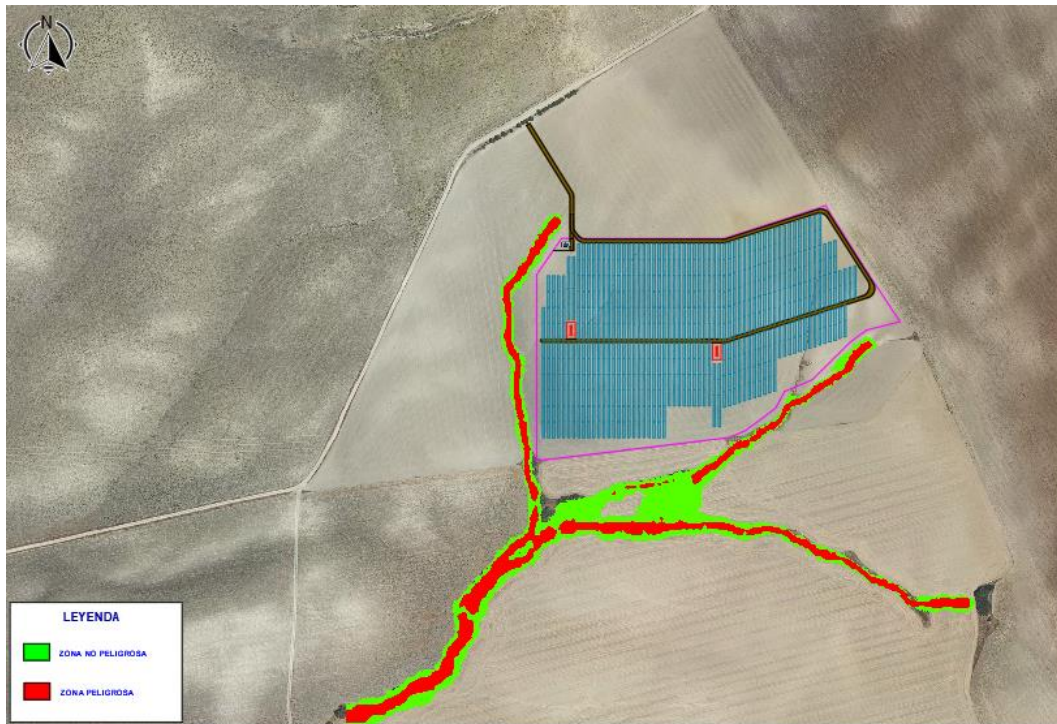


Figura 56. Resultados Peligrosidad T500 años

DOMINIO PUBLICO HIDRÁULICO-ZONA DE SERVIDUMBRE-ZONA DE POLICÍA

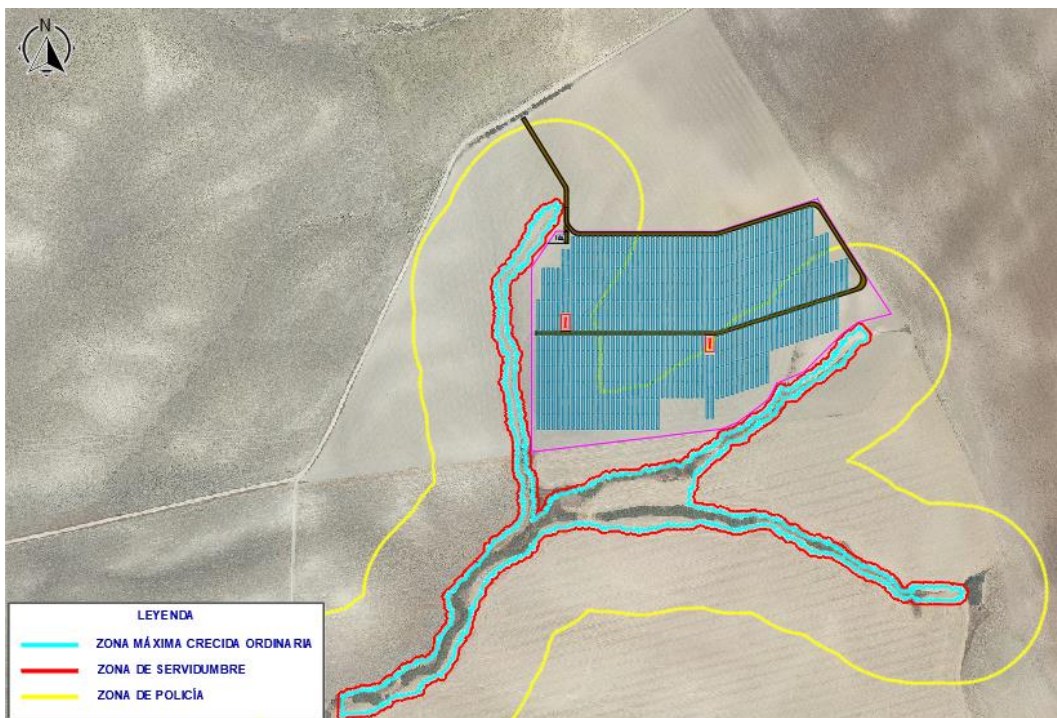


Figura 57. Zona de DPH – Zona Servidumbre – Zona de Policía

ZONA DE FLUJO PREFERENTE

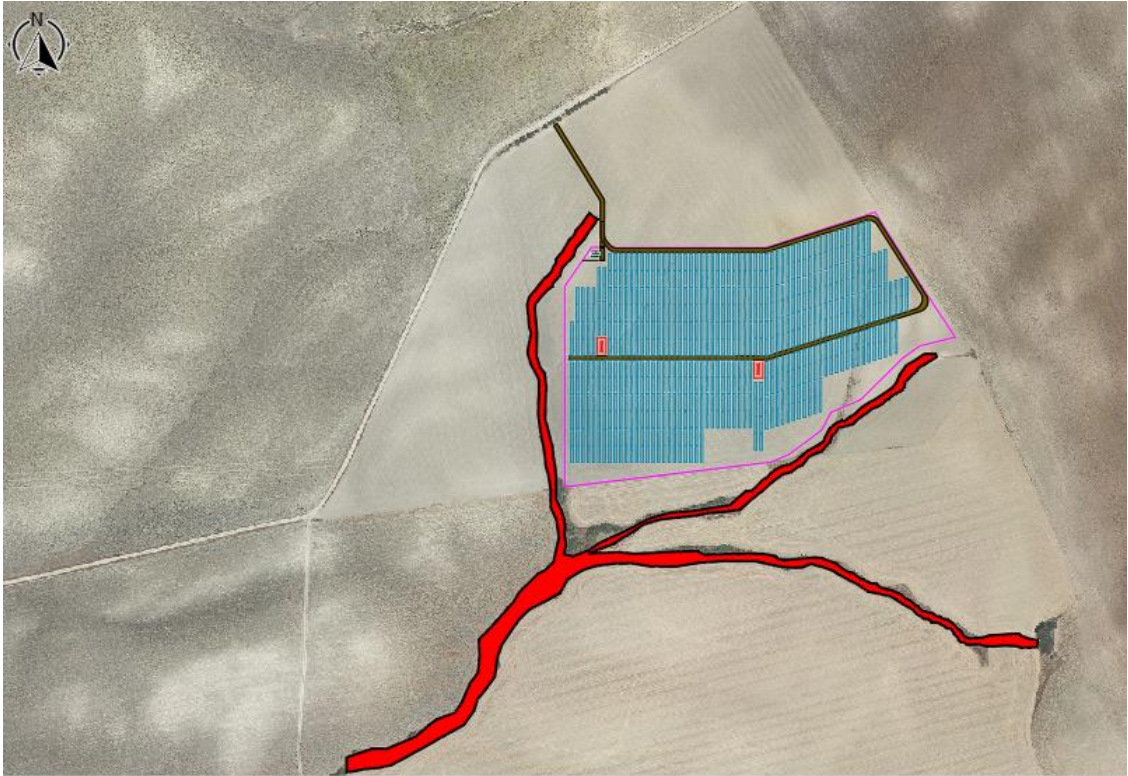


Figura 58. Zona de Flujo Preferente

El Cuervo de Sevilla, febrero de 2024



Fdo.: Manuel Cañas Mayordomo
Ingeniero Agrónomo
Colegiado nº 1.617

#E. PARTICULARIDADES DE DESARROLLO DEL ESTUDIO

1.- Modelo Utilizado

1.1.- Metodología del programa Iber.

Iber es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente, y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial.

La creación del programa la promueve el Centro de Estudios Hidrológicos del CEDEX en colaboración con:

- Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente de la Universidad de La Coruña (UDC).
- Grupo FLUMEN de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC).
- Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, vinculado a la Universidad Politécnica de Cataluña.

El rango de aplicación de Iber abarca la hidrodinámica fluvial, la simulación de rotura de presas, la evaluación de zonas inundables, el cálculo de transporte de sedimentos, y el flujo de marea en estuarios. El modelo Iber consta actualmente de 3 módulos de cálculo principales: un módulo hidrodinámico (en el cual se centra el contenido del curso), un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos. Todos los módulos trabajan sobre una malla no estructurada de volúmenes finitos formada por elementos triangulares y/o cuadriláteros.

La interfaz de Iber está basada en un GID, para obtener mayor información podéis visitar la web www.gidhome.com, el cual funciona mediante un Pre-proceso donde se introducirá o creará una geometría la cual se discretizará en triángulos o cuadriláteros formando una malla, tras la introducción de unos datos hidrodinámicos el software realiza los cálculos ofreciendo unos resultados que se podrán visualizar y exportar desde el Post-proceso. En la figura siguiente se puede observar el funcionamiento de un GID:

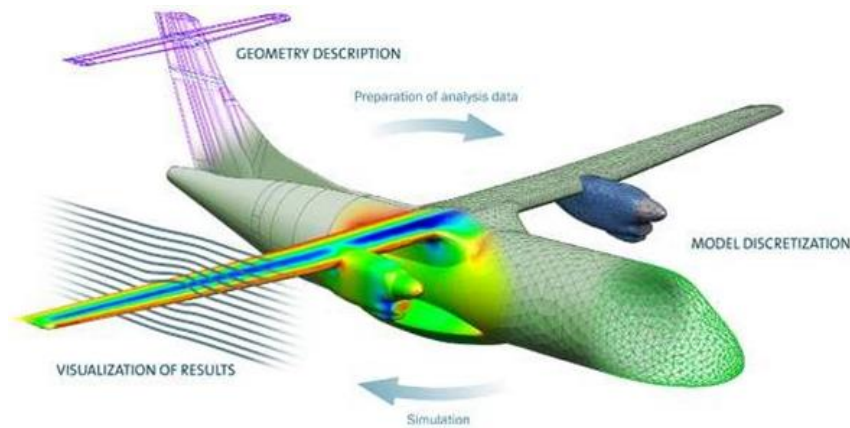


Figura 59. Funcionamiento Gid

Rango de aplicación de Iber:

1. Hidrodinámica fluvial
2. Rotura de presas
3. Evaluación zonas inundables
4. Transporte de sedimentos
5. Flujo de marea en estuarios

Módulos de Cálculo de Iber:

1. Módulo Hidrodinámico

El módulo hidrodinámico resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad bidimensionales: ecuaciones de St.Venant 2D, las cuales asumen las hipótesis de distribución de presión hidrostática y distribución uniforme de velocidad en profundidad.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{q_x^2}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q_x q_y}{h} \right) = -gh \frac{\partial z_b}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_t h \frac{\partial U_x}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_t h \frac{\partial U_x}{\partial y} \right)$$

$$\frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{q_x q_y}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q_y^2}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) = -gh \frac{\partial z_b}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_t h \frac{\partial U_y}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_t h \frac{\partial U_y}{\partial y} \right)$$

El módulo hidrodinámico considera los siguientes procesos:

1. Flujo no estacionario en régimen rápido y en régimen lento
2. Formación de resaltos hidráulicos no estacionarios
3. Fricción de fondo según formulación de Manning
4. Frentes de inundación no estacionarios
5. Tensiones turbulentas calculadas según diversos modelos de turbulencia
6. Variación temporal de la cota del fondo debido a transporte de sedimentos
7. Condiciones de contorno abierto tipo: hidrograma, nivel de marea, vertido crítico, vertedero, curva de gasto
8. Condiciones de contorno tipo pared: deslizamiento libre, fricción de pared según ley logarítmica
9. Condiciones de contorno internas: puentes, vertederos, compuertas, alcantarilla
10. Formación de brecha en presas para estudios de rotura de presas
11. Infiltración según las formulaciones de: Green-Ampt, Horton, Lineal
12. Rozamiento superficial por viento según formulación de Van Dorn
13. Salida de resultados de Riesgo según RDPH
14. Utilidades para el cálculo de la zona de flujo preferente según RDPH

2. Módulo de Turbulencia

Iber incorpora de diversos modelos de turbulencia tipo Boussinesq para el cálculo de las tensiones tangenciales turbulentas, los cuales se resuelven en el módulo de turbulencia.

Se incluyen en el programa Iber los siguientes modelos de turbulencia tipo Boussinesq para aguas someras:

1. Viscosidad turbulenta constante
2. Modelo parabólico
3. Modelo de longitud de mezcla
4. Modelo $k-\epsilon$ de Rastogi y Rodi

3. Módulo de Transporte de Sedimentos

El módulo de transporte de sedimentos resuelve las ecuaciones de transporte por carga de fondo y por carga en suspensión mediante la ecuación de Exner.

El módulo de transporte de sedimentos por carga de fondo incluye las siguientes formulaciones:

1. Umbral de movimiento de Shields
2. Formulaciones para caudal sólido de fondo
3. Wong-Parker (corrección de la fórmula de Meyer Peter-Mulle)
4. van Rijn
5. Ecuación definida por el usuario
6. Corrección por pendiente de fondo en inicio del arrastre (tensión crítica en talud)
7. Corrección por pendiente de fondo en transporte sólido (magnitud y dirección)
8. Separación de tensiones de Einstein por formas de fondo y grano
9. Condiciones de contorno tipo sedimentograma (caudal sólido de fondo variable en tiempo)
10. Condición de cota de fondo no erosionable (puntos fijos)

Las principales características del módulo de transporte de sedimentos por carga en suspensión son:

11. Incorporación de transporte por difusión turbulenta
12. Término de deposición / resuspensión
13. Cálculo de la concentración de sedimento en suspensión según formulaciones de:
 - a) van Rijn
 - b) Smith
 - c) García
14. Cálculo de la velocidad de sedimentación de las partículas según formulación de van Rijn

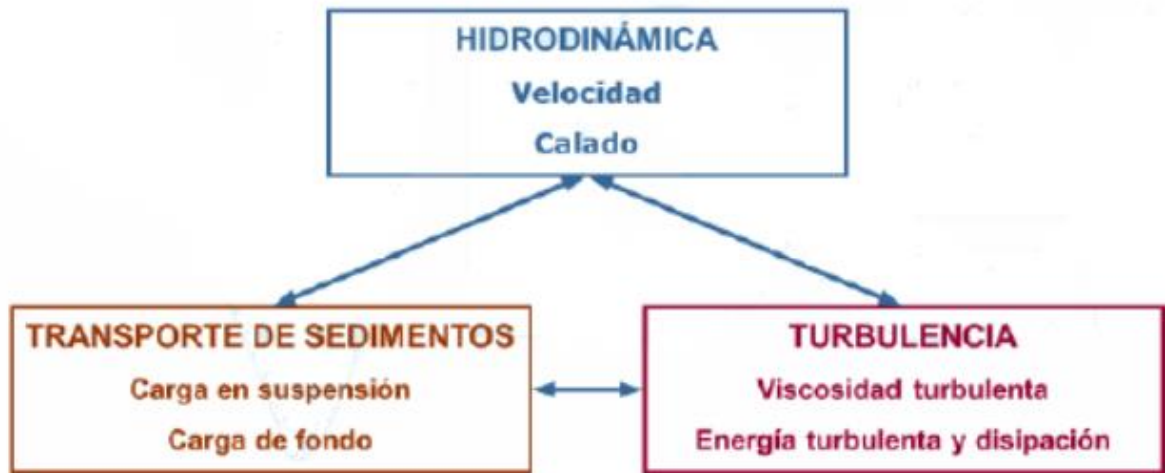


Figura 60. Módulos de Funcionamiento Iber

Estructura del Programa

En el programa Iber se distinguen 3 procesos fundamentales a la hora de realizar una simulación:

- **Preproceso:** En este módulo se definen principalmente la geometría y datos que se necesitan a la hora de hacer los cálculos. Introducida la geometría, se incluirán datos de simulación y condiciones de contorno e iniciales. Además, se aplicará rugosidad y se procederá a mallar las superficies para que el programa de cálculo se encargue de resolver las ecuaciones en la malla.
- **Proceso:** Cálculo de la simulación.
- **Postproceso:** En este módulo se obtendrán resultados de la simulación tales como mapas de calados, de velocidades..., gráficas, perfiles longitudinales y transversales, hidrogramas, vídeos...

#F. CONCLUSIONES

Para concluir el presente estudio se analizarán los resultados obtenidos en la fase de cálculo.

1.- CONCLUSIONES OBTENIDAS

Como hemos visto con anterioridad, para el estudio de inundabilidad de la zona de estudio, se ha supuesto el período de retorno $T = 10$, $T = 100$, $T = 500$ años. En lo que, como podemos observar en el apartado anterior, podemos establecer la siguiente conclusión:

A la vista de los resultados obtenidos para las avenidas de inundabilidad en el período de retorno de 10, 100 y 500 años no se produce ningún tipo de afección sobre la zona de estudio como consecuencia de las avenidas de los periodos mencionados.

Todas las instalaciones se encuentran fuera de las zonas de inundación de los periodos de retorno estudiados.

De igual modo, la instalación también queda fuera de la zona de la Zona de Servidumbre y Zona de Servidumbre de los cauces estudiados.

El Cuervo de Sevilla, febrero de 2024



Fdo.: Manuel Cañas Mayordomo

Ingeniero Agrónomo

Colegiado nº 1.617

ANEJO 1. FICHA CATASTRAL PARCELA

ANEJO 2. ANEJO DE CÁLCULOS.

DATOS GENERALES DE LA CUENCA

Cuenca 1

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	0.15 km ²
Longitud =	0.442 km
Pendiente =	0.0435 m/m

Calculadora de pendientes	
Cota alta =	35.55 m
Cota baja =	16.30 m
Longitud =	442.05 m
Pendiente =	0.0435 m/m

	Cota (m)		Desnivel (m)	Área (Km ²)	Longitud (Km)	Pendiente (m/m)	Pendiente (%)
	Máxima	Mínima					
Cuenca de estudio 1	35.550	16.300	19.250	0.147	0.442	0.072	7.17

Cuenca 2

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	0.15 km ²
Longitud =	0.392 km
Pendiente =	0.0524 m/m

Calculadora de pendientes	
Cota alta =	39.40 m
Cota baja =	18.83 m
Longitud =	392.22 m
Pendiente =	0.0524 m/m

	Cota (m)		Desnivel (m)	Área (Km ²)	Longitud (Km)	Pendiente (m/m)	Pendiente (%)
	Máxima	Mínima					
Cuenca de estudio 2	39.400	18.830	20.570	0.147	0.392	0.072	7.17

Cuenca 3

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	0.13 km ²
Longitud =	0.465 km
Pendiente =	0.0547 m/m

Calculadora de pendientes	
Cota alta =	44.00 m
Cota baja =	18.58 m
Longitud =	464.58 m
Pendiente =	0.0547 m/m

	Cota (m)		Desnivel (m)	Área (Km ²)	Longitud (Km)	Pendiente (m/m)	Pendiente (%)
	Máxima	Mínima					
Cuenca de estudio 3	44.000	18.580	25.420	0.135	0.465	0.072	7.17

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

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

Donde:

t_c (horas)

Tiempo de concentración.

L_c (Km)

Longitud de la cuenca de estudio.

J_c (m/m)

Pendiente media del cauce.

Cuenca 1

L_c (Km)	J_c (m/m)	t_c (horas)
0.442	0.0435	0.293

Cuenca 2

L_c (Km)	J_c (m/m)	t_c (horas)
0.392	0.0524	0.258

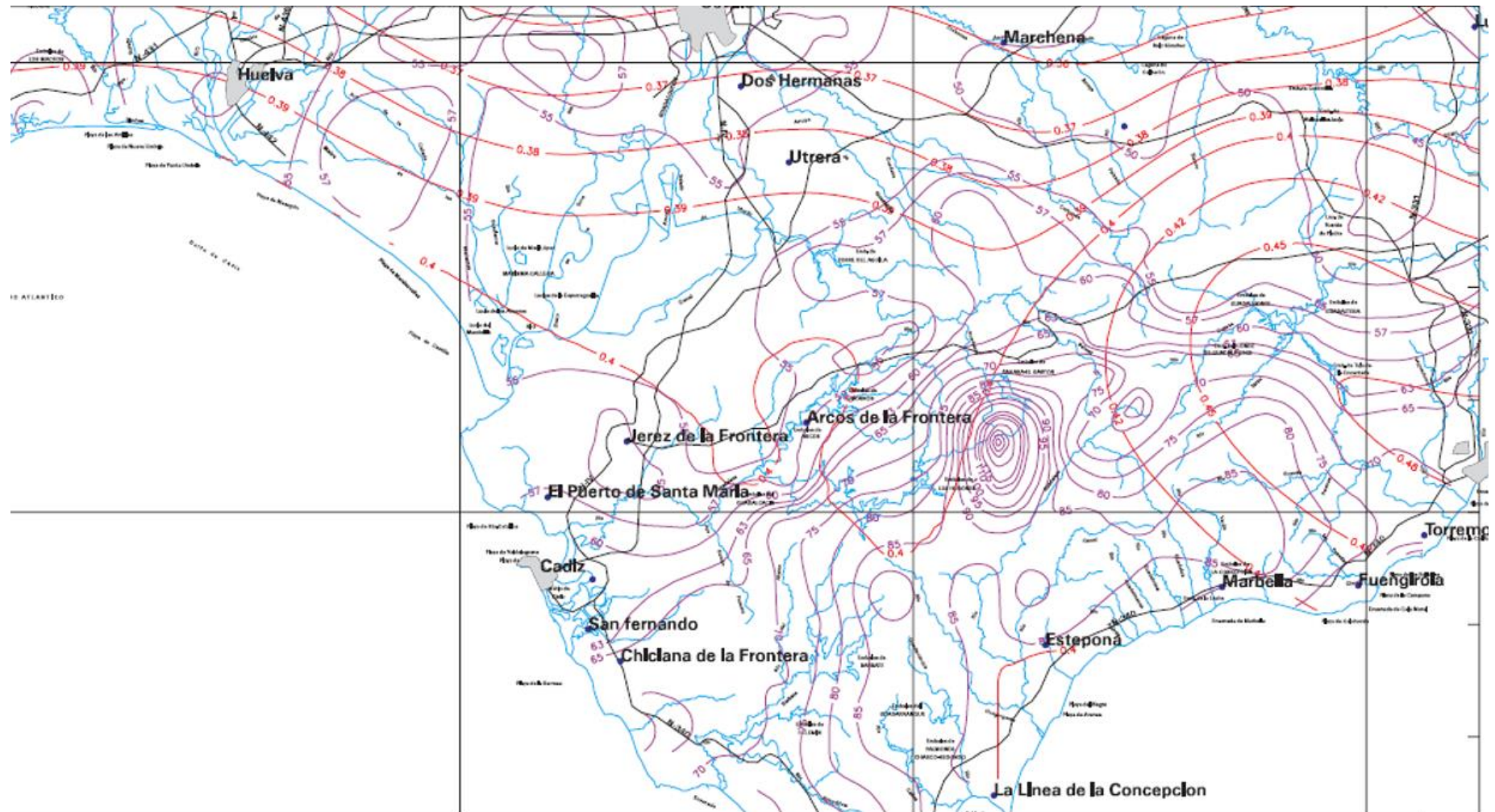
Cuenca 3

L_c (Km)	J_c (m/m)	t_c (horas)
0.465	0.0547	0.291

CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES DIÁRIAS MÁXIMAS MAPA DE PRECIPITACIONES DE ESPAÑA. CUENCA 1-2-3-4

P* =	55	mm/h
C_v =	0.40	

Periodo de retorno Años	Precipitación media (mm)	C _v	K _t	P _t = K _t * P*
2	55.000	0.400	0.909	49.995
5	55.000	0.400	1.247	68.585
10	55.000	0.400	1.492	82.060
25	55.000	0.400	1.839	101.145
50	55.000	0.400	2.113	116.215
100	55.000	0.400	2.403	132.165
200	55.000	0.400	2.708	148.940
500	55.000	0.400	3.128	172.040



DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES PLUVIOMÉTRICAS. CUENCAS 1-2-3-4

T Años	Precip. diaria Máxima (mm)
2	49.995
5	68.585
10	82.060
25	101.145
50	116.215
100	132.165
200	148.940
500	172.040

Coefficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas

Duraciones, en horas									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0.30	0.39	0.46	0.52	0.57	0.61	0.68	0.80	0.91	1.00

INTENSIDAD DE LLUVIA DE LAS PROBABILIDADES PLUVIOMÉTRICAS. CUENCAS 1-2-3-4

Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma

$$I = \frac{P \text{ [mm]}}{i \text{ duración [hr.]}}$$

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno							
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años	500 años
24 hr	1440	2.0831	2.8577	3.4192	4.2144	4.8423	5.5069	6.2058	7.1683
18 hr	1080	2.5275	3.4674	4.1486	5.1134	5.8753	6.6817	7.5297	8.6976
12 hr	720	3.3330	4.5723	5.4707	6.7430	7.7477	8.8110	9.9293	11.4693
8 hr	480	4.2496	5.8297	6.9751	8.5973	9.8783	11.2340	12.6599	14.6234
6 hr	360	5.0828	6.9728	8.3428	10.2831	11.8152	13.4368	15.1422	17.4907
5 hr	300	5.6994	7.8187	9.3548	11.5305	13.2485	15.0668	16.9792	19.6126
4 hr	240	6.4994	8.9161	10.6678	13.1489	15.1080	17.1815	19.3622	22.3652
3 hr	180	7.6659	10.5164	12.5825	15.5089	17.8196	20.2653	22.8375	26.3795
2 hr	120	9.7490	13.3741	16.0017	19.7233	22.6619	25.7722	29.0433	33.5478
1 hr	60	14.9985	20.5755	24.6180	30.3435	34.8645	39.6495	44.6820	51.6120

TABLAS REGRESIÓN I-D-T. CUENCAS 1-2-3-4

T 5 Años

Periodo de retorno para T = 10 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	2.8577	7.2724	1.0500	7.6362	52.8878
2	1080	3.4674	6.9847	1.2434	8.6847	48.7863
3	720	4.5723	6.5793	1.5200	10.0006	43.2865
4	480	5.8297	6.1738	1.7630	10.8842	38.1156
5	360	6.9728	5.8861	1.9420	11.4309	34.6462
6	300	7.8187	5.7038	2.0565	11.7299	32.5331
7	240	8.9161	5.4806	2.1879	11.9908	30.0374
8	180	10.5164	5.1930	2.3529	12.2187	26.9668
9	120	13.3741	4.7875	2.5933	12.4155	22.9201
10	60	20.5755	4.0943	3.0241	12.3817	16.7637
10	4980	84.9006	58.1555	19.7331	109.3733	346.9435
Ln (d) =	5.5579	d =	259.2873	n =	-0.6164	

T 10 Años

Periodo de retorno para T = 10 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	3.4192	7.2724	1.2294	8.9407	52.8878
2	1080	4.1486	6.9847	1.4228	9.9376	48.7863
3	720	5.4707	6.5793	1.6994	11.1808	43.2865
4	480	6.9751	6.1738	1.9423	11.9916	38.1156
5	360	8.3428	5.8861	2.1214	12.4868	34.6462
6	300	9.3548	5.7038	2.2359	12.7531	32.5331
7	240	10.6678	5.4806	2.3672	12.9739	30.0374
8	180	12.5825	5.1930	2.5323	13.1502	26.9668
9	120	16.0017	4.7875	2.7727	13.2743	22.9201
10	60	24.6180	4.0943	3.2035	13.1161	16.7637
10	4980	101.5812	58.1555	21.5269	119.8050	346.9435
Ln (d) =	5.7373	d =	310.2299	n =	-0.6164	

T 100 Años

Periodo de retorno para T = 100 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	5.5069	7.2724	1.7060	12.4067	52.8878
2	1080	6.6817	6.9847	1.8994	13.2666	48.7863
3	720	8.8110	6.5793	2.1760	14.3165	43.2865
4	480	11.2340	6.1738	2.4189	14.9341	38.1156
5	360	13.4368	5.8861	2.5980	15.2921	34.6462
6	300	15.0668	5.7038	2.7125	15.4715	32.5331
7	240	17.1815	5.4806	2.8438	15.5860	30.0374
8	180	20.2653	5.1930	3.0089	15.6251	26.9668
9	120	25.7722	4.7875	3.2493	15.5560	22.9201
10	60	39.6495	4.0943	3.6801	15.0675	16.7637
10	4980	163.6056	58.1555	26.2929	147.5219	346.9435
Ln (d) =	6.2139	d =	499.6531	n =	-0.6164	

T 500 Años

Periodo de retorno para T = 500 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	7.1683	7.2724	1.9697	14.3242	52.8878
2	1080	8.6976	6.9847	2.1630	15.1083	48.7863
3	720	11.4693	6.5793	2.4397	16.0512	43.2865
4	480	14.6234	6.1738	2.6826	16.5619	38.1156
5	360	17.4907	5.8861	2.8617	16.8441	34.6462
6	300	19.6126	5.7038	2.9762	16.9754	32.5331
7	240	22.3652	5.4806	3.1075	17.0311	30.0374
8	180	26.3795	5.1930	3.2726	16.9944	26.9668
9	120	33.5478	4.7875	3.5130	16.8183	22.9201
10	60	51.6120	4.0943	3.9438	16.1471	16.7637
10	4980	212.9664	58.1555	28.9297	162.8561	346.9435
Ln (d) =	6.4776	d =	650.4016	n =	-0.6164	

COEFICIENTE DE REGRESIÓN. CUENCAS 1-2-3-4

<i>Resumen de aplicación de regresión potencial</i>		
Periodo de Retorno (años)	Término ctte. de regresión (d)	Coef. de regresión [n]
2	189.00735870801	-0.61638608809
5	259.28732267205	-0.61638608809
10	310.22990010160	-0.61638608809
25	382.38122405284	-0.61638608809
50	439.35373921894	-0.61638608809
100	499.65311658454	-0.61638608809
200	563.07142726216	-0.61638608809
500	650.40155999853	-0.61638608809
Promedio =	411.67320607484	-0.61638608809

Regresión potencial						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	189.0074	0.6931	5.2418	3.6333	0.4805
2	5	259.2873	1.6094	5.5579	8.9452	2.5903
3	10	310.2299	2.3026	5.7373	13.2107	5.3019
4	25	382.3812	3.2189	5.9464	19.1408	10.3612
5	50	439.3537	3.9120	6.0853	23.8059	15.3039
6	100	499.6531	4.6052	6.2139	28.6161	21.2076
7	200	563.0714	5.2983	6.3334	33.5564	28.0722
8	500	650.4016	6.2146	6.4776	40.2557	38.6214
8	892	3293.3856	27.8542	47.5937	171.1640	121.9388
Ln (K) =	5.1884	K =	179.1733	m =	0.2185	

Termino constante de regresión (K) = 179.1733
 Coef. de regresión (m) = 0.218525

TABLA INTENSIDAD-DURACIÓN. CUENCAS 1-2-3-4

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{179.1733 * T^{0.218525}}{t^{0.61639}}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración																		
Frecuencia años	Duración en minutos																	
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	120	300	600	900	1200	1440
2	77.31	50.43	39.28	32.89	28.67	25.62	23.30	21.46	19.95	18.70	17.63	16.71	10.90	6.20	4.04	3.15	2.64	2.36
5	94.45	61.61	47.98	40.19	35.02	31.30	28.46	26.21	24.38	22.85	21.54	20.42	13.32	7.57	4.94	3.85	3.22	2.88
10	109.89	71.68	55.83	46.76	40.75	36.42	33.12	30.50	28.36	26.58	25.06	23.76	15.50	8.81	5.75	4.48	3.75	3.35
25	134.25	87.57	68.21	57.12	49.78	44.49	40.46	37.26	34.65	32.47	30.62	29.02	18.93	10.76	7.02	5.47	4.58	4.09
50	156.21	101.90	79.36	66.47	57.93	51.77	47.08	43.36	40.32	37.79	35.63	33.77	22.03	12.52	8.17	6.36	5.33	4.76
100	181.76	118.56	92.34	77.34	67.40	60.23	54.77	50.45	46.91	43.96	41.46	39.29	25.63	14.57	9.50	7.40	6.20	5.54
200	211.48	137.95	107.44	89.98	78.42	70.09	63.73	58.70	54.59	51.15	48.24	45.72	29.82	16.95	11.06	8.61	7.21	6.45
500	258.36	168.53	131.26	109.93	95.81	85.62	77.86	71.71	66.69	62.49	58.93	55.85	36.43	20.71	13.51	10.52	8.81	7.88

CÁLCULOS INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN.

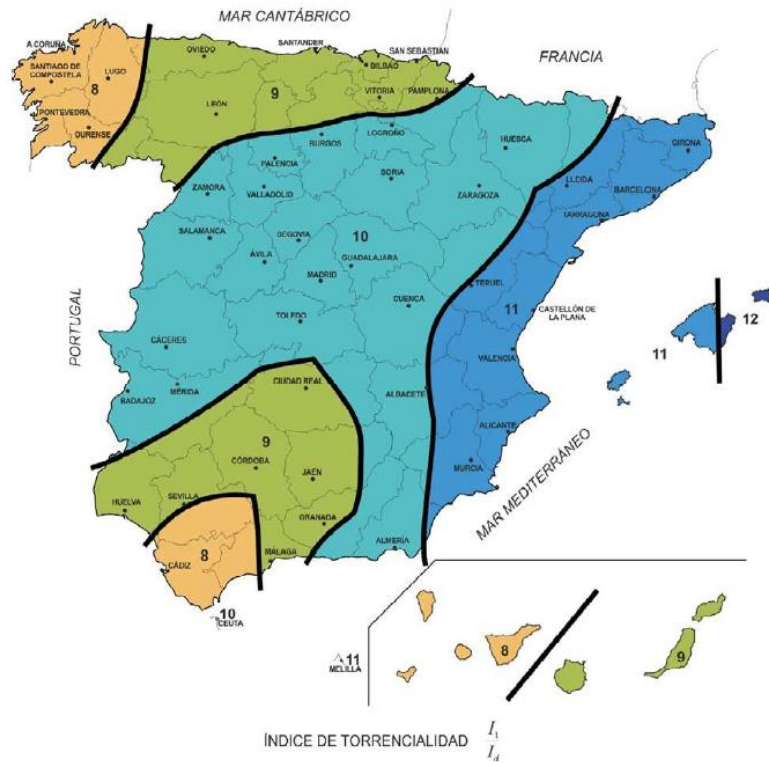


FIGURA 2.4.- MAPA DEL ÍNDICE DE TORRENCIALIDAD (I_1/I_4)

Factor Fa. Cuenca 1

(I_1/I_d)	$t = t_c$ (horas)	F_a
8	0.293	14.6952

Factor Fa. Cuenca 2

(I_1/I_d)	$t = t_c$ (horas)	F_a
8	0.258	15.5779

Factor Fa. Cuenca 3

(I_1/I_d)	$t = t_c$ (horas)	F_a
8	0.291	14.7336

Factor De Intensidad. Cuenca 1

T	F _a	F _b	F _{int}
2	14.6952	17.09229	17.09228635
5	14.6952	17.09229	17.09228635
10	14.6952	17.09229	17.09228635
25	14.6952	17.09229	17.09228635
50	14.6952	17.09229	17.09228635
100	14.6952	17.09229	17.09228635
200	14.6952	17.09229	17.09228635
500	14.6952	17.09229	17.09228635

Factor De Intensidad. Cuenca 2

T	F _a	F _b	F _{int}
2	15.5779	18.47532	18.47531794
5	15.5779	18.47532	18.47531794
10	15.5779	18.47532	18.47531794
25	15.5779	18.47532	18.47531794
50	15.5779	18.47532	18.47531794
100	15.5779	18.47532	18.47531794
200	15.5779	18.47532	18.47531794
500	15.5779	18.47532	18.47531794

Factor De Intensidad. Cuenca 3

T	F_a	F_b	F_{int}
2	14.7336	17.15147	17.15146966
5	14.7336	17.15147	17.15146966
10	14.7336	17.15147	17.15146966
25	14.7336	17.15147	17.15146966
50	14.7336	17.15147	17.15146966
100	14.7336	17.15147	17.15146966
200	14.7336	17.15147	17.15146966
500	14.7336	17.15147	17.15146966

Intensidad Media De Precipitación Corregida. Cuenca 1-2-3

Cuenca 1

T	Precip. Diaria (mm)	K _a	I _d
2	49.995	1	2.083
5	68.585	1	2.858
10	82.060	1	3.419
25	101.145	1	4.214
50	116.215	1	4.842
100	132.165	1	5.507
200	148.940	1	6.206
500	172.040	1	7.168

Intensidad de Precipitación. Cuenca 1

T	I _d (mm)	F _{int}	I (T, tc) (mm/h)
2	2.0831	17.0923	35.6054
5	2.8577	17.0923	48.8448
10	3.4192	17.0923	58.4414
25	4.2144	17.0923	72.0333
50	4.8423	17.0923	82.7658
100	5.5069	17.0923	94.1251
200	6.2058	17.0923	106.0719
500	7.1683	17.0923	122.5232

Intensidad de Precipitación. Cuenca 2

T	I_d (mm)	F_{int}	$I(T, tc)$ (mm/h)
2	2.0831	18.4753	38.4864
5	2.8577	18.4753	52.7971
10	3.4192	18.4753	63.1702
25	4.2144	18.4753	77.8619
50	4.8423	18.4753	89.4629
100	5.5069	18.4753	101.7413
200	6.2058	18.4753	114.6547
500	7.1683	18.4753	132.4372

Intensidad de Precipitación. Cuenca 3

T	I_d (mm)	F_{int}	$I(T, tc)$ (mm/h)
2	2.0831	17.1515	35.7287
5	2.8577	17.1515	49.0139
10	3.4192	17.1515	58.6437
25	4.2144	17.1515	72.2827
50	4.8423	17.1515	83.0524
100	5.5069	17.1515	94.4510
200	6.2058	17.1515	106.4392
500	7.1683	17.1515	122.9475

CALCULO COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

Po. Cuenca 1

Po	Área	P0*Área	Po ⁱ
10	0.134	1.343	
14	0.012	0.173	
Σ	0.147	1.516	10.34

Po. Cuenca 2

Po	Área	P0*Área	Po ⁱ
10	0.102	1.021	
14	0.004	0.054	
Σ	0.106	1.075	10.15

Po. Cuenca 3

Po	Área	P0*Área	Po ⁱ
10	0.045	0.454	
14	0.089	1.252	
		0.000	
Σ	0.135	1.706	12.65

Umbral de Escorrentía. Cuenca 1

T	Umbral de escorrentia corregido (P_i^0)	Coef. Correct. de umbral de escorrentia	Umbral de escorrentia (P_0)
2	10.34	1.6605	17.16957
5	10.34	1.8655	19.28927
10	10.34	2.08075	21.514955
25	10.34	2.296	23.74064
50	10.34	2.4805	25.64837
100	10.34	2.665	27.5561
200	10.34	2.87	29.6758
500	10.34	3.075	31.7955

Umbral de Escorrentía. Cuenca 2

T	Umbral de escorrentia corregido (P_i^0)	Coef. Correct. de umbral de escorrentia	Umbral de escorrentia (P_0)
2	10.15	1.6605	16.854075
5	10.15	1.8655	18.934825
10	10.15	2.08075	21.1196125
25	10.15	2.296	23.3044
50	10.15	2.4805	25.177075
100	10.15	2.665	27.04975
200	10.15	2.87	29.1305
500	10.15	3.075	31.21125

Umbral de Escorrentía. Cuenca 3

T	Umbral de escorrentia corregido (P^i_0)	Coef. Correct. de umbral de escorrentia	Umbral de escorrentia (P_0)
2	12.65	1.6605	21.005325
5	12.65	1.8655	23.598575
10	12.65	2.08075	26.3214875
25	12.65	2.296	29.0444
50	12.65	2.4805	31.378325
100	12.65	2.665	33.71225
200	12.65	2.87	36.3055
500	12.65	3.075	38.89875

Coeficiente de Escorrentía. Cuenca 1

T	Umbral de escorrentia (P_0)	$P_d * K_a$	Coef. Escorrentia (C)
2	17.16957	49.995	0.255964784
5	19.28927	68.585	0.320323826
10	21.514955	82.06	0.3438359
25	23.74064	101.145	0.381656567
50	25.64837	116.215	0.403021379
100	27.5561	132.165	0.42289295
200	29.6758	148.94	0.438826856
500	31.7955	172.04	0.465310724

Coefficiente de Escorrentía. Cuenca 2

T	Umbral de escorrentia (P ₀)	P _d *K _a	Coef. Escorrentia (C)
2	16.854075	49.995	0.261761034
5	18.934825	68.585	0.326497331
10	21.1196125	82.06	0.350115258
25	23.3044	101.145	0.388069236
50	25.177075	116.215	0.409488791
100	27.04975	132.165	0.429397678
200	29.1305	148.94	0.445351892
500	31.21125	172.04	0.471850246

Coefficiente de Escorrentía. Cuenca 3

T	Umbral de escorrentia (P ₀)	P _d *K _a	Coef. Escorrentia (C)
2	21.005325	49.995	0.195653687
5	23.598575	68.585	0.255374195
10	26.3214875	82.06	0.277495691
25	29.0444	101.145	0.313437938
50	31.378325	116.215	0.333943725
100	33.71225	132.165	0.353151714
200	36.3055	148.94	0.368650192
500	38.89875	172.04	0.394606083

COEFICIENTE K_t **Cuenca 1**

t_c	K_t
0.293	1.0151

Cuenca 2

t_c	K_t
0.258	1.0130

Cuenca 3

t_c	K_t
0.291	1.0150

CAUDALES DE ESTUDIO

Cuenca de Estudio	Periodo de retorno	Caudal (m³/s)
Cuenca 1	T 5 años. MCO	1,2116
	T 10 años	1,4497
	T 100 años	2,3349
	T 500 años	3,0393
Cuenca 2	T 5 años. MCO	1,3039
	T 10 años	1,5636
	T 100 años	2,5184
	T 500 años	3,2782
Cuenca 3	T 5 años. MCO	1,1180
	T 10 años	1,3377
	T 100 años	2,1545

	T 500 años	2,8045
--	-------------------	---------------

El Cuervo de Sevilla, febrero de 2024



Fdo.: Manuel Cañas Mayordomo

Ingeniero Agrónomo

Colegiado nº 1.617

Ingeniero Agrónomo

Colegiado nº 1.617

ANEJO 3. PLANOS

Listado de Planos

Plano 1. Situación General (A3)

Plano 2. Emplazamiento (A3)

Plano 3. Parcelas de Estudio (A3)

Plano 4. Cuencas de Estudio (A3)

Plano 5. Mapa de Calados T 100 (A3).

Plano 6. Mapa de Velocidad T 100 (A3).

Plano 7. Mapa de Peligrosidad T 100 (A3).

Plano 8. Mapa de Calados T 100 (A3).

Plano 9. Mapa de Velocidad T 100 (A3).

Plano 10. Mapa de Peligrosidad T 100 (A3).

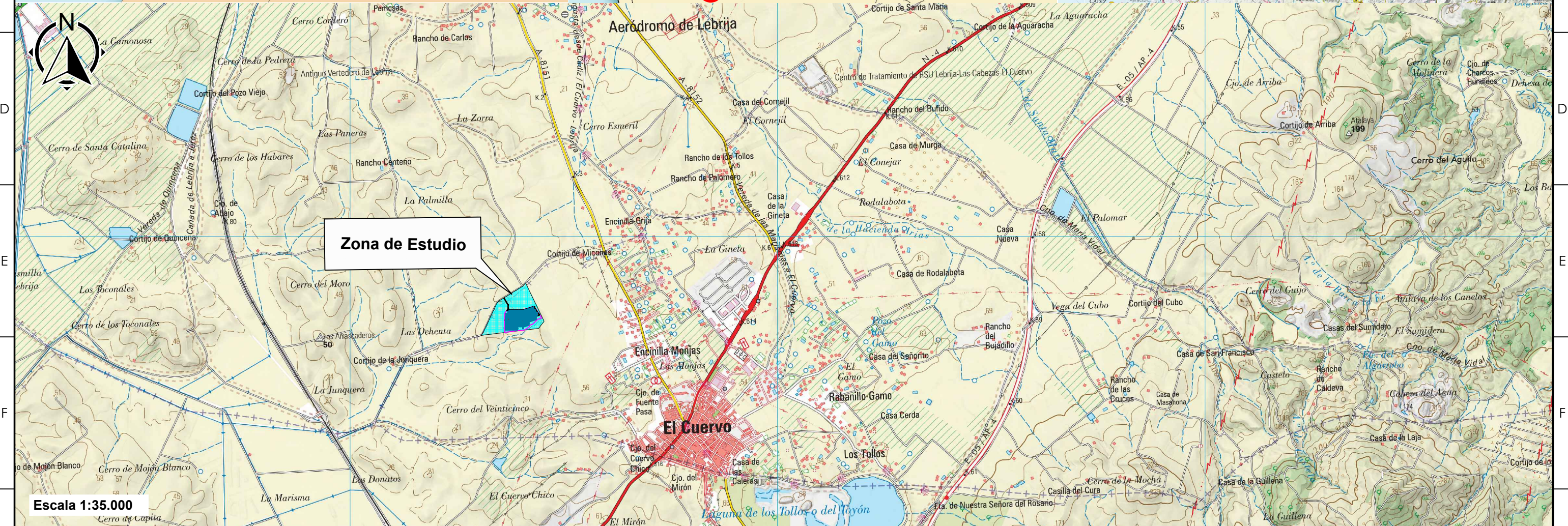
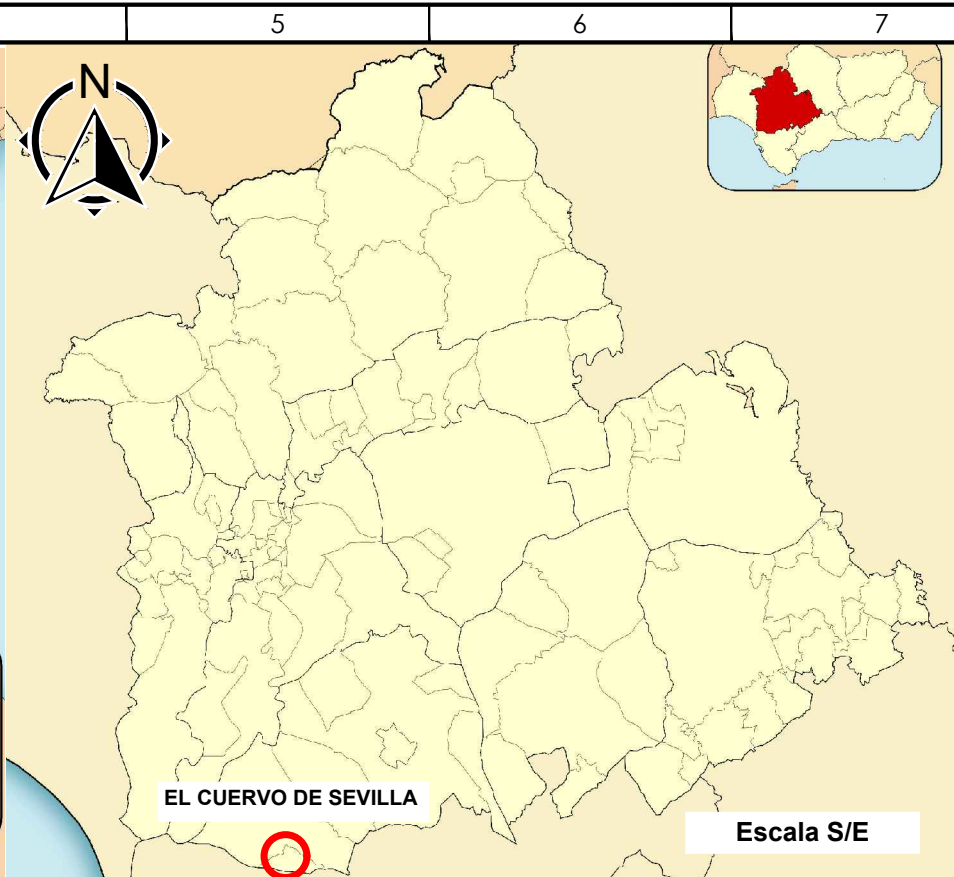
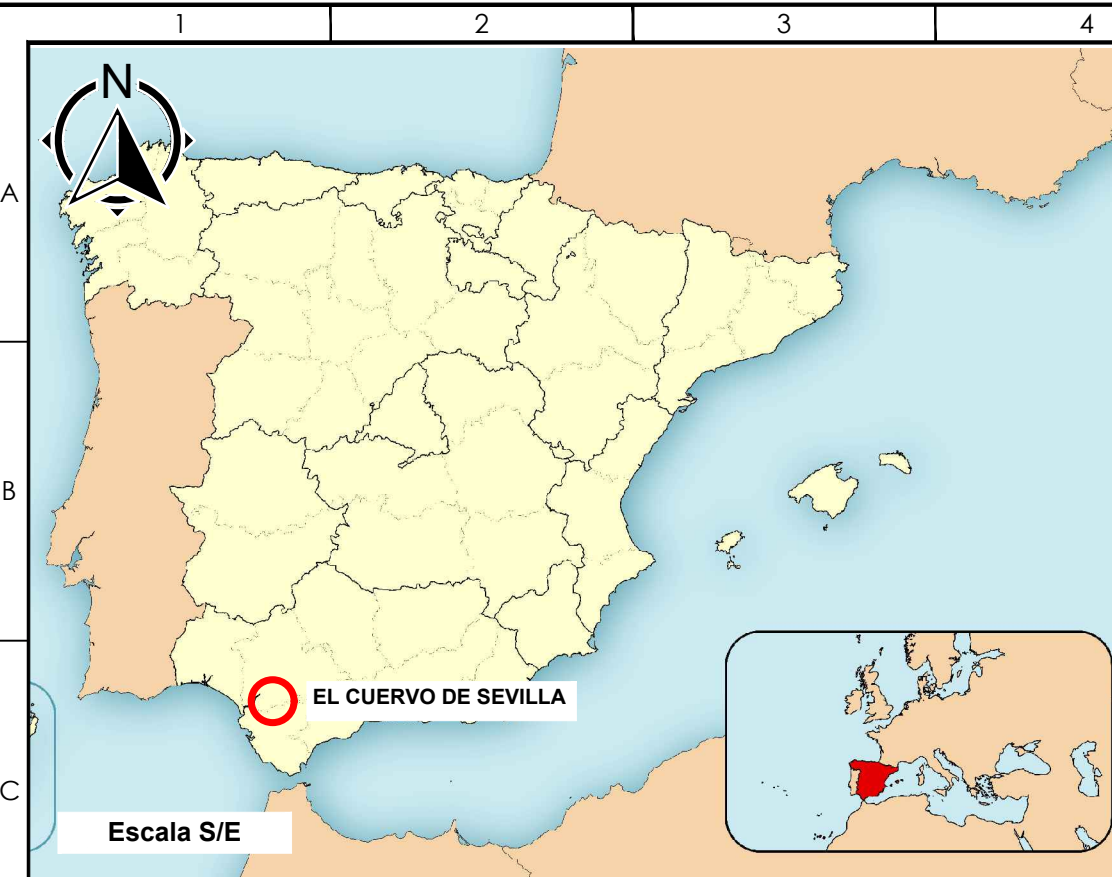
Plano 11. Mapa de Calados T 500 (A3).

Plano 12. Mapa de Velocidad T 500 (A3).

Plano 13. Mapa de Peligrosidad T 500 (A3).

Plano 14. Zonificación DPH-Zona de Servidumbre-Zona de Policía (A3)

Plano 15. Zona de Flujo Preferente (A3)

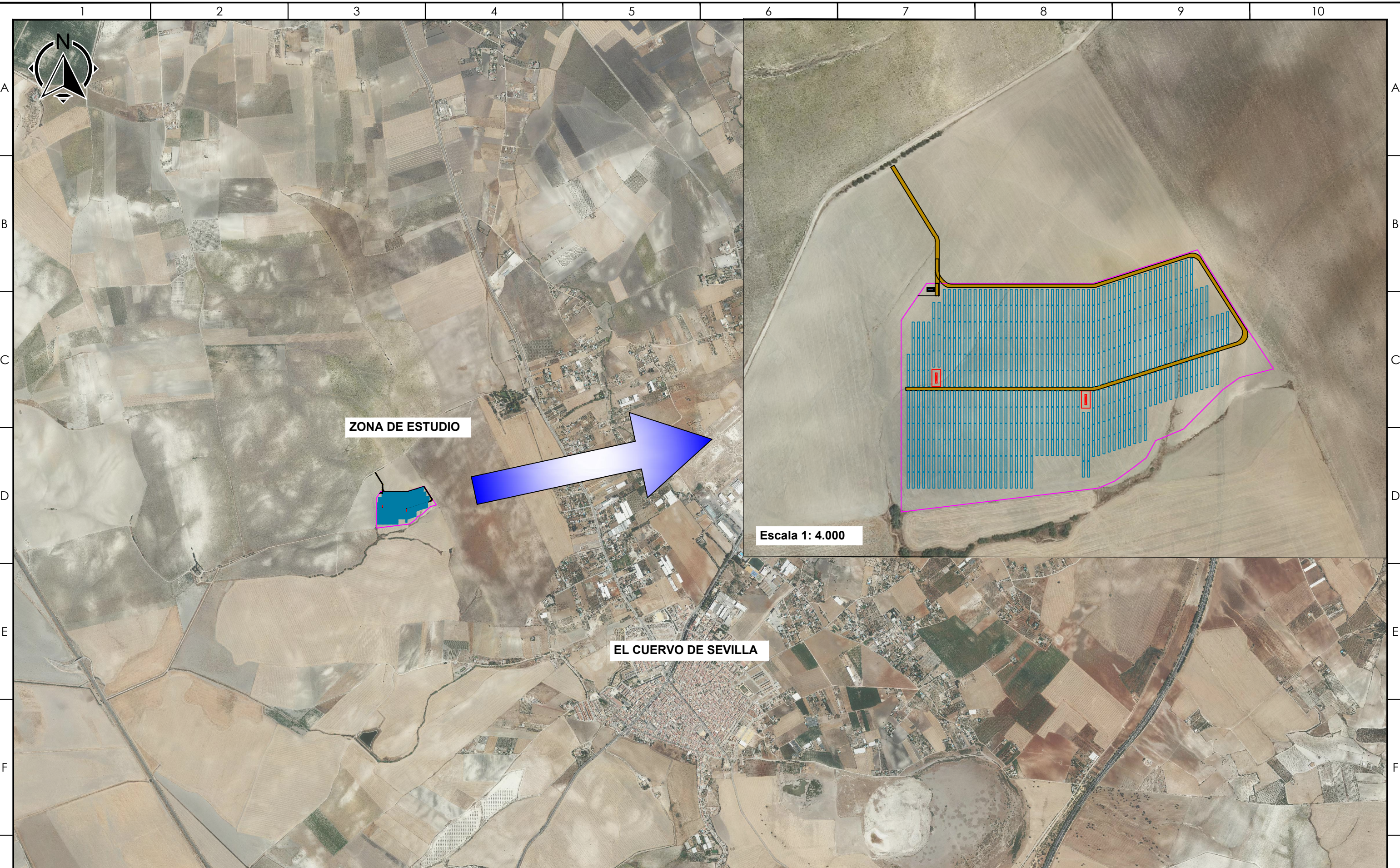


NOTA TÉCNICA:

05			
04			
03			
02			
01			
00	23/02/2024	Primera edición	MCM
VER.	FECHA	DESCRIPCION	FIRMA

PROYECTO: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO SITO EN EL POLÍGONO 1 PARCELA 102 EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE EL CUERVO DE SEVILLA (SEVILLA) PARA FUTURA IMPLANTACIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV DONATOS)			
PLANO: 01.	PAG: 01 de 15	ESCALA: S/D	PLANO DE: SITUACIÓN
REV: 00	DIBUJADO: JPR	CLIENTE: MARCHENA PV, S.L.	INGENIERIA: ingnova PROYECTOS
	REVISADO:		INGENIERO AGRÓNOMO (Coleg.:1.617) MANUEL CAÑAS MAYORDOMO

Fecha: Febr-24



ZONA DE ESTUDIO

EL CUERVO DE SEVILLA

Escala 1: 4.000

NOTA TÉCNICA:			
05			
04			
03			
02			
01			
00	23/02/2024	Primera edición	MCM
VER.	FECHA	DESCRIPCION	FIRMA

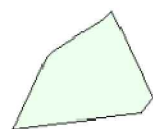
05			
04			
03			
02			
01			
00	23/02/2024	Primera edición	MCM
VER.	FECHA	DESCRIPCION	FIRMA

PROYECTO: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO SITO EN EL POLÍGONO 1 PARCELA 102 EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE EL CUERVO DE SEVILLA (SEVILLA) PARA FUTURA IMPLANTACIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV DONATOS)			
PLANO: 02.	PAG: 02 de 15	ESCALA: 1:15.000	PLANO DE: EMPLAZAMIENTO
REV: 00	DIBUJADO: JPR	REVISADO:	CLIENTE: MARCHENA PV, S.L.
INGENIERÍA: ingnova PROYECTOS		INGENIERO AGRÓNOMO (Coleg.:1.617) MANUEL CAÑAS MAYORDOMO	
		Fecha: Febr-24	

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

Referencia catastral 41105A001001020000QF
 Localización Polígono 1 Parcela 102
 MICONES, EL CUERVO DE SEVILLA (SEVILLA)
 Clase Rústico
 Uso principal Agrario

PARCELA CATASTRAL



Localización Polígono 1 Parcela 102
 MICONES, EL CUERVO DE SEVILLA (SEVILLA)
 Superficie gráfica 248.049 m²

CULTIVO

Subparcela	Cultivo/Aprovechamiento	Intensidad Productiva	Superficie m ²
0	C- Labor o Labradío seco	02	248.049



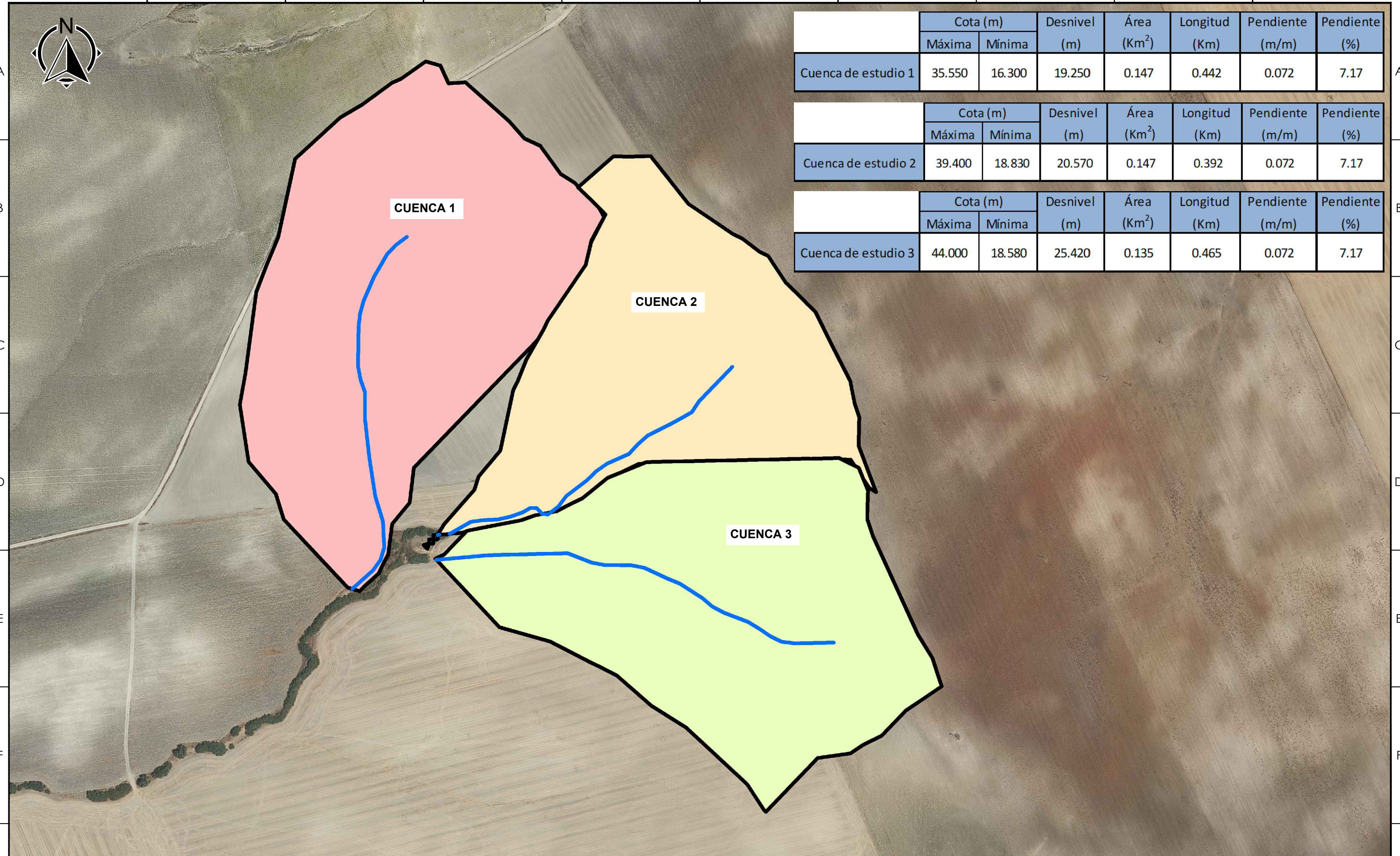
**POLIGONO 1 PARCELA102
 REF. CATASTRAL
 41105A001001020000QF**

VER.	FECHA	DESCRIPCION	FIRMA
05			
04			
03			
02			
01			
00	23/02/2024	Primera edición	MCM

PROYECTO: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO SITO EN EL POLÍGONO 1 PARCELA 102 EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE EL CUERVO DE SEVILLA (SEVILLA) PARA FUTURA IMPLANTACIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV DONATOS)

PLANO: 03.	PAG: 03 de 15	ESCALA: 1:2.500	PLANO DE: PARCELA DE ESTUDIO
	REV: 00	DIBUJADO: JPR	CLIENTE: MARCHENA PV, S.L.
		REVISADO:	INGENIERIA: ingnova PROYECTOS
			INGENIERO AGRÓNOMO (Coleg.:1.617) MANUEL CAÑAS MAYORDOMO

Fecha: Febr-24



	Cota (m)		Desnivel (m)	Área (Km ²)	Longitud (Km)	Pendiente (m/m)	Pendiente (%)
	Máxima	Mínima					
Cuenca de estudio 1	35.550	16.300	19.250	0.147	0.442	0.072	7.17

	Cota (m)		Desnivel (m)	Área (Km ²)	Longitud (Km)	Pendiente (m/m)	Pendiente (%)
	Máxima	Mínima					
Cuenca de estudio 2	39.400	18.830	20.570	0.147	0.392	0.072	7.17

	Cota (m)		Desnivel (m)	Área (Km ²)	Longitud (Km)	Pendiente (m/m)	Pendiente (%)
	Máxima	Mínima					
Cuenca de estudio 3	44.000	18.580	25.420	0.135	0.465	0.072	7.17

NOTA TÉCNICA:			
05			
04			
03			
02			
01			
00	23/02/2024	Primera edición	MCM
VER.	FECHA	DESCRIPCION	FIRMA

PROYECTO: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO SITO EN EL POLÍGONO 1 PARCELA 102 EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE EL CUERVO DE SEVILLA (SEVILLA) PARA FUTURA IMPLANTACIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV DONATOS)

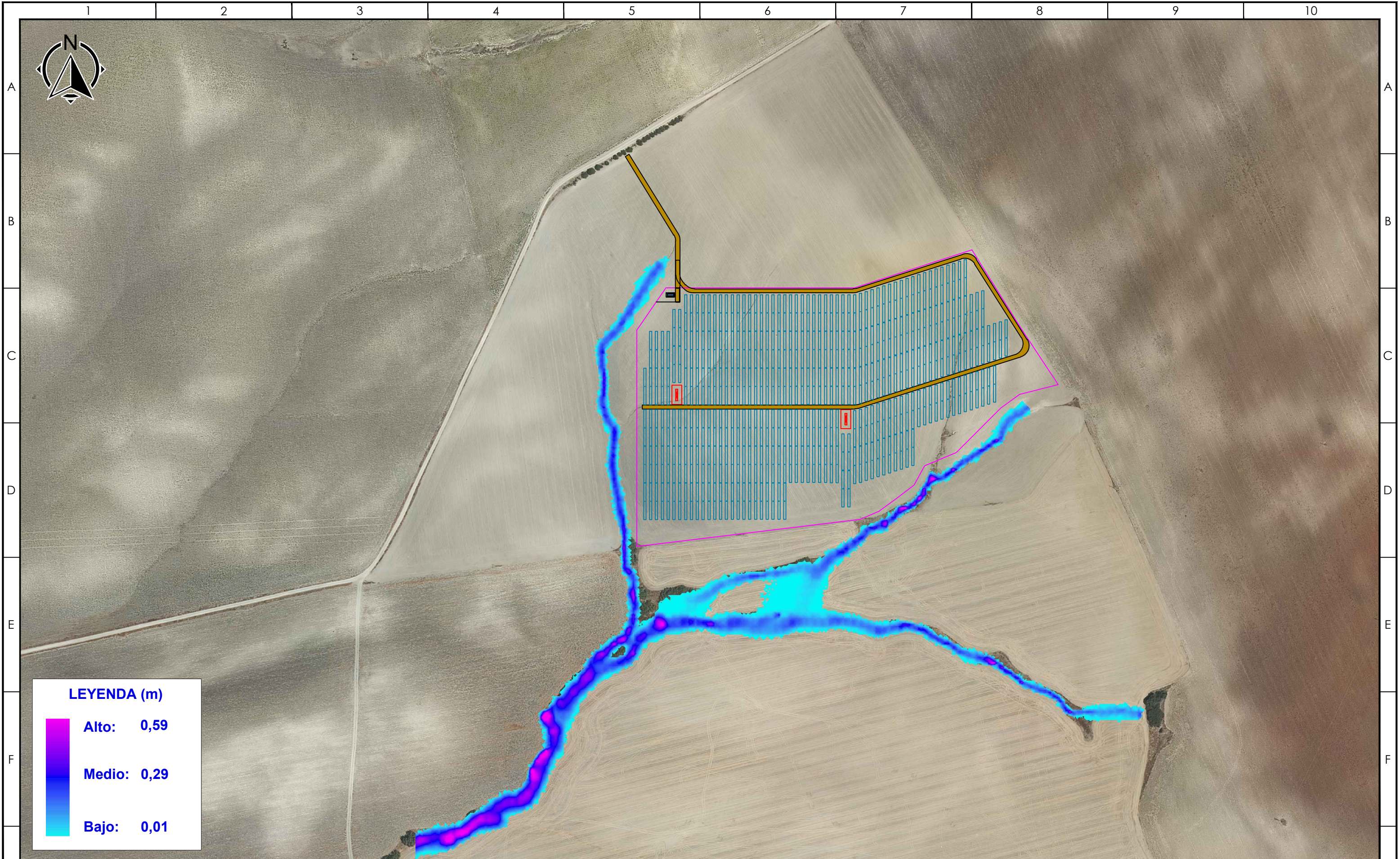
PLANO: **04.** ESCALA: 1:20.000 PLANO DE: CUENCAS DE ESTUDIO

PAG: 04 de 15 DIBUJADO: JPR CLIENTE: MARCHENA PV, S.L.

REV: 00 REVISADO: INGENIERÍA: **ingnova PROYECTOS** INGENIERO AGRÓNOMO (Coleg.:1.617) MANUEL CAÑAS MAYORDOMO

Fecha: Febr-24





LEYENDA (m)

Alto: 0,59

Medio: 0,29

Bajo: 0,01

VER.	FECHA	DESCRIPCION	FIRMA
05			
04			
03			
02			
01			
00	23/02/2024	Primera edición	MCM

PROYECTO: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO SITO EN EL POLÍGONO 1 PARCELA 102 EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE EL CUERVO DE SEVILLA (SEVILLA) PARA FUTURA IMPLANTACIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV DONATOS)

PLANO: 05.

PAG: 05 de 15

ESCALA: 1:3.500

PLANO DE: T10 AÑOS, MAPA DE CALADOS

DIBUJADO: JPR

CLIENTE: MARCHENA PV, S.L.

INGENIERIA: **ingnova** PROYECTOS

INGENIERO AGRÓNOMO (Coleg.:1.617)

MANUEL CAÑAS MAYORDOMO

Fecha: Febr-24



LEYENDA (m/s)

Alto: 2,41

Medio: 1,20

Bajo: 0,00

NOTA TÉCNICA:	05			
	04			
	03			
	02			
	01			
	00	23/02/2024	Primera edición	MCM
VER.	FECHA	DESCRIPCION	FIRMA	

PROYECTO: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO SITO EN EL POLÍGONO 1 PARCELA 102 EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE EL CUERVO DE SEVILLA (SEVILLA) PARA FUTURA IMPLANTACIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV DONATOS)

PLANO: **06.** ESCALA: 1:3.500 PLANO DE: T10 AÑOS, MAPA DE VELOCIDADES

PAG: 06 de 15 DIBUJADO: JPR CLIENTE: MARCHENA PV, S.L.

REV: 00 REVISADO: INGENIERIA: **ingnova PROYECTOS** INGENIERO AGRÓNOMO (Coleg.:1.617) **MANUEL CAÑAS MAYORDOMO**

Fecha: Febr-24



LEYENDA

- ZONA NO PELIGROSA
- ZONA PELIGROSA

NOTA TÉCNICA:

05			
04			
03			
02			
01			
00	23/02/2024	Primera edición	MCM
VER.	FECHA	DESCRIPCION	FIRMA

PROYECTO: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO SITO EN EL POLÍGONO 1 PARCELA 102 EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE EL CUERVO DE SEVILLA (SEVILLA) PARA FUTURA IMPLANTACIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV DONATOS)

07.	PAG: 07 de 15	ESCALA: 1:3.500	PLANO DE: T10 AÑOS, MAPA DE PELIGROSIDAD
	REV: 00	DIBUJADO: JPR	CLIENTE: MARCHENA PV, S.L.
	REVISADO:	INGENIERIA: ingnova PROYECTOS	INGENIERO AGRÓNOMO (Coleg.:1.617) MANUEL CAÑAS MAYORDOMO

[Handwritten signature]
Fecha: Febr-24



VER.	FECHA	DESCRIPCION	FIRMA
05			
04			
03			
02			
01			
00	23/02/2024	Primera edición	MCM

PROYECTO: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO SITO EN EL POLÍGONO 1 PARCELA 102 EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE EL CUERVO DE SEVILLA (SEVILLA) PARA FUTURA IMPLANTACIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV DONATOS)

PLANO: PAG: 08 de 15 ESCALA: 1:3.500 PLANO DE: T100 AÑOS, MAPA DE CALADOS

REV: 00 DIBUJADO: JPR CLIENTE: MARCHENA PV, S.L. INGENIERIA: **ingnova** PROYECTOS INGENIERO AGRÓNOMO (Coleg.:1.617) MANUEL CAÑAS MAYORDOMO

Fecha: Febr-24



LEYENDA (m/s)

Alto: 2,76

Medio: 1,38

Bajo: 0,00

VER.	FECHA	DESCRIPCION	FIRMA
05			
04			
03			
02			
01			
00	23/02/2024	Primera edición	MCM

PROYECTO: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO SITO EN EL POLÍGONO 1 PARCELA 102 EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE EL CUERVO DE SEVILLA (SEVILLA) PARA FUTURA IMPLANTACIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV DONATOS)

PLANO: 09.

PAG: 09 de 15

ESCALA: 1:3.500

PLANO DE: T100 AÑOS, MAPA DE VELOCIDADES

DIBUJADO: JPR

CLIENTE: MARCHENA PV, S.L.

INGENIERIA: **ingnova** PROYECTOS

INGENIERO AGRÓNOMO (Coleg.:1.617) **MANUEL CAÑAS MAYORDOMO**

Fecha: Febr-24



LEYENDA

- ZONA NO PELIGROSA
- ZONA PELIGROSA

NOTA TÉCNICA:

05			
04			
03			
02			
01			
00	23/02/2024	Primera edición	MCM
VER.	FECHA	DESCRIPCION	FIRMA

PROYECTO: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO SITO EN EL POLÍGONO 1 PARCELA 102 EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE EL CUERVO DE SEVILLA (SEVILLA) PARA FUTURA IMPLANTACIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV DONATOS)

10.	PAG: 10de15	ESCALA: 1:2.000	PLANO DE: T100 AÑOS, MAPA DE PELIGROSIDAD
	REV: 00	DIBUJADO: JPR	CLIENTE: MARCHENA PV, S.L.
	REVISADO:	INGENIERÍA: ingnova PROYECTOS	INGENIERO AGRÓNOMO (Coleg.:1.617) MANUEL CAÑAS MAYORDOMO

[Handwritten Signature]
Fecha: Febr-24



LEYENDA (m)

Alto: 0,74

Medio: 0,37

Bajo: 0,01

VER.	FECHA	DESCRIPCION	FIRMA
05			
04			
03			
02			
01			
00	23/02/2024	Primera edición	MCM

PROYECTO: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO SITO EN EL POLÍGONO 1 PARCELA 102 EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE EL CUERVO DE SEVILLA (SEVILLA) PARA FUTURA IMPLANTACIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV DONATOS)

PLANO: PAG: 11 de 15 ESCALA: 1:3.500 PLANO DE: T500 AÑOS, MAPA DE CALADOS

REV: 00 DIBUJADO: JPR CUENTE: MARCHENA PV, S.L.

INGENIERÍA: **ingnova** PROYECTOS INGENIERO AGRÓNOMO (Coleg.:1.617) MANUEL CAÑAS MAYORDOMO

Fecha: Febr-24



LEYENDA (m/s)

Alto: 3,02

Medio: 1,51

Bajo: 0,00

NOTA TÉCNICA:	05			
	04			
	03			
	02			
	01			
	00	23/02/2024	Primera edición	MCM
VER.	FECHA	DESCRIPCION		FIRMA

PROYECTO: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO SITO EN EL POLÍGONO 1 PARCELA 102 EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE EL CUERVO DE SEVILLA (SEVILLA) PARA FUTURA IMPLANTACIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV DONATOS)

PLANO: 12.

PAG: 12 de 15

ESCALA: 1:3.500

PLANO DE: T500 AÑOS, MAPA DE VELOCIDADES

DIBUJADO: JPR

CLIENTE: MARCHENA PV, S.L.

INGENIERÍA: **ingnova** PROYECTOS

INGENIERO AGRÓNOMO (Coleg.:1.617) **MANUEL CAÑAS MAYORDOMO**

Fecha: Febr-24



LEYENDA

- ZONA NO PELIGROSA
- ZONA PELIGROSA

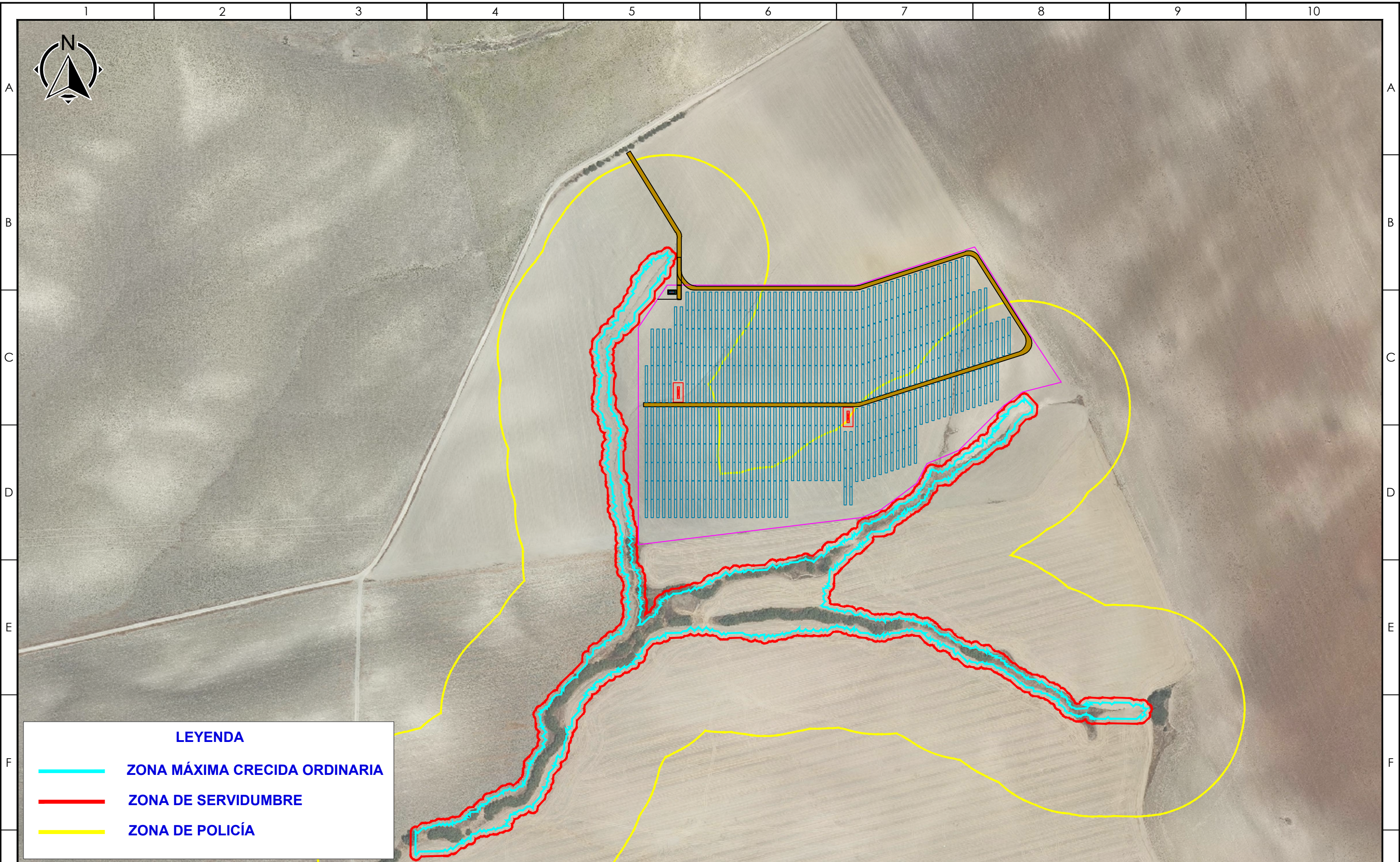
NOTA TÉCNICA:

05			
04			
03			
02			
01			
00	23/02/2024	Primera edición	MCM
VER.	FECHA	DESCRIPCION	FIRMA

PROYECTO: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO SITO EN EL POLÍGONO 1 PARCELA 102 EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE EL CUERVO DE SEVILLA (SEVILLA) PARA FUTURA IMPLANTACIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV DONATOS)

13.	PAG: 13 de 15	ESCALA: 1:2.000	PLANO DE: T500 AÑOS, MAPA DE PELIGROSIDAD
	REV: 00	DIBUJADO: JPR	CLIENTE: MARCHENA PV, S.L.
	REVISADO:	INGENIERÍA: ingnova PROYECTOS	INGENIERO AGRÓNOMO (Coleg.:1.617) MANUEL CAÑAS MAYORDOMO

Fecha: Febr-24



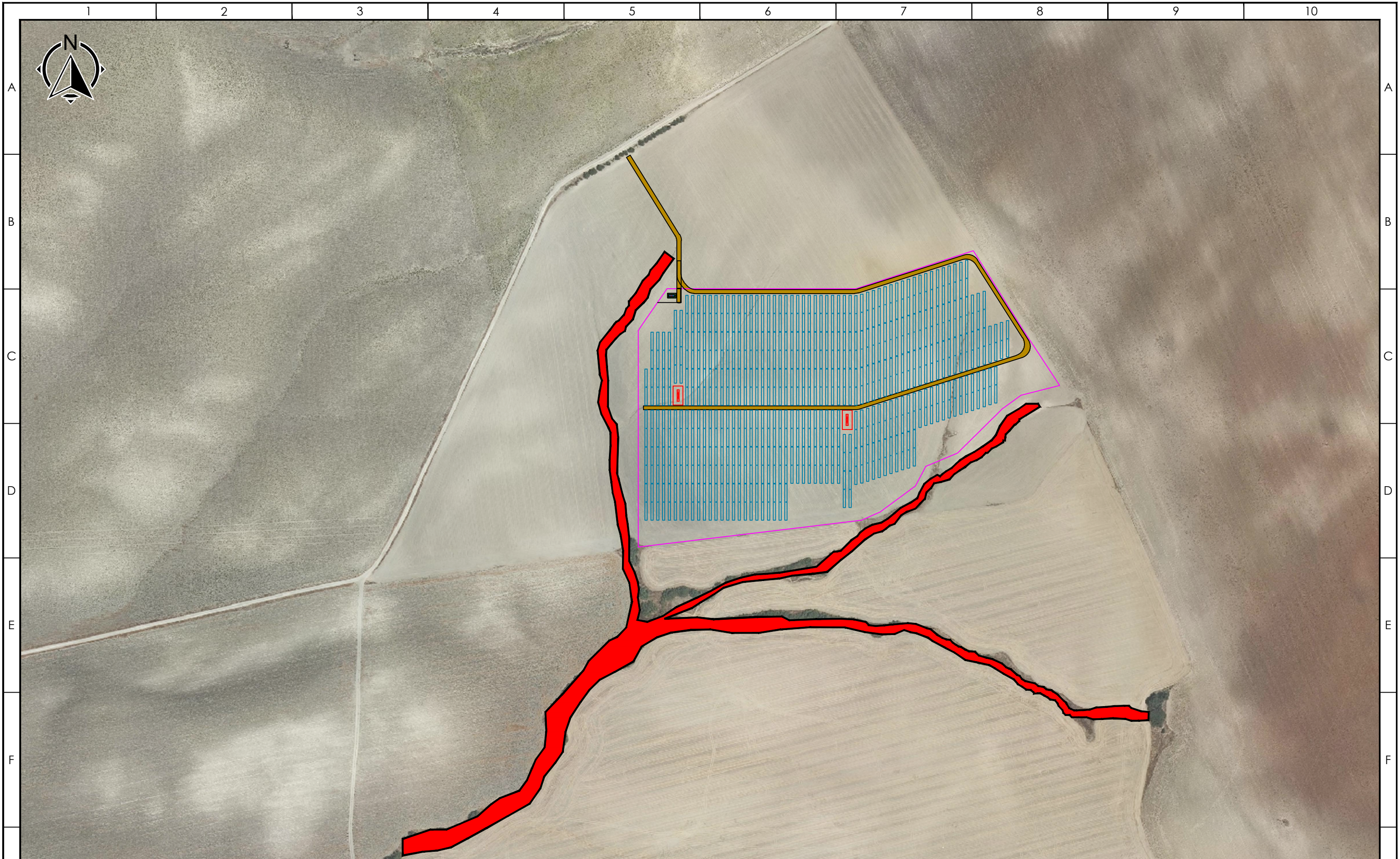
LEYENDA

- ZONA MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA
- ZONA DE SERVIDUMBRE
- ZONA DE POLICÍA

NOTA TÉCNICA:			
VER.	FECHA	DESCRIPCION	FIRMA
05			
04			
03			
02			
01			
00	23/02/2024	Primera edición	MCM

PROYECTO: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO SITO EN EL POLÍGONO 1 PARCELA 102 EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE EL CUERVO DE SEVILLA (SEVILLA) PARA FUTURA IMPLANTACIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV DONATOS)			
PLANO: 14.	PAG: 14 de 15	ESCALA: 1:2.000	PLANO DE: ZONIFICACIÓN. ZONA DE MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA HIDRÁULICO-ZONA DE SERVIDUMBRE-ZONA DE POLICIA
	REV: 00	DIBUJADO: JPR	CLIENTE: MARCHENA PV, S.L.
	REVISADO:	INGENIERIA: ingnova PROYECTOS	INGENIERO AGRÓNOMO (Coleg.:1.617) MANUEL CAÑAS MAYORDOMO

Fecha: Febr-24



NOTA TÉCNICA:			
VER.	FECHA	DESCRIPCION	FIRMA
05			
04			
03			
02			
01			
00	23/02/2024	Primera edición	MCM

PROYECTO: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO SITO EN EL POLÍGONO 1 PARCELA 102 EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE EL CUERVO DE SEVILLA (SEVILLA) PARA FUTURA IMPLANTACIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV DONATOS)			
PLANO: 15.	PAG: 15 de 15	ESCALA: 1:2.000	PLANO DE: ZONA FLUJO PREFERENTE
	REV: 00	DIBUJADO: JPR	CLIENTE: MARCHENA PV, S.L.
		REVISADO:	INGENIERÍA: ingnova PROYECTOS
			INGENIERO AGRÓNOMO (Coleg.:1.617) MANUEL CAÑAS MAYORDOMO

Fecha: Febr-24