



Anexo II. Informe de generación renovable en la Comunidad de Madrid

Verbund



ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN RENOVABLE EN LA COMUNIDAD DE MADRID

TEJO SOLAR, S.L. Y CATALPA SOLAR, S.L.— Calle Jenner nº3, Planta 4

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL DOCUMENTO	3
II. CONTEXTO ELÉCTRICO EN LA ACTUALIDAD	4
GENERACIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID	10
CONSUMO EN LA COMUNIDAD DE MADRID	13
III. SITUACIÓN FUTURA: OBJETIVOS DE ESPAÑA EN 2030	16
RESULTADOS PREVISTOS EN 2030	16
OTROS ELEMENTOS CLAVE RELACIONADOS CON EL PNIEC	19
CRECIMIENTO DE LA DEMANDA ELÉCTRICA	20
IV. OBJETIVOS DEL PNIEC APLICADOS A LA COMUNIDAD DE MADRID	23
CAPACIDAD DE ACOGIDA DE NUEVA GENERACIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID	23
RED DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID	23
DISPONIBILIDAD DEL TERRITORIO POR CRITERIOS AMBIENTALES Y URBANÍSTICOS	25
ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE ACOGIDA DE LA COMUNIDAD DE MADRID	27
V. ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID	29
POTENCIAL PARA AUTOCONSUMO Y GENERACIÓN UBICADA EN MADRID	29
INTEGRACIÓN DE ELECTRICIDAD GENERADA EN OTRAS CCAA	32
VI. CONCLUSIONES	34
BIBLIOGRAFÍA	36
ÍNDICE DE FIGURAS	37
ÍNDICE DE TABLAS	39
ANEXO I	40
ANEXO II	45
ANEXO III	47
ANEXO IV	49

I. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL DOCUMENTO

En Europa, las políticas relacionadas con la transición energética y la descarbonización van ganando cada vez más peso según pasan los años. A raíz del célebre acuerdo COP21, que tuvo lugar en París en el año 2015, los planes de descarbonización de la Unión Europea han derivado en que cada país miembro tiene que establecer una hoja de ruta a nivel nacional para cumplir con las metas acordadas. En el caso de España, esta hoja de ruta se denomina Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC), cuyos propósitos fundamentales son la neutralidad de emisiones y la modernización de la economía española. El PNIEC establece los siguientes objetivos para el año 2030: 23% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con 1990, 42% de participación de las energías renovables sobre el consumo de energía final, 39,5% de mejora de la eficiencia energética y un 74% de generación renovable sobre el total de electricidad producida.

Si bien es cierto que, aunque los objetivos sean a nivel nacional, la responsabilidad y peso que tenga cada comunidad autónoma con el PNIEC será distinta dadas las características propias de cada una de ellas. El presente estudio se elabora con el objetivo de estimar el peso que debería recaer sobre la Comunidad de Madrid para que se cumplan los objetivos del PNIEC. Para ello, se muestra la actual situación energética de la Comunidad de Madrid, la evolución del sector energético y las alternativas que se le presentan a esta comunidad para cumplir con los objetivos de la Unión Europea y del PNIEC con horizonte en 2030.

Para ello, el documento se compone de los siguientes apartados:

Primero de todo, se va a realizar un análisis de la situación energética de España y sus comunidades autónomas, adentrándose en el mix energético existente, la demanda eléctrica, la dependencia energética, entre otros. A continuación, se dará paso a un análisis más en detalle de la Comunidad de Madrid, comunidad autónoma que representando únicamente el 1,59% de la superficie total del país demanda una décima parte de todo el consumo eléctrico nacional. De esta forma, se analizará en profundidad la demanda de energía eléctrica de esta comunidad frente a la generación existente, focalizado en las energías de origen renovable. Se estudiará en este apartado la tendencia de los principales sectores que consumen energía y las expectativas de modificación en la demanda eléctrica a nivel nacional y regional.

A continuación, se repasarán los objetivos del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2021-2030) y de la UE, junto con los beneficios previstos de su desarrollo. Después, se analizará la capacidad de la Comunidad de Madrid para asumir su compromiso correspondiente con estos objetivos. Por un lado, se revisará la capacidad de acceso actual de la red de transporte y los refuerzos en la red que se están llevando a cabo para favorecer la integración de renovables. Por otro lado, se analizarán algunos de los distintos condicionantes medioambientales, técnicos y demográficos, que hacen la situación de esta comunidad autónoma tan particular, con el fin de determinar la capacidad real de acogida con la que cuenta la Comunidad de Madrid.

Por último, y teniendo en cuenta todo lo anterior, se evaluarán las distintas alternativas de generación renovable en la Comunidad de Madrid para que se pueda cumplir a nivel nacional con los objetivos del PNIEC. En concreto, se evaluarán las distintas posibilidades de generación renovable en la Comunidad, desde las grandes instalaciones hasta el aprovechamiento de todo el potencial existente para autoconsumo.

Ante la indefinición de objetivos concretos en materia de generación renovable en la Comunidad de Madrid, queda pendiente establecer un criterio de capacidad instalada en la comunidad en el año 2030, por lo que las conclusiones de este informe se desarrollan tomando como hipótesis un escenario mínimo y uno máximo marcado por el análisis previo de la capacidad de acogida obtenida.

II. CONTEXTO ELÉCTRICO EN LA ACTUALIDAD

[1] En España, la dependencia energética siempre ha sido muy alta, superando ampliamente los niveles alcanzados por la media de países de la Unión Europea. Gracias a la mayor generación con energías renovables, la dependencia ha ido disminuyendo año tras año hasta los años 2012 y 2013, cuando la dependencia se redujo al 70,1%. Debido a la moratoria renovable esta disminución se interrumpió, manteniéndose en el entorno del 73% los años siguientes, a excepción de 2016. En 2017, debido a la fuerte sequía, la dependencia se disparó hasta el 73,7%. En 2020, por la disminución de la demanda energética con la pandemia y el incremento de producción renovable, se alcanzó la menor dependencia de la serie histórica analizada: el 68,8% (Figura 1).

Las energías renovables, fuentes de energía limpias, autóctonas e inagotables, resultan nuestra principal herramienta para solucionar la dependencia energética. Un problema que viene afectando a nuestro país desde hace tiempo. Los objetivos marcados por la Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2021-2030) permitirán reducir la dependencia energética gracias a la introducción masiva de energías renovables y el incremento de la mejora en eficiencia energética.

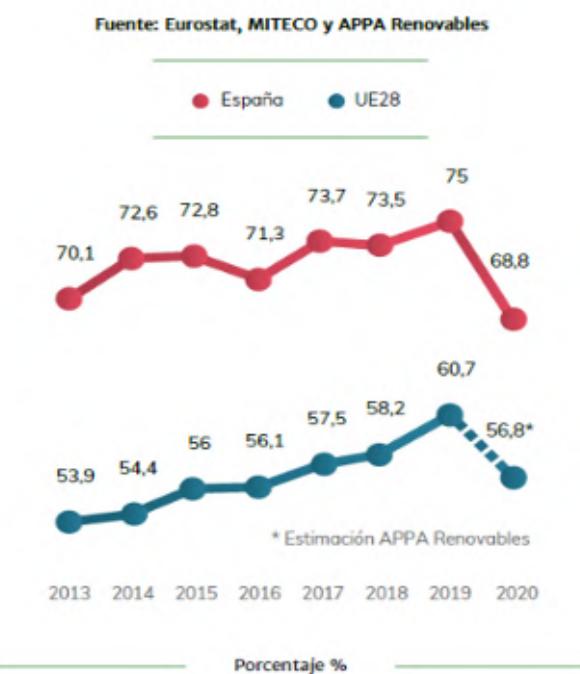


Figura 1. Dependencia energética de España frente a la UE (%). Fuente: Appa Renovables [1].

[1] El gran caballo de batalla de la Transición Energética serán los sectores difusos. Para cumplir los objetivos marcados para 2030 por el PNIEC, implica más que duplicar la presencia actual de energías renovables. Esto no se alcanzará trabajando sobre un **sector eléctrico** que, únicamente **representa en 2021 el 24,1% de la energía final**, quedando el resto del consumo en el transporte, industria y residencial, tal y como se comentará en los siguientes apartados. Habrá que trabajar en la descarbonización, pero también habrá que impulsar las renovables en el transporte y la climatización, únicas vías para actuar sobre ese 75,9% restante, sobre esa energía final que no es eléctrica.

[2] Tras la importante incorporación de potencia renovable de los últimos años, el sistema eléctrico español cuenta a **diciembre de 2021** con una **potencia instalada total de 112.123,454 MW**, 1,27 GW más que en 2020. La mayor parte de la potencia corresponde a la eólica, con un 25%, los ciclos combinados de gas, con un 23,4%, a continuación, tendríamos la hidráulica con un 15,2%. Las **energías renovables** representan en su conjunto el **56,3% de la potencia instalada con 63.169 MW**.

El descenso en la demanda eléctrica, unido a un descenso de la producción eléctrica no renovable han impulsado a la generación renovable a unas buenas cifras de producción.

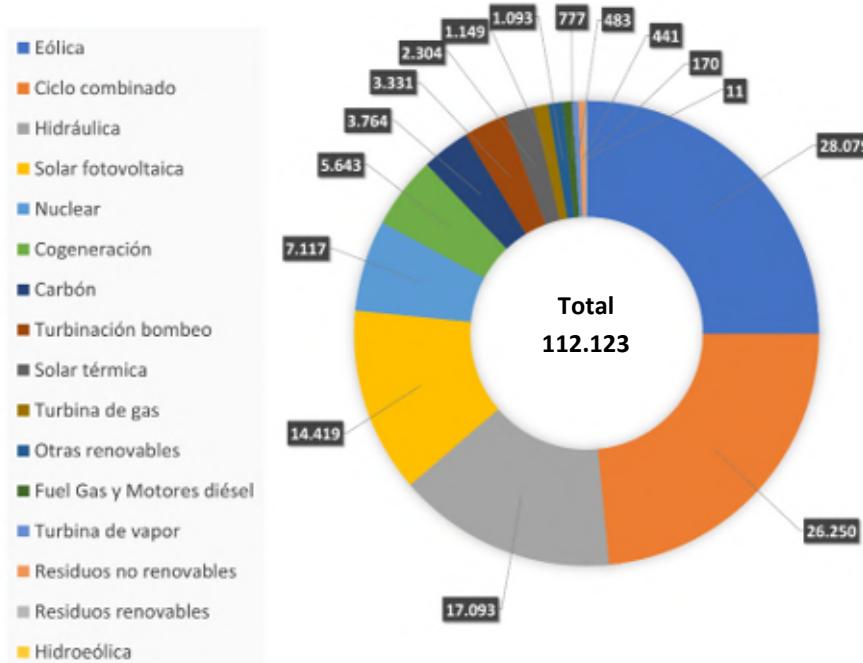


Figura 2. Potencia instalada en España a diciembre de 2021 (MW). Fuente: Elaboración propia y REE [2].

A pesar de lo anterior comentado, la producción de electricidad en España en los últimos años ha estado predominada principalmente por fuentes no renovables, tal y como puede observarse en la figura siguiente. En el año 2021, en el periodo enero-octubre (último dato registrado), la **energía eléctrica** generada a partir **de fuentes renovables** ha marcado un récord, aportando el **46,61% de la electricidad**. Una mejora en la eólica y fotovoltaica respecto a 2020 y la incorporación de la nueva potencia renovable están detrás de este récord en un año marcado por un fuerte descenso del consumo.

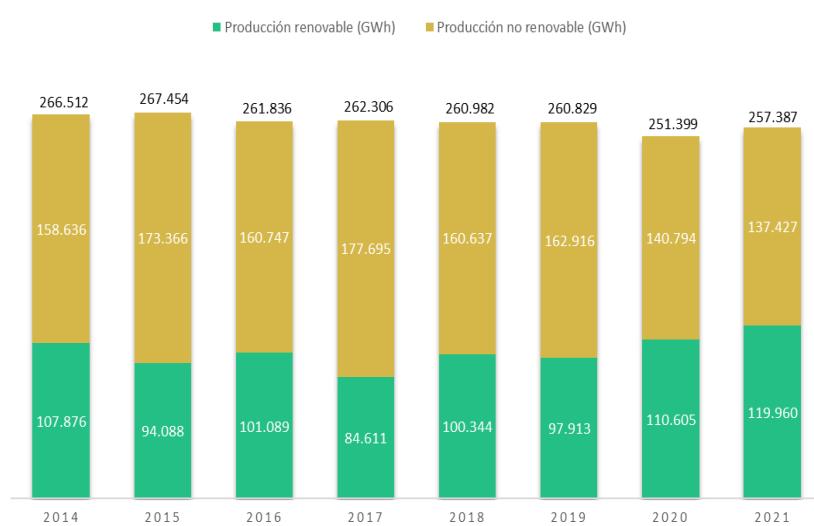


Figura 3. Producción de electricidad en España (GWh). Fuente: Elaboración propia y REE [3].

A continuación, se va a hacer referencia a la situación de 2020 ya que no se ha publicado aún el documento anual del “Sistema Eléctrico Español en 2021 (REE)”. Se consideran los siguientes datos equiparables a la situación del 2021 pues, según los datos actuales de REE, la variación de la demanda de 2021 vs 2020 es únicamente del 1,5% y de la generación, tal y como indica la anterior figura, del 2,33%.

Según el último documento publicado por REE, la demanda eléctrica en 2020 descendió de manera generalizada en las comunidades autónomas debido a la pandemia. En la siguiente figura, se muestra la demanda eléctrica por comunidad autónoma y la variación con respecto al año 2019.

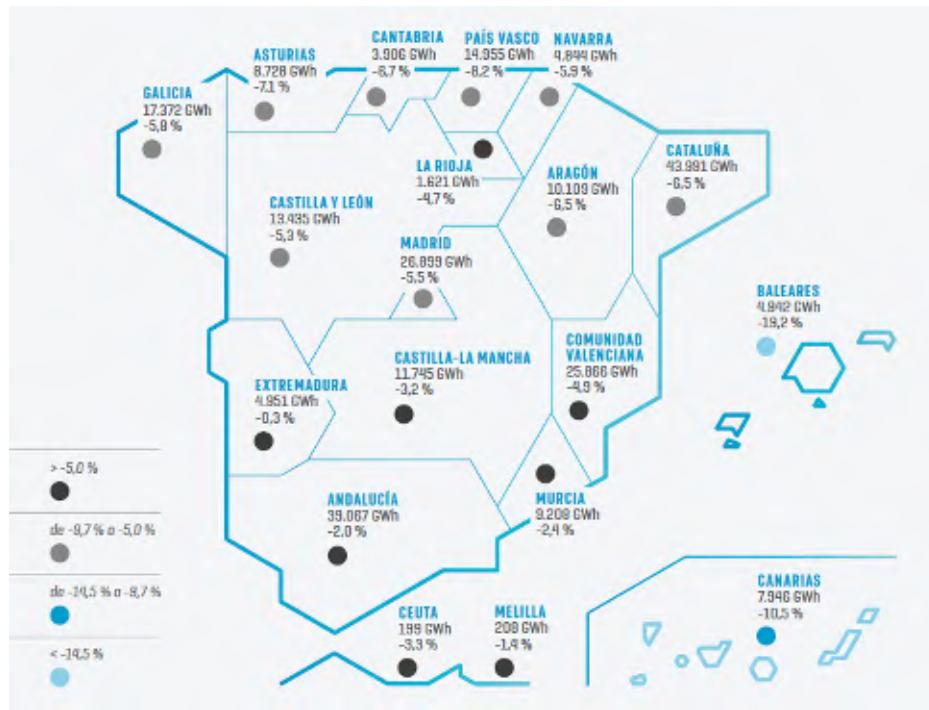


Figura 4. Demanda eléctrica por comunidades autónomas (GWh) y variación respecto al año anterior (%). Fuente: REE [3].

[3] Entre los aspectos más relevantes de la generación eléctrica por comunidades autónomas durante el 2020, cabe destacar el importante avance de cada comunidad autónoma en el objetivo hacia la descarbonización:

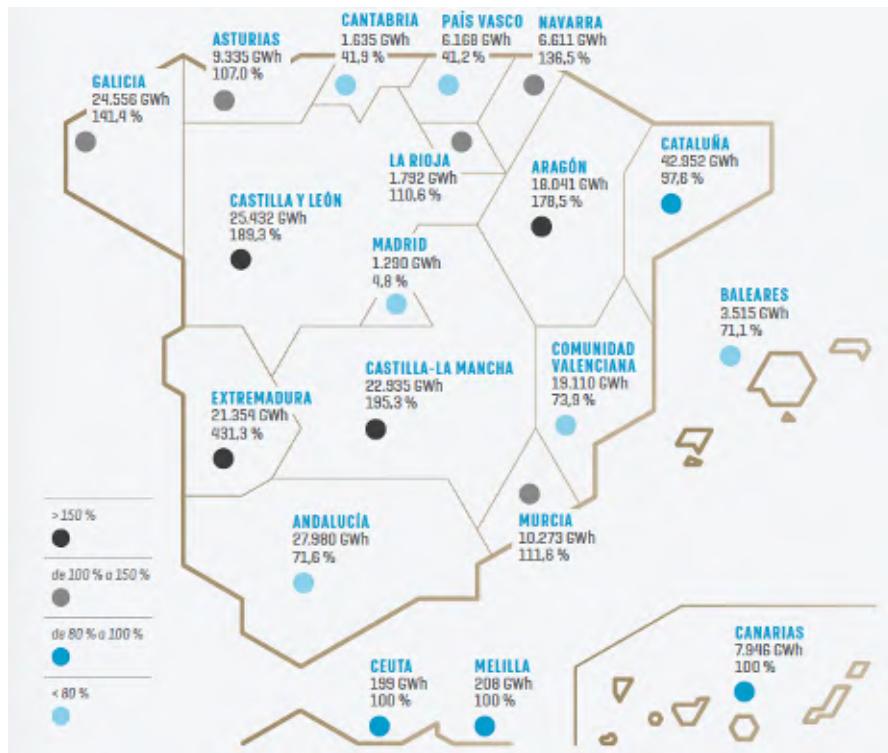


Figura 5. Ratio generación/demanda (%) y generación en GWh en 2020. Fuente: REE [3].

Durante el 2020, nueve comunidades autónomas generaron más energía eléctrica de la que consumieron, entre las que destaca Extremadura, donde la energía generada fue cuatro veces superior a su demanda. Le sigue Castilla-La Mancha, produciendo casi el doble de la cantidad que necesita para satisfacer su demanda. Por otro lado, se encuentra la Comunidad de Madrid, mostrándose con la menor ratio generación/demanda de todo el país, apenas superando el 5% de independencia energética.

Es cierto que la Comunidad de Madrid presenta una demanda eléctrica elevada, únicamente menor que la de Cataluña y Andalucía. Aun así, estas dos comunidades autónomas que le superan en demanda eléctrica tienen un autoabastecimiento superior al 70%.

Siguiendo desde el punto de vista de las comunidades Autónomas y los esfuerzos hacia la descarbonización, la mayor parte de la potencia renovable instalada se ubica en Castilla y León, Andalucía, Galicia y Castilla-La Mancha, que suman el 57,6 % de la potencia instalada renovable nacional. Del conjunto del sistema eléctrico nacional, destaca Castilla y León por ser la Comunidad autónoma que cuenta con más potencia instalada renovable ya que el 95 % de su parque de generación es renovable, seguida de Castilla-La Mancha con un 75 % de potencia renovable.

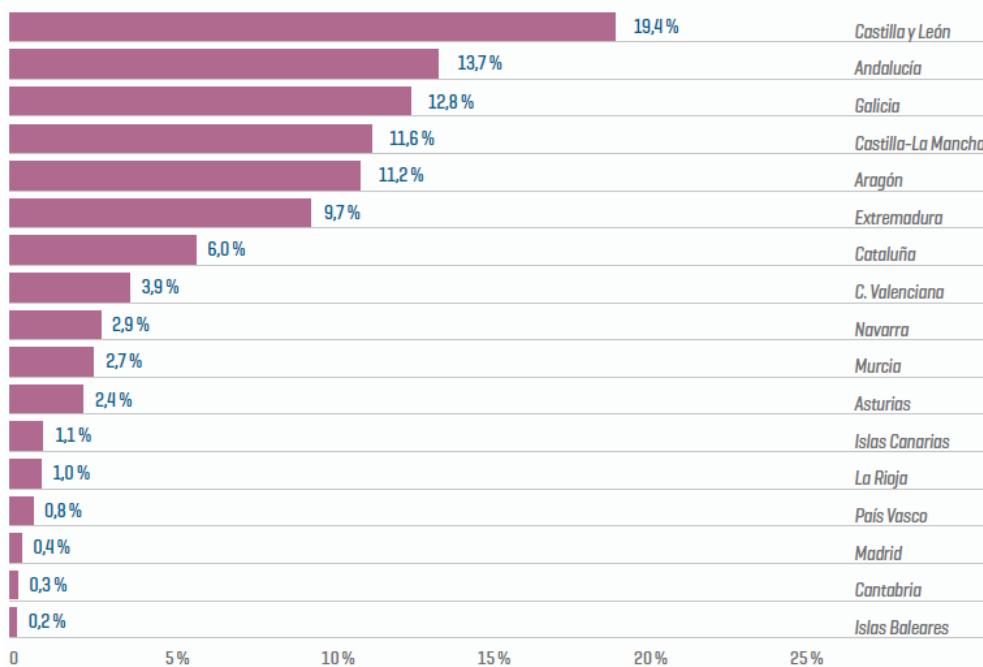


Figura 6. Participación de la potencia renovable de cada comunidad autónoma sobre el total renovable a 31.12.2020. Fuente: REE [4].

[4] La mayor variación de la potencia instalada renovable se ha producido en solar fotovoltaica que en el 2020 tuvo un crecimiento del 33,4 % respecto al año anterior. El mayor incremento se ha registrado en Extremadura que terminó el 2020 con más del doble de potencia instalada solar fotovoltaica que en el 2019, convirtiéndose en la tecnología líder en su estructura de potencia instalada con un peso del 32,9 %.

En el 2020 Andalucía se situó como la segunda comunidad autónoma con mayor capacidad instalada de generación renovable con 8.230 MW a 31 de diciembre del 2020, lo que supone un incremento del 11,8 % respecto al 2019. Este aumento de potencia instalada renovable radica fundamentalmente en el crecimiento del 46 % de potencia instalada solar fotovoltaica en esta comunidad.

En el 2020 las comunidades autónomas de Andalucía, Castilla-La Mancha y Navarra han tenido una generación renovable entorno al 50 % de su mix energético. Con una producción renovable superior al 60 % se sitúan La Rioja y Aragón. En Galicia las fuentes de generación renovables han producido el 76 % del mix, anotando la cuota más alta en esta comunidad desde que se tienen registros.

Por último, Castilla y León sigue siendo la Comunidad autónoma con mayor generación de energía renovable, ya que en el 2020 el 87 % de su producción fue de origen renovable, siendo la eólica la tecnología líder al aportar el 49,4 % del total.

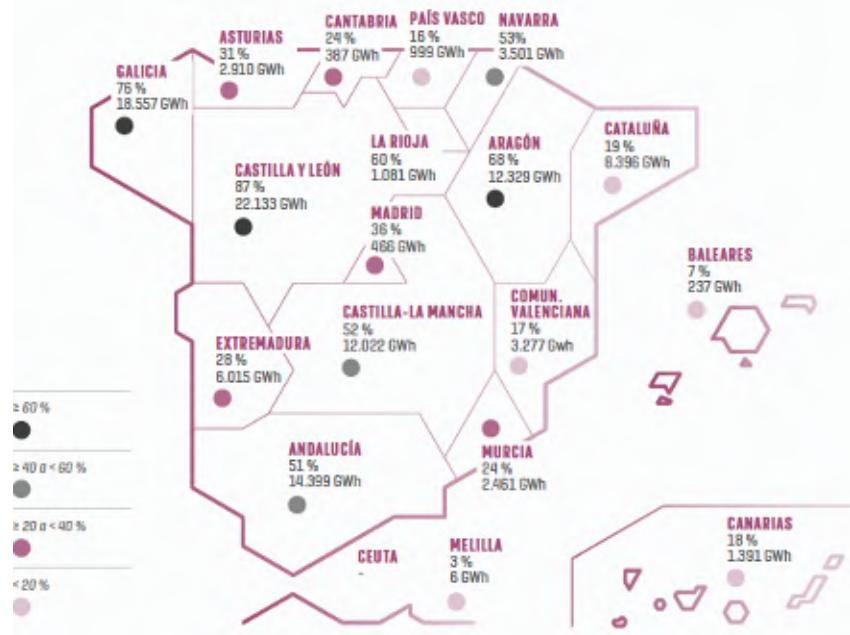


Figura 7. Ratio generación renovable/generación (%) y generación renovable (GWh) en el 2020. Fuente: REE [4].

Teniendo en cuenta todo lo anterior y la superficie que ocupa cada comunidad autónoma, se ha calculado la ratio entre la participación de potencia renovable de cada CCAA sobre el total y la superficie que supone cada CCAA con respecto al resto de superficie peninsular. En figura siguiente, puede comprobarse que Galicia cuenta con la mayor ratio de potencia renovable / superficie total, es decir, tiene instalado el 12,80% de la potencia renovable total y cuenta con únicamente el 5,84% de la superficie peninsular. En cambio, la **Comunidad de Madrid** cuenta con el 0,4% de la potencia renovable total y ocupa el 1,59% de la superficie nacional, quedando de esta forma como la Comunidad de **menor ratio de participación de renovables por superficie**.

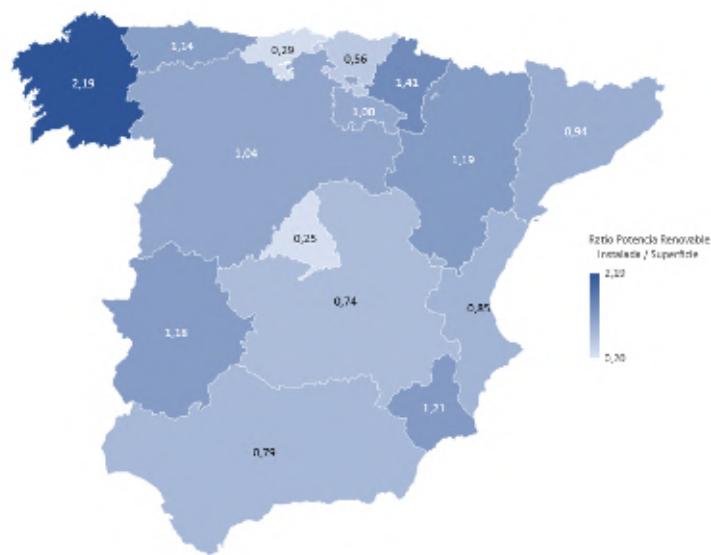


Figura 8. Ratio entre la potencia renovable instalada y la superficie total de cada Comunidad Autónoma en la Península Ibérica. Fuente: Elaboración propia y REE [3].

[1] Las ambiciosas **metas** marcadas en materia de energía y clima, comentadas en el apartado III del presente documento, **solo podrán ser alcanzadas si se aumenta el porcentaje de renovables en usos térmicos y transporte** y, a corto plazo, si se **aumenta la electrificación mediante renovables de nuestra economía**.

La electrificación de la economía consistirá en la gradual sustitución de los combustibles fósiles por electricidad, tanto en usos térmicos para climatización, en usos industriales y su uso en el transporte. Sin embargo, en los últimos años el consumo de electricidad se ha estancado, tras unos años 2007-2015 de crecimiento. En 2020, la electricidad superó el 25% de la energía y en 2021 alcanzó el 24%, pero, debido al fuerte retroceso del consumo energético asociado al transporte, especialmente en 2020, no se puede confiar en que este porcentaje se mantendrá en el futuro. Por ello, a pesar de haber alcanzado el 25,7% en 2020, será necesario que los esfuerzos en electrificación se incrementen durante los próximos años, esfuerzos que deberán combinarse con una mayor presencia de renovables en todos los niveles, tanto en el sistema eléctrico como en el resto de usos energéticos.



Figura 9. Participación de la electricidad en el consumo final de energía. Fuente: Elaboración propia y Appa Renovables [1].

De todo lo anterior puede concluirse que prácticamente todas las comunidades autónomas han aportado su granito de arena hacia la transición energética y la electrificación de la economía. Los datos expuestos con anterioridad muestran la deficiencia no solo energética, sino también renovable, de la Comunidad de Madrid, una de las comunidades con mayor consumo energético de la nación. Cabe destacar que **por mucho que el resto de comunidades autónomas fomenten las renovables por encima de su consumo, el resultado nacional** en cuanto a dependencia energética, **será casi despreciable** ya que la parte del consumo que se conseguiría cubrir con esa “generación adicional” es muy pequeña comparada con el consumo eléctrico de la Comunidad de Madrid.

Estas últimas afirmaciones y especialmente la Figura 8, muestran que muchas comunidades autónomas están llegando al límite de capacidad de integración de renovables, excepto la Comunidad de Madrid, con uno de los mayores consumos de España y con la menor ratio de potencia instalada por superficie. Esto lleva a estudiar en más profundidad la situación actual del mercado energético en la Comunidad de Madrid y la capacidad de integración de renovables que tiene.

GENERACIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Tal y como se ha comentado en el anterior apartado, la Comunidad de Madrid es la Comunidad autónoma más deficitaria del país, en cuanto a la generación y el consumo eléctrico se refiere, situándose en una ratio generación/consumo de 4,8% (Figura 5) en 2020 que obliga a importar de otras comunidades autónomas y de la UE la mayor parte de la energía para cubrir la demanda existente.

La Comunidad de Madrid se caracteriza por tener una elevada población (superior a 6,7 millones de habitantes), con una alta densidad demográfica (14,3% del total de la población nacional), un territorio reducido, una importante actividad económica que aporta casi la quinta parte del PIB nacional, el PIB per cápita más alto de España (más de un 35,9% superior a la media nacional en 2019, y un escaso potencial en recursos energéticos.

Las principales fuentes de energía eléctrica en el año 2020 según Red Eléctrica [2] fueron la cogeneración, la energía hidráulica, otras renovables (biomasa, biogás y geotérmica), la energía solar fotovoltaica y, el tratamiento de residuos. **Más de la mitad de generación de energía eléctrica en la Comunidad de Madrid en 2020 provino de la cogeneración.** En el siguiente gráfico se recogen las diferentes fuentes de generación eléctrica de Madrid y sus correspondientes porcentajes de peso con respecto a la totalidad de generación.

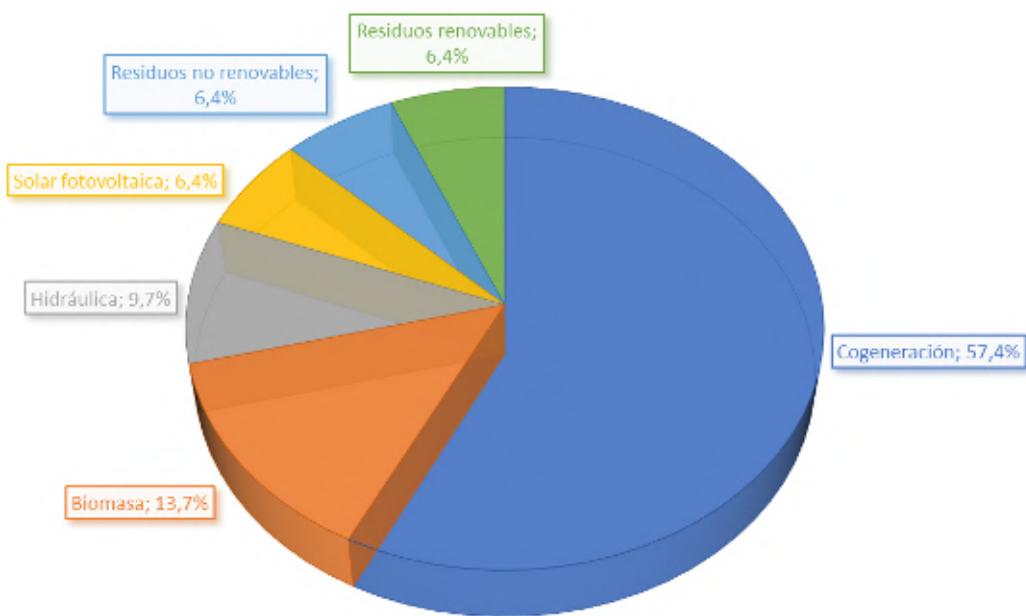


Figura 10. Generación de energía eléctrica en la Comunidad de Madrid en 2020. Fuente: Elaboración propia y REE [2].

[2] Esta generación proviene de 457 MW totales instalados en la Comunidad de Madrid en 2021. El 46% de la potencia proviene de la cogeneración, el 23,7% de Hidráulica y el 13,9% de fotovoltaica, tal y como puede observarse en la siguiente figura. **En total, hay instalados 232 MW (50%) de potencia renovable.**

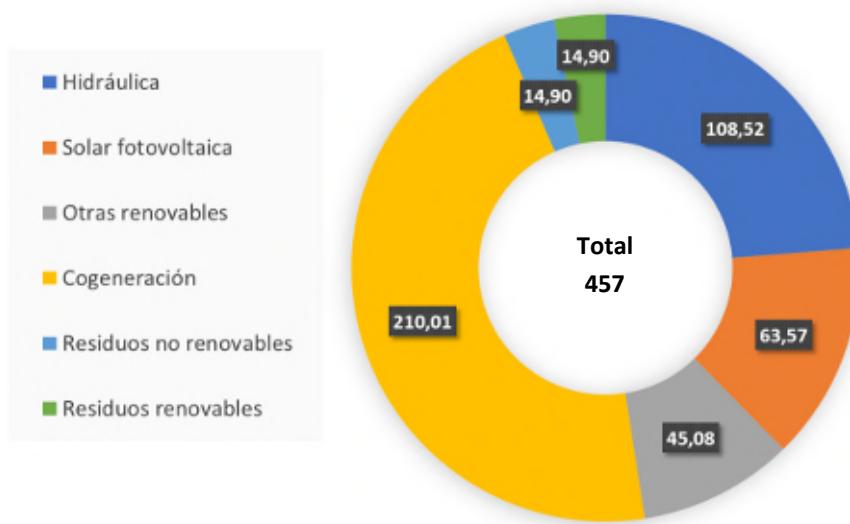


Figura 11. Potencia instalada en la Comunidad de Madrid a diciembre de 2021 (MW). Fuente: E. propia y REE [2].

La producción de electricidad experimentó un fuerte crecimiento, especialmente en el periodo 2000 – 2012 en donde se incrementó en un 54,1%, v. Durante el periodo 2000-2020 el incremento más importante se ha dado en la cogeneración y en la solar fotovoltaica, aunque la primera de ellas en algunos años ha sufrido cierto retroceso.

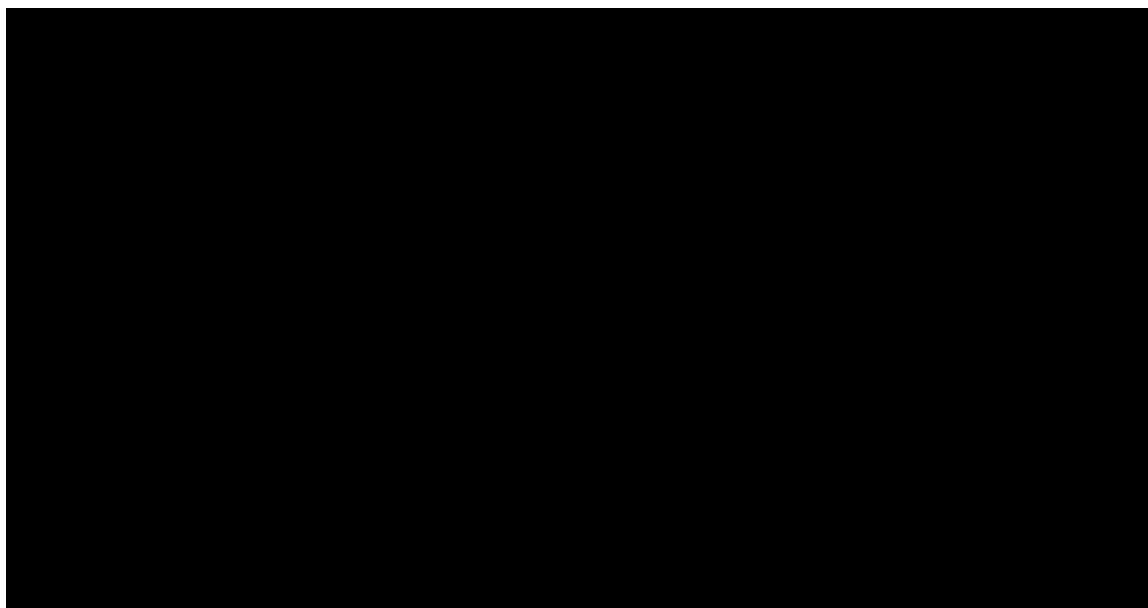


Figura 12. Evolución de la energía eléctrica producida en la Comunidad de Madrid. Fuente: Fundación de la Energía [6] y Red Eléctrica [2].

En 2020 la Comunidad de Madrid generó 1.290,473 GWh. En la siguiente tabla se refleja la generación eléctrica de la Comunidad de Madrid desde el año 2000 hasta el 2020, último dato anual registrado por Red Eléctrica [2]. La Comunidad de Madrid el último año únicamente incrementó su producción con respecto al año 2000 en un 14,38%.

Tabla 1. Generación eléctrica (GWh) en la C. Madrid. Fuente: Fundación de la Energía [6] y Red Eléctrica [2].

Unidades (GWh)	2000	2004	2008	2012	2014	2016	2018	2019	2020
Cogeneración	569,87	918,77	1325,82	1604,94	1093,22	802,47	790,84	883,88	741,26
Tratamiento de residuos	46,52	290,75	267,49	267,49	267,49	244,23	255,86	267,49	82,59
RSU	232,6	232,6	220,97	186,08	139,56	186,08	220,97	232,6	82,59
Biomasa	69,78	162,82	162,82	186,08	197,71	209,34	209,34	209,34	177,33
Hidráulica	186,08	255,86	104,67	81,41	232,6	174,45	151,19	116,3	124,57
Solar fotovoltaica	0	0	23,26	81,41	93,04	93,04	93,04	93,04	82,14
Total	1.104,85	1.860,80	2.105,03	2.407,41	2.023,62	1.709,61	1.721,24	1.802,65	1.290,47

Según el informe de REE [4] el **36% de la generación eléctrica de la Comunidad de Madrid en 2020 provino de energías renovables**, sumando un total de 466 GWh (Figura 7) de generación eléctrica sobre 1.290 GWh (Figura 5), **suponiendo el 0,4% del total de energía renovable generada en España** y el 0,51% del total de energía eléctrica producida en España en 2020 (1.290 GWh sobre 251.33 GWh – Figura 3 – producidos a nivel nacional). Adicionalmente, en 2021 parece que el porcentaje de generación eléctrica a partir de fuentes renovables ha aumentado, en concreto, en el periodo enero-septiembre de 2021, y según REE [2], el 39,7% de la generación eléctrica en Madrid provino de energías renovables.

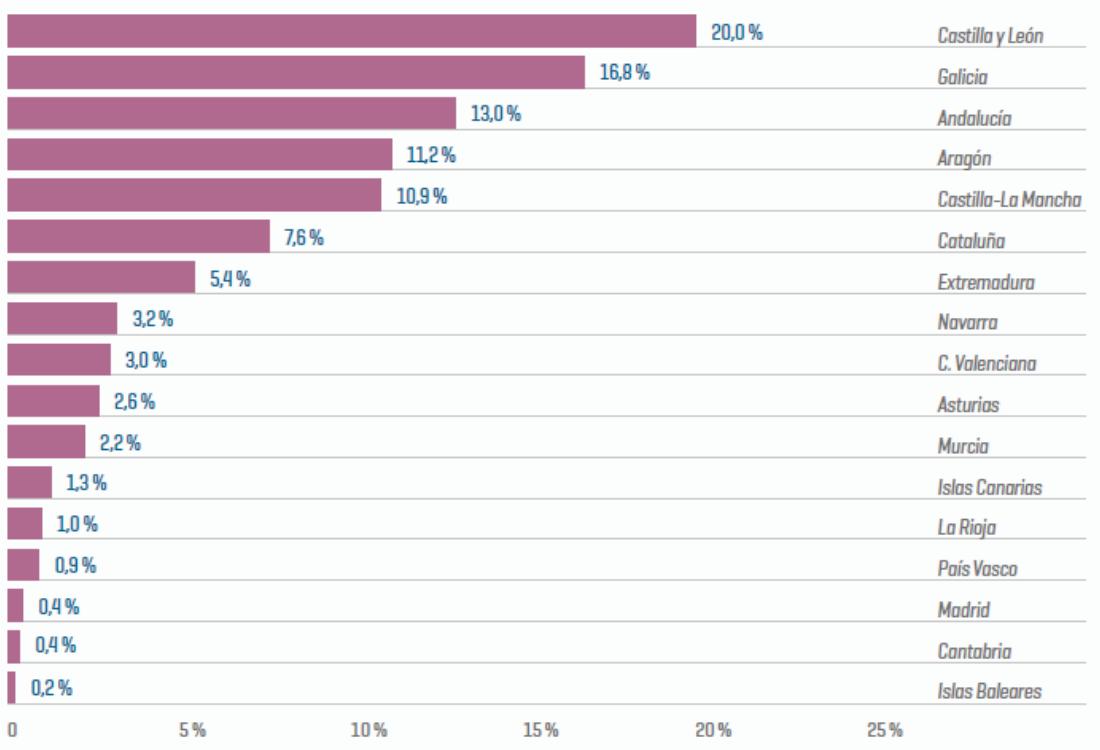


Figura 13. Participación de la generación renovable de cada comunidad autónoma sobre el total renovable a 31.12.2020. Fuente: REE [4].

Conociendo la potencia total instalada en la Comunidad de Madrid, el porcentaje que proviene de renovables y la generación total tanto renovable como no renovable, a continuación, se va a estudiar el consumo de la Comunidad de Madrid y la evolución esperada de dicho consumo teniendo en cuenta los sectores que más demandan electricidad en la Comunidad.

CONSUMO EN LA COMUNIDAD DE MADRID

El consumo de energía final de la Comunidad de Madrid en el año 2020 fue de 26.899 GWh, representando un 10,34% del total nacional. A continuación, se ha elaborado el siguiente mapa que representa por colores la ratio entre porcentaje de demanda eléctrica que tiene cada CCAA sobre el total y el porcentaje de superficie nacional que suponen. Puede observarse que la ratio de Madrid está muy por encima de la media del resto de comunidades autónomas, en concreto, **Madrid consume por superficie, cuatro veces por encima de la media nacional**. Teniendo en cuenta la poca superficie con la que cuenta sobre todo el territorio nacional, demanda una décima parte de la electricidad.

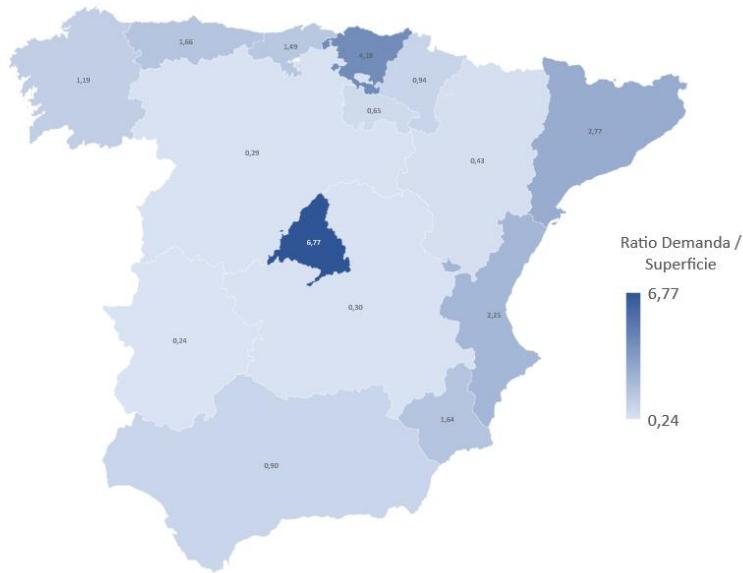


Figura 14. Ratio entre la demanda eléctrica en 2020 y la superficie total de cada Comunidad Autónoma en la Península Ibérica. Fuente: Elaboración propia y REE [3].

En cuanto a la fuente energética final consumida en la Comunidad de Madrid, los derivados del petróleo suponen un 58,0% del consumo, la electricidad un 21,1%, el gas natural un 19,0%, y el resto de fuentes poco más de un 1,9%. De primeras se puede afirmar que, con un peso tan alto en los productos petrolíferos y con el fin de reducir las emisiones en la Comunidad de Madrid, son imprescindibles medidas de eficiencia, ahorro y de electrificación del consumo en esta comunidad.

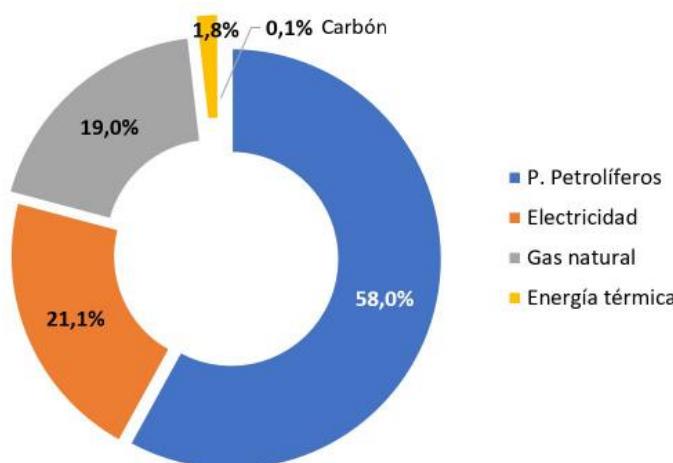


Figura 15. Sectorización por productos de la energía consumida en la Comunidad de Madrid en el año 2019. Fuente: Fundación de la Energía [5].

De esta forma, centrando el estudio en la demanda eléctrica y pese a su pequeña extensión territorial, como se ha comentado anteriormente, Madrid es de las CCAA que más energía eléctrica consume en el territorio nacional. En concreto, y teniendo en cuenta los datos reflejados por el informe de REE, en 2020 el consumo de la **Comunidad de Madrid supuso un 10,76% del consumo eléctrico total nacional**, siendo únicamente mayor el de Cataluña y Andalucía.

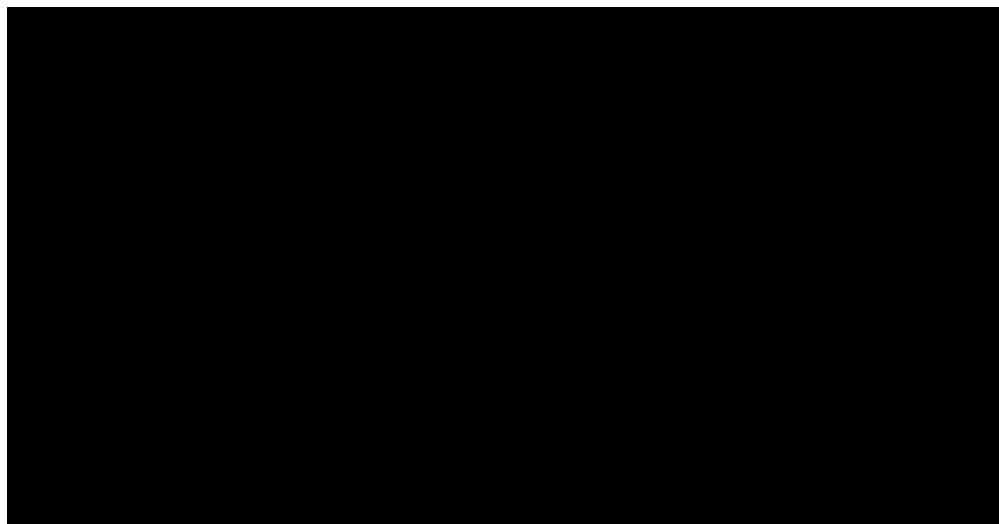


Figura 16. Porcentaje de demanda eléctrica por comunidades autónomas. Fuente: Elaboración propia y REE [3].

La electricidad es uno de los grandes vectores en la satisfacción de la demanda energética de la Comunidad de Madrid. En los últimos años se observa un fuerte crecimiento del consumo eléctrico final hasta el año 2008, en el que se registra un cambio de tendencia con reducción de consumos en el periodo sucesivo hasta 2013. El incremento total en el consumo eléctrico en ese periodo ha sido de 4.972.589 MWh, lo que representa un 22,8% de aumento respecto al valor del año 2000. La tasa de crecimiento media compuesta (CAGR) ha sido del 1,1.



Figura 17. Evolución del consumo eléctrico final en la Comunidad de Madrid. Fuente: Fundación de la Energía [5].

Teniendo en cuenta que en el año 2019 se generaron 1.802,65 GWh y la demanda eléctrica fue de 26.727,38 GWh, la ratio generación/consumo de la Comunidad de Madrid en 2019 se situó en un 6,7%. En cambio, y acorde con los datos aportados por REE, en 2020 la ratio generación/consumo eléctrico de la Comunidad de Madrid fue de 4,8%, dos puntos por debajo del año anterior a pesar de la disminución generalizada de demanda eléctrica ese año. De esta forma, para abastecer la demanda en 2020, la Comunidad tuvo que importar 25.609 GWh a través de redes de distribución debido al insuficiente autoabastecimiento eléctrico del que dispone.

La alta densidad demográfica y el fuerte peso del sector servicios en la economía de la Comunidad de Madrid, unido a la ausencia de industria muy intensiva en energía, justifica que **el mayor demandante de energía eléctrica sea el sector servicios con un 45,3% de la energía eléctrica**; seguido del sector Doméstico con un 32,7% y la Industria con un 13,6%; mientras que la demanda en Transporte, con un 7,0%, el sector Energético, con un 1,0%, y la Agricultura y Otros, con un 0,4%, tienen un peso mucho menor.

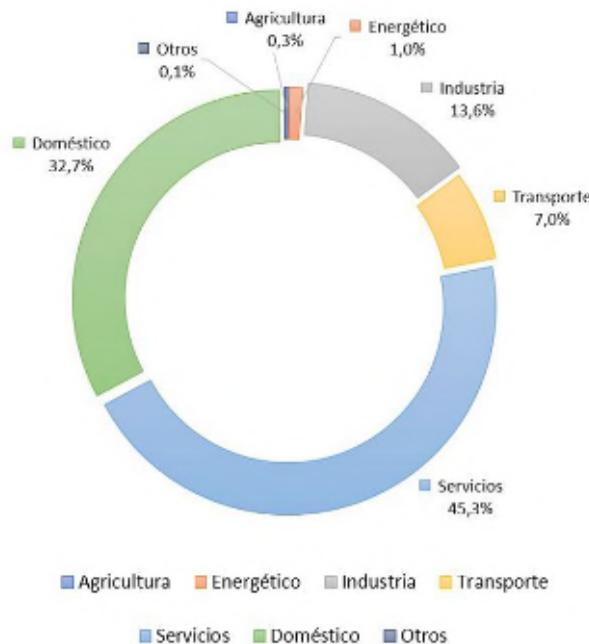


Figura 18. Sectorización por actividades del consumo eléctrico en la Comunidad de Madrid en el año 2019. Fuente: Fundación de la Energía [5].

[1] Debido a las metas marcadas por la Unión Europea y las tecnologías presentes en cada uno de los sectores demandantes de energía, está habiendo y será necesaria para cumplirlas, una **electrificación de la economía**. Para combatir el cambio climático, la Unión Europea ha marcado como objetivo alcanzar la neutralidad de carbono en 2050. Para lograrlo es necesario el desarrollo de las energías renovables y el aumento del número de vehículos, productos y procesos que funcionan con electricidad.

Además de fomentar la producción de electricidad basada en energías renovables, la descarbonización requiere la electrificación de la demanda de energía, es decir, que hogares y empresas haga un mayor uso de la electricidad en vez de emplear tecnologías con emisiones de CO₂. La electricidad es por tanto el vector energético clave para ayudar a combatir el cambio climático y proteger el medioambiente.

III. SITUACIÓN FUTURA: OBJETIVOS DE ESPAÑA EN 2030

[7] En Europa, las políticas relacionadas con la transición energética y descarbonización van ganando más y más peso según pasan los años. A medida que lo científico esgrimen como nuestro modelo económico y social es insostenible desde un punto ecológico-ambiental para la continuidad de nuestro planeta, se están desarrollando distintas hojas de ruta y políticas que intentan ayudar a frenar esta situación. En 2015 tuvo lugar el acuerdo COP21 de París, cuyo objetivo fue la definición de objetivos fundamentales para evitar que el aumento de la temperatura media mundial no supere los 2ºC. Los países firmantes de dicho acuerdo se comprometieron a poner en marcha políticas y medidas nacionales para alcanzar los objetivos de emisiones establecidos. A raíz de este acuerdo, en España se materializó el PNIEC.

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) representa una hoja de ruta para la próxima década, diseñada en coherencia con la neutralidad de emisiones a la que aspiramos en 2050 y desde un punto de vista coste-eficiente. La senda que se ha trazado para lograr los objetivos a 2030 se ha basado en el criterio de neutralidad tecnológica, dentro de una trayectoria coste-eficiente de las diferentes tecnologías capaces de lograr los objetivos de descarbonización asumidos por el Plan.

Por otro lado, el PNIEC tiene como objetivo la modernización de la economía española, la creación de empleo, las energías y tecnologías limpias, el desarrollo rural, la salud y el medio ambiente, y la justicia social. Este marco está determinado por las políticas de la Unión Europea (UE) que a su vez está dependiendo de las directrices del acuerdo de París alcanzado en 2015. Este acuerdo fue ratificado por la UE en 2016 y entró en vigor en España en 2017, estableciendo así un compromiso renovado con las políticas de energía y cambio climático.

[9] Los objetivos globales, generales y específicos, del plan tienen cinco dimensiones:

1. Descarbonización
2. La eficiencia energética
3. Seguridad energética
4. Mercado interior de la energía
5. Investigación, innovación y competitividad

Algunos de los elementos clave que ayudarán al PNIEC 2021-2030 a cumplir su fin son: directivas a nivel europeo como el conocido “green deal” y “fit for 55”, o a nivel nacional como, el proyecto de ley de cambio climático y transición energética, la estrategia de transición justa y pobreza energética, y la próxima estrategia a largo plazo para la modernización, innovación y neutralidad climática de la economía española en 2050. Todas ellas, en su conjunto, ayudarán a adquirir los niveles de descarbonización para 2030-2050, ganar en prosperidad, seguridad energética, desarrollo tecnológico y justicia social, empleo industrial, menor dependencia de la generación externa, salud, entre otros. Se debe hacer una observación especial a la importancia de la neutralidad tecnológica y su rentabilidad. Para abordar este punto, la modelización energética es necesaria a la hora de plantear la evolución de las diferentes tecnologías, minimizando los costes globales y respetando los límites y objetivos del PNIEC.

RESULTADOS PREVISTOS EN 2030

Los resultados previstos por el PNIEC para 2030 son:

- Objetivo 1: **23% de reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)** en comparación con 1990.
- Objetivo 2: **42% de participación de las energías renovables sobre el consumo** de energía final.
- Objetivo 3: **39,5% de mejora de la eficiencia energética.**

- Objetivo 4: **74% de generación renovable** sobre el total de electricidad producida.

[8] El PNIEC planea tener un 42% de consumo final de energía renovable. Este objetivo se debe a la alta penetración de las renovables eléctricas y térmicas en los diferentes sectores de la economía. Para dicha penetración, los principales impulsores serán: una mayor flexibilidad, clientes de potencia y, el nuevo marco regulatorio, entre otros. El ahorro y la eficiencia del sistema eléctrico significará una notable disminución en la cantidad de energía final consumida.

Como podemos ver en la siguiente tabla y según las proyecciones de la siguiente tabla, casi todos los sectores deberán hacer un uso cada vez mayor de las energías renovables sobre el uso final de energía.

Tabla 2. Porcentaje de energías renovables sobre consumo de energía final. Fuente: PNIEC [8]

Porcentaje de energías renovables sobre consumo de energía final en el Escenario Objetivo						
Años	2015*	2020	2022	2025	2027	2030
Consumo de EERR de uso final (excluyendo el consumo eléctrico renovable)	Agricultura (ktep)	4.310	119	148	192	203
	Industria (ktep)		1.596	1.624	1.667	1.711
	Residencial (ktep)		2.640	2.623	2.598	2.709
	Servicios y otros (ktep)		241	279	337	376
	Transporte (ktep)		176	2.348	2.369	2.401
Energía suministrada por bombas de calor (ktep)		353	629	1.339	2.404	2.851
Generación renovable eléctrica (ktep)		8.642	10.208	12.438	15.784	18.187
Energía renovable total (ktep)		13.481	17.780	20.821	25.383	28.324
Energía final corregida con las pérdidas del sistema eléctrico, los consumos en aviación y la energía suministrada por las bombas de calor (ktep)		83.361	88.548	86.081	85.023	82.050
Porcentaje de energías renovables sobre consumo de energía final		16%	20%	24%	30%	34%
						42%

* Los datos del año 2015 son reales, el resto son proyecciones realizadas por el MITECO

Con respecto a la tabla anterior, cabe destacar que en 2020 el **porcentaje de energías renovables sobre el consumo de energía final fue del 16,8%** [1]. Más de tres puntos por debajo de la proyección realizada por el MITECO.

[10] Además, referente a la creciente implantación de las energías renovables, estas aportarán el 74% de la totalidad de la electricidad producida en 2030 y, siguiendo esta senda, se estima que alcanzarán el 100% en 2050. El PNIEC prevé **añadir 59 GW de potencia renovable y 6 GW de almacenamiento**. El almacenamiento experimentará una relevancia ascendente al sumar una capacidad adicional que ayudará a mejorar el control, la seguridad, la flexibilidad y la fiabilidad de la gestión de la energía eléctrica nacional.

Tabla 3. Parque de generación del Escenario Objetivo. Fuente: PNIEC [9]

Parque de generación del Escenario Objetivo (MW)				
Año	2015	2020*	2025*	2030*
Eólica (terrestre y marítima)	22.925	28.033	40.633	50.333
Solar fotovoltaica	4.854	9.071	21.713	39.181
Solar termoeléctrica	2.300	2.303	4.803	7.303
Hidráulica	14.104	14.109	14.359	14.609
Bombeo Mixto	2.687	2.687	2.687	2.687
Bombeo Puro	3.337	3.337	4.212	6.837
Biogás	223	211	241	241
Otras renovables	0	0	40	80
Biomasa	677	613	815	1.408
Carbón	11.311	7.897	2.165	0
Ciclo combinado	26.612	26.612	26.612	26.612
Cogeneración	6.143	5.239	4.373	3.670
Fuel y Fuel/Gas (Territorios No Peninsulares)	3.708	3.708	2.781	1.854
Residuos y otros	893	610	470	341
Nuclear	7.399	7.399	7.399	3.181
Almacenamiento	0	0	500	2.500
Total	107.173	111.829	133.802	160.837

*Los datos de 2020, 2025 y 2030 son estimaciones del Escenario Objetivo del borrador actualizado del PNIEC.

[1] Con respecto a la tabla anterior, cabe destacar que en 2020 el **total de potencia instalada en España estuvo 1.000 MW por debajo de la estimada por el PNIEC**, y que en 2020 el porcentaje de generación renovable sobre el total de electricidad producida fue del 44%.

El plan prevé una capacidad total instalada, para 2030, de unos 161 GW, de los cuales 39 GW de PV, 27 GW de CCGT, 16 GW de hidráulica fluvial, 9,5 GW de bombeo hidráulico, 7 GW de termosolar y 3 GW de nuclear. Esta previsión se realiza con las predicciones de la modelización actual asumiendo los costes, la funcionalidad y la fiabilidad asumidos de cada tecnología. Por ello, este supuesto es relativo a algunos cambios como: la evolución tecnológica y los cambios en la regulación general.

Observando la figura siguiente, el PNIEC estima que en 2030 la potencia total instalada de renovables será de aproximadamente 122,68 GW. Teniendo en cuenta la potencia instalada a partir de fuentes renovables en 2020, para cumplir los objetivos del PNIEC en 10 años habrá que duplicar dicha potencia.

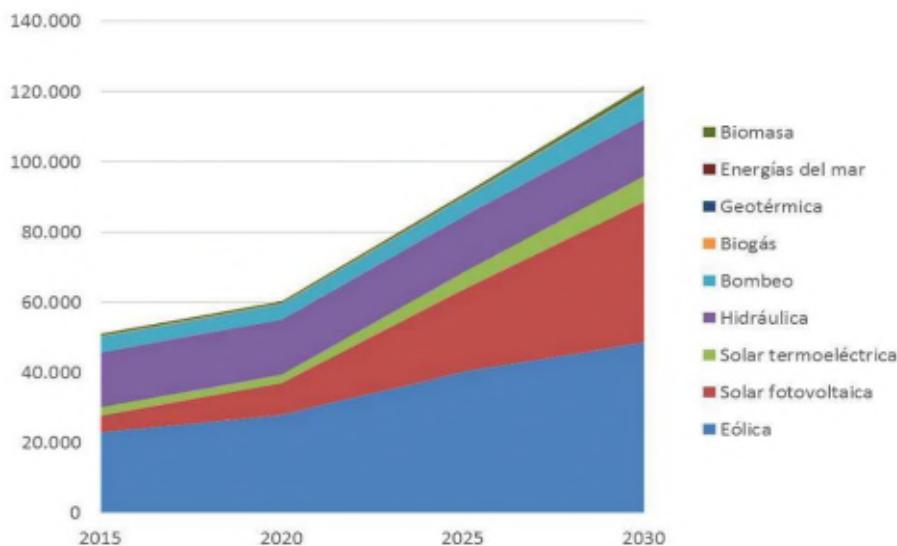


Figura 19. Capacidad instalada de tecnologías renovables (MW). Fuente: PNIEC [9]

OTROS ELEMENTOS CLAVE RELACIONADOS CON EL PNIEC

29. [9] **Las interconexiones disminuirán su uso del 73% en 2017 al 61% en 2030.** Esto significará una mayor seguridad energética nacional y competitividad en el comercio de energía a nivel europeo.



Figura 20. Dependencia energética nacional. Fuente: PNIEC [9]

Tal y como se ha comentado en los anteriores apartados, en 2019, España aumentó su dependencia energética al 75%, en cambio en 2020, y debido a la disminución de la demanda energética, dicho porcentaje se redujo hasta un 68,8%. Si bien es cierto que no se puede confiar en esta última buena cifra ya que el último año tuvo determinadas casuísticas debidas a la pandemia mundial, por lo que no se puede asegurar que esta dependencia disminuya igual de rápido el resto de años.

2. **Las inversiones previstas en el sector energético se situarán en torno a los 241.000 millones de euros.** De los cuales, el 80% serán de capital privado y el 20% provendrán del sector público.

3. Además de la nueva capacidad de generación renovable instalada de 59 GW, **se prevé la instalación de otros 6 GW de capacidad de almacenamiento.** Que se espera que estén compuestos por 3,5 GW de hidroeléctrica de bombeo y 2,5 GW de baterías.

A raíz de lo comentado anteriormente y el contexto energético en el que se encuentra actualmente España y el que se encontraba en 2015 según el PNIEC y Appa Renovables, se ha elaborado el siguiente gráfico para visualizar el grado de cumplimiento de los objetivos principales del PNIEC para 2030, y con ello poder determinar pasos a seguir con el fin de cumplir con los objetivos impuestos. Para ello, se han tenido en cuenta los siguientes datos:

- Objetivo 1: 23% reducción emisiones GEI
 - [14] En 2020 se emitieron 214,847 Mt de CO₂, que comparado con 1990 (232,067 Mt de CO₂), se ha conseguido reducir un 7,42% en 30 años.
 - Para cumplirlo se debería reducir un 15,15% adicional de GEI en los próximos 10 años.

- Objetivo 2: 42% de participación de las energías renovables sobre el consumo de energía final
 - [1] En 2020 las energías renovables supusieron el 16,8% sobre el consumo de energía final.
 - En los próximos 10 años la participación de las energías renovables sobre el consumo final de energía debería aumentar un 25,2%.

- Objetivo 3: 39,5% de mejora de la eficiencia energética
 - Teniendo en cuenta los avances tecnológicos e incentivos del gobierno enfocados hacia la mejora de eficiencia energética con las baterías, el autoconsumo, la generación distribuida, generación renovable, se consigue incrementar las posibilidades para aprovechar los recursos existentes, fomentar la independencia energética y mejorar la eficiencia.
- Objetivo 4: 74% de generación renovable sobre el total de electricidad producida
 - [1] En 2020 el 44% de la electricidad producida provino de energías renovables
 - En los próximos 10 años la generación renovable debe aumentar en un 30%.
- Objetivo: 61% de dependencia energética nacional
 - En 2020, la dependencia energética registrada fue del 68,8%.
 - En los próximos 10 años, esta dependencia debería disminuir en un 7,8%.

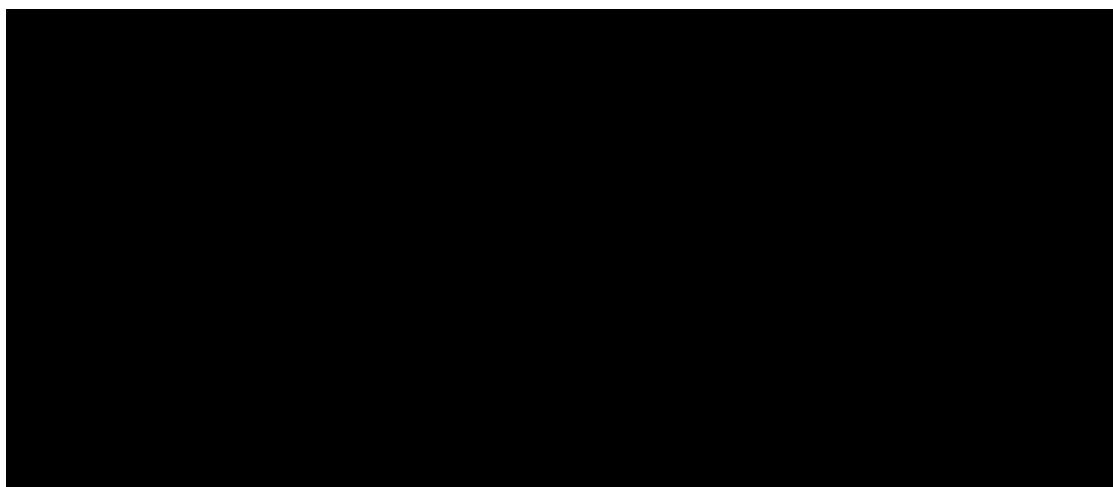


Figura 21. Evolución del cumplimiento de los objetivos PNIEC Horizonte 2030. Fuente: Elaboración propia.

Observando la evolución en la consecución de los objetivos entre 2015 y 2020, se puede asegurar que el enfoque y los esfuerzos que está haciendo el país son adecuados para conseguir cero emisiones en 2050 establecido por la Unión Europea y para conseguir los objetivos del PNIEC 2030. A pesar de lo anterior, el gráfico muestra la necesidad de establecer mayores esfuerzos y recursos hacia la consecución de los objetivos del 42% de generación renovable sobre el consumo de energía final y el 74% de generación renovable sobre el total de electricidad producida.

CRECIMIENTO DE LA DEMANDA ELÉCTRICA

En relación con el consumo energético, y como se ha anticipado en el párrafo anterior, la solución propuesta tiene entre sus pilares fundamentales dar un mayor peso al sector eléctrico frente al resto de recursos energéticos, lo que conlleva implícitamente, un crecimiento de la demanda eléctrica progresivo a largo plazo.

En concreto, tomando como base para la estimación, los mismos datos publicados por Endesa a partir de estimaciones tanto propias como de entidades públicas [6], **la electricidad obtenida a partir de fuentes renovables puede reemplazar el uso directo de combustibles fósiles** en aquellos sectores que son la principal causa de emisiones de gases de efecto invernadero:

- Transporte. Los vehículos eléctricos son entre tres y cinco veces más eficientes que los de motor de combustión interna. En España el PNIEC estima que en 2030 alrededor de cinco millones de vehículos eléctricos estén circulando por las carreteras.
- Edificios. Las bombas de calor usan cuatro veces menos energía que las calderas de gasoil o gas. Se va a tender a la sustitución de calderas por bombas de calor, principalmente apoyada por los incentivos del Gobierno y el Ayuntamiento de Madrid.
- Industria. La intensidad de la energía disminuye significativamente con la electrificación de los procesos industriales.

El consumo energético en cada una de las actividades en los sectores descritos anteriormente está íntimamente relacionado con los usos de la energía, y con las tecnologías presentes en cada uno de ellos. Endesa estima que, para cumplir con los objetivos de la UE y teniendo en cuenta el desarrollo de las tecnologías actuales, en 2050 se aumentará la electrificación de los sectores transporte, edificación e industria:



Figura 22. Previsión del % de electrificación en el transporte, la edificación y la industria. Fuente: Endesa [6].

- En el transporte el **63% de los vehículos serán eléctricos**. Actualmente el consumo de energía que hacen turismos y camiones, así como las turbinas utilizadas en aviones, proviene en un 95% de productos petrolíferos (Figura 20). La sustitución de la mayor parte del consumo de petróleo en el sector transporte por la electricidad, provocará un cambio importante en la sectorización por productos de la energía final consumida en el país y en la CM con respecto a la situación actual, en la cual únicamente el 1% de este sector demanda electricidad. Dicho cambio irá de la mano de una importante reducción del uso de productos petrolíferos junto con un significativo aumento del consumo eléctrico.
- El sector edificación (residencial) **dependerá en un 63% de la electricidad**. Este sector actualmente presenta usos más diversos de la energía: calefacción y agua caliente sanitaria (ACS), electrodomésticos, cocina, iluminación y refrigeración. Algunos de estos usos permiten diferentes alternativas tecnológicas, como por ejemplo el ACS y la calefacción (calderas de biomasa, de gas natural, de carbón, bombas de calor eléctricas) o cocina (gas natural, electricidad), lo que conlleva que el consumo de energía final, por vector y uso, sea más heterogéneo que en el sector transporte. El consumo de energía en el sector residencial está repartido entre electricidad (40%), renovable de uso final (18%), gas natural (20%) y productos petrolíferos (20%).

- El sector industrial espera aumentar su **dependencia eléctrica hasta un 50%** en 2050. Actualmente este sector presenta un consumo muy heterogéneo entre los diferentes subsectores, debido a la variedad de procesos productivos y tecnologías utilizados en cada uno de ellos. En España, las principales industrias, en función de su consumo de energía, son siderurgia, metalurgia, cementera y manufacturera. El consumo de energía final en este sector se centra en el gas natural (37%), la electricidad (35%) y los productos petrolíferos (14%).

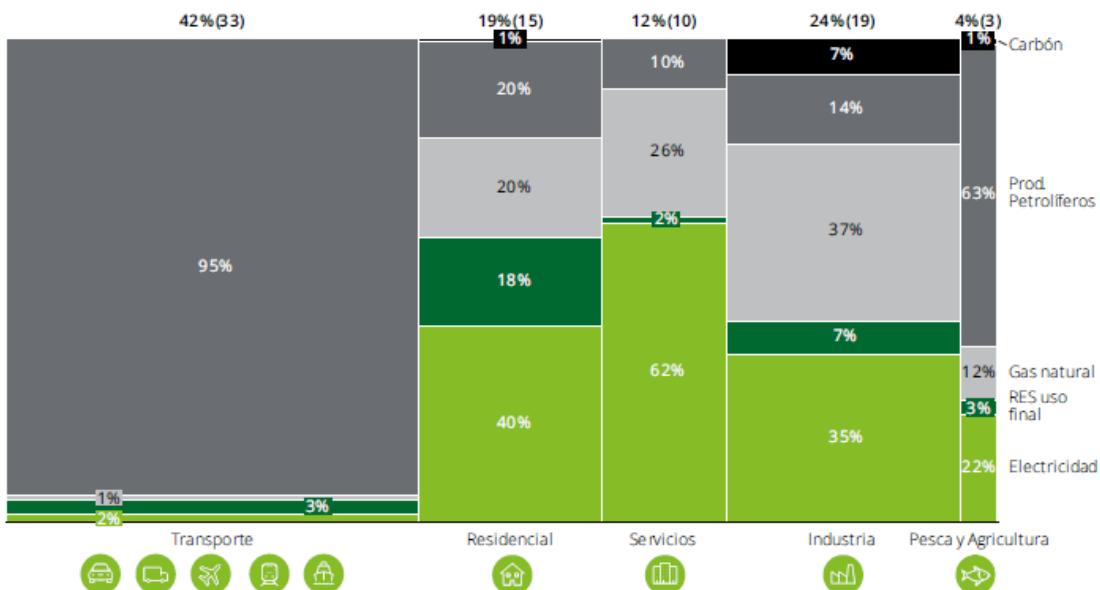


Figura 23. Consumo de energía final para usos energéticos por sector de actividad. Fuente: Monitor Deloitte [7].

[7] Los **sectores clave** con tendencia a modificar el consumo final de energía, son el **transporte y el sector doméstico**; sin embargo, la industria podría tener un papel más relevante si se acompaña de las medidas adecuadas. El sector transporte y doméstico cuentan actualmente con tecnologías que permiten su completa descarbonización.

Con todo lo anterior, se puede afirmar que el consumo eléctrico a nivel nacional y, especialmente en la Comunidad de Madrid al ser de las CCAA con mayor consumo energético y donde más impactará la electrificación del transporte y el consumo doméstico por su alto peso en la demanda final, aumentará considerablemente los próximos años debido a la tendencia hacia la electrificación de la economía. Son muchos los informes publicados sobre la estimación de este crecimiento a nivel nacional y peninsular coincidiendo la mayor parte de ellos en un crecimiento anual promedio del entorno de un 1%. Con independencia de este valor, la conclusión clara que se ha de tener en cuenta es que la dependencia energética de la Comunidad será cada vez mayor e incluso total a no ser que se considere aumentar la generación dentro de la Comunidad.

IV. OBJETIVOS DEL PNIEC APLICADOS A LA COMUNIDAD DE MADRID

CAPACIDAD DE ACOGIDA DE NUEVA GENERACIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID

La Comunidad de Madrid, al igual que el resto de las comunidades autónomas, debe asumir parte de los objetivos establecidos por el PNIEC. La descarbonización, la implantación de generación renovable y la autosuficiencia energética son algunas de las metas que se deben llevar a cabo. Si bien es cierto que los condicionantes generales y particulares que apliquen a cada comunidad autónoma establecerán la medida en la que cada una aportará en la consecución de los objetivos.

El PNIEC propone como objetivo la transformación del modelo energético mediante la implementación de una gran cantidad de nueva generación eléctrica a partir de fuentes renovables (alrededor de 60 GW), pero no detalla ni estructura cómo y dónde se debe distribuir esta generación a nivel territorial. Para ello es necesaria una visión de conjunto que agrupe tanto la superficie disponible en base a diversos criterios tales como, por ejemplo, ambientales y urbanísticos, como la capacidad de evacuación e interconexión de la generación producida con los puntos de consumo.

El presente documento se centra ahora en realizar este análisis que combina la capacidad de acogida a nivel territorial con la capacidad de la red eléctrica existente, para evaluar la generación máxima que la Comunidad de Madrid podría integrar en el sistema eléctrico, teniendo así un criterio más sobre la participación que puede tener la comunidad en el cumplimiento de los objetivos del PNIEC.

RED DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Para evaluar la capacidad de acogida, se ha realizado, en primer lugar, un análisis sobre la capacidad de la que dispone tanto la Red de Transporte como la Red de Distribución para integrar nueva generación, para posteriormente cruzar estos puntos donde puede integrarse dicha generación con las restricciones de índole ambiental y urbanístico que imposibilitarían el desarrollo de nuevas infraestructuras en dichas zonas, quedando así un mapa mucho más reducido que combine ambos aspectos.

[15] REE en la Comunidad de Madrid dispone de una red de 400 kV de, aproximadamente, 993 km de línea, donde parte de esta red une siete grandes subestaciones, en las que existen 109 posiciones de 400 kV. Por otro lado, también se dispone de una red de 220 kV, con una longitud aproximada de 1.187 km, a la cual se conectan otras subestaciones de las que parten líneas de menor tensión para alimentar al mercado de distribución.

A continuación, se ilustran las redes de transporte y subestaciones de la Comunidad de Madrid:



Figura 24. Red de transporte de la Comunidad de Madrid. Fuente: Fundación de la Energía [5].

La Comunidad de Madrid cuenta con el 5% de los kilómetros de línea de la red de transporte nacional y en total, el número de posiciones en la Comunidad de Madrid para conexión de nueva generación en la red de transporte es de 660. El conjunto de estas instalaciones forma una red eléctrica con un alto nivel de mallado, que garantiza el suministro de toda la energía que consume la Comunidad de Madrid.

Se dispone de bastante información para evaluar la capacidad de nueva generación que podría integrarse en el sistema eléctrico a partir de la red existente. Tras la publicación de la Circular 1/2021 de la CNMC y las especificaciones de detalle, los gestores de la Red de Transporte y Distribución publican las capacidades disponibles en todos los nudos de sus respectivas redes. El modo de obtener esta información es mediante la suma de la capacidad de acceso concedida para nueva generación a dichas redes junto con la capacidad que, a día de hoy, sigue disponible.

Siguiendo la información publicada por REE la capacidad de acceso concedida hoy, en la Comunidad de Madrid, para nueva generación aún no existente con conexión tanto en las redes de transporte como en las redes de distribución es de 16,825 GW entre eólica y fotovoltaica. Este dato representa la capacidad de acceso otorgada a proyectos actualmente en desarrollo que, si bien, no tienen la necesidad de estar ubicados en la Comunidad de Madrid, se conectan directamente con los nudos de la red ubicados en esta comunidad a través de líneas eléctricas de evacuación.

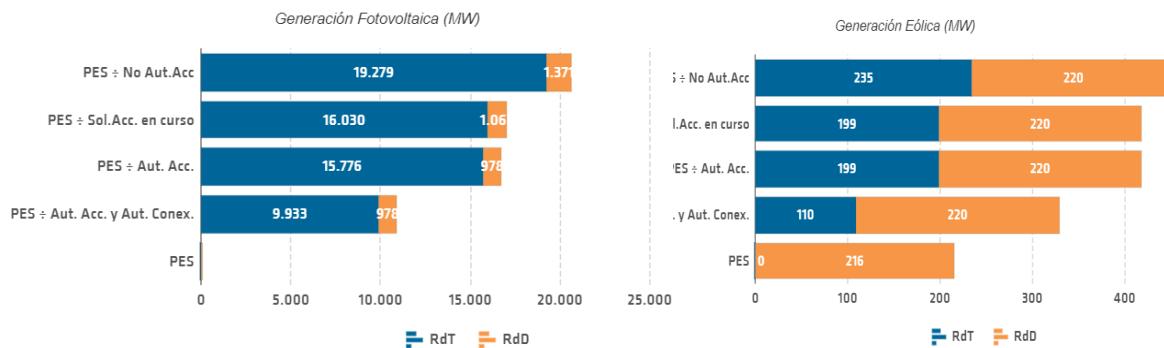


Figura 26. Solicitud energía fotovoltaica Com. Madrid.
Fuente: REE [11]

Figura 25. Solicitud energía eólica Com. Madrid.
Fuente: REE [11]

Es interesante ver cómo Madrid, a pesar de su pequeña extensión, es la tercera comunidad autónoma con mayor capacidad de acceso otorgada para nueva generación renovable, representando el 12,93% de esta. Esto no indica que la comunidad deba asumir nueva generación siguiendo dicha proporción, principalmente porque la capacidad de la Red de Transporte para integrar nueva generación renovable es considerablemente superior a los objetivos del PNIEC (105 GW de capacidad de acceso otorgada frente a los 60 GW que prevé el PNIEC) y porque, como se ha comentado anteriormente, la capacidad de acogida debe depender de los distintos condicionantes técnicos, medioambientales y urbanísticos que se presentan en el territorio que, para el presente caso de análisis de la Comunidad de Madrid, se evaluará a continuación. No obstante, es un indicativo de donde será mejor aprovechada la nueva generación por motivos de saturación de la Red de Transporte.

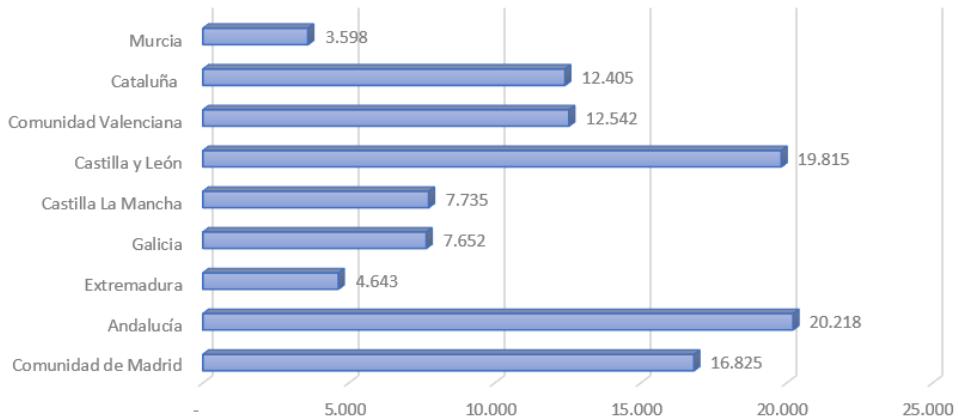


Figura 27. Capacidad de acceso concedida y en tramitación. Fuente: Elaboración propia y REE [11]

Por otro lado, y siguiendo la información publicada por los gestores de las redes de transporte y distribución, a los 16,825 GW reservados ya para proyectos en tramitación, hay que sumarle 6,2 GW de capacidad disponible para conexión en nudos de la Red de Transporte ubicados en Madrid, y 6,7 GW adicionales en nudos de la Red de Distribución a los que no se puede acceder a través de la Red de Transporte por imposibilidad técnica de esta.

Por lo que, con todo lo anterior, **la red existente en la Comunidad de Madrid tiene capacidad para conectar aproximadamente el 50% de la nueva generación prevista en el PNIEC a nivel nacional.**

DISPONIBILIDAD DEL TERRITORIO POR CRITERIOS AMBIENTALES Y URBANÍSTICOS

Como hemos comentado anteriormente, la capacidad de acogida no solo debe considerar la capacidad de la red eléctrica existente, sino las condiciones del territorio para la construcción de nuevas infraestructuras, algo que puede verse de manera muy directa en el Mapa de Sensibilidad Ambiental publicado por el MITERD para la instalación de nuevas plantas tanto fotovoltaicas como eólicas.

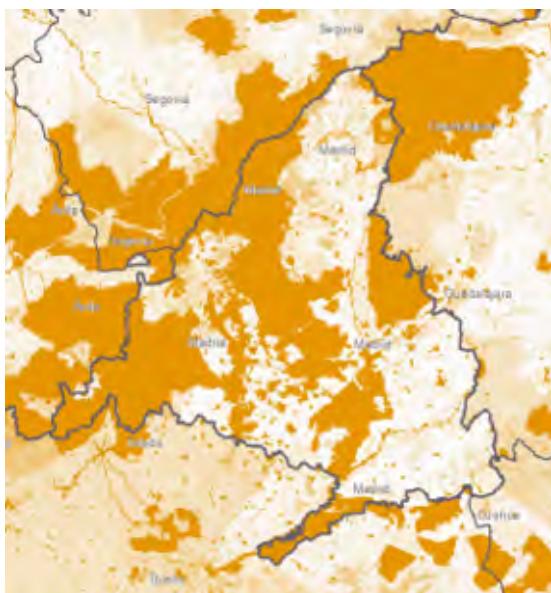


Figura 28. Sens. Amb. energía fotovoltaica. Fuente: MITECO [10].

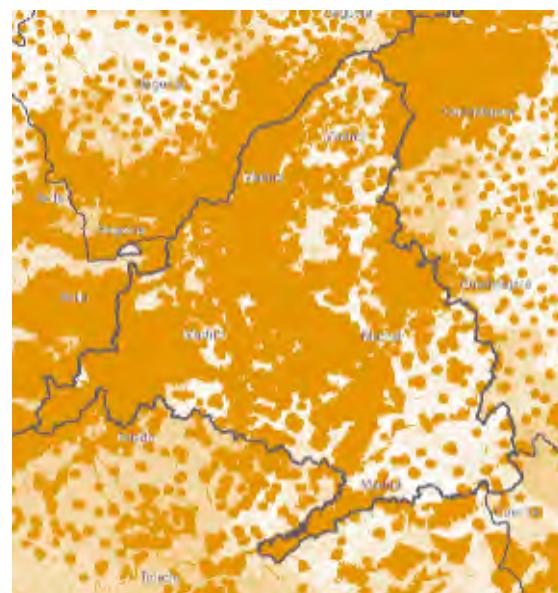


Figura 29. Sens. Amb. energía eólica. Fuente: MITECO [10].

Las tonalidades de color naranja de las anteriores ilustraciones señalan las distintas zonas de sensibilidad ambiental para las tecnologías eólica y fotovoltaica. El color más anaranjado muestra las zonas más sensibles medioambientalmente, en donde no sería recomendable implantar este tipo de proyectos. Este modelo se ha elaborado por la Subdirección General de Evaluación Ambiental y tiene en cuenta, entre otros, los siguientes factores medioambientales: núcleos urbanos, masas de agua y zonas inundables, Red Natura 2000 (ZEPA, LIC/ZEC), espacios naturales protegidos y vías pecuarias.

Se han tenido en cuenta únicamente las estructuras principales de los posibles proyectos ya sean los aerogeneradores o paneles fotovoltaicos, sin tener en cuenta el resto de instalaciones asociadas (subestaciones y líneas eléctricas, accesos, préstamos, vertederos, etc.). Los proyectos eólicos y fotovoltaicos objeto de este estudio se refieren a grandes instalaciones de producción de energía cuyo fin es su venta a la red. No incluye las pequeñas instalaciones de autoconsumo, ni infraestructuras aisladas de poca potencia, las destinadas a I+D+i, ni las que se ubiquen en cubiertas o tejados de edificios o suelos urbanos para un uso particular.

Del mismo modo, este análisis tampoco valora la fuente energética que motiva la instalación de esas infraestructuras, es decir no se incluye la cantidad de recurso disponible (viento y radiación solar).

Además, otro factor a tener en cuenta es la orografía de la Comunidad de Madrid. Se puede observar en la siguiente ilustración que la sierra norte de Madrid tiene zonas de gran pendiente donde se imposibilitarían los proyectos fotovoltaicos. Por lo que, combinando las zonas de sensibilidad ambiental y las zonas de mayor pendiente, podemos observar que los posibles emplazamientos más aptos para la ubicación de nuevas infraestructuras estarían emplazados en el cuadrante sur / sureste. Siendo la tecnología con menores restricciones medioambientales la fotovoltaica.

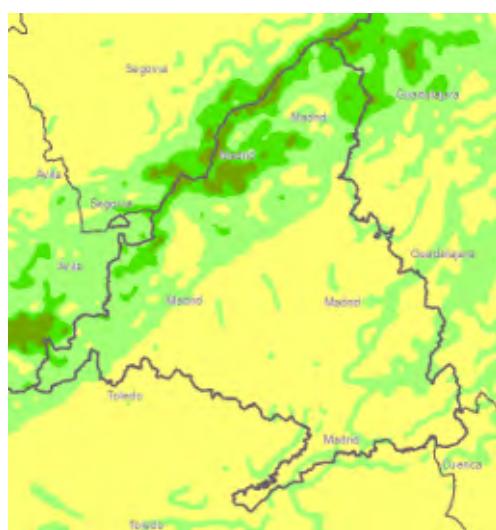


Figura 30. Pendientes 35%. Fuente: MITECO [10].

Por todo esto, se puede concluir este apartado afirmando que en la Comunidad de Madrid las grandes instalaciones de producción de energía renovable son viables en aquellas zonas aptas y condicionadas para ello. Si bien es cierto, que por las particularidades demográficas, medioambientales y técnicas de esta comunidad será necesario combinar estas instalaciones con otras actuaciones con el fin de acercarse, en la medida de lo posible, a los objetivos establecidos por el PNIEC y con el fin de aprovechar la capacidad disponible en la red de transporte y distribución de la Comunidad de Madrid. En el siguiente apartado se exploran posibles alternativas de generación para esta comunidad autónoma.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se va a estudiar la capacidad total que podría asumir la Comunidad de Madrid seleccionando únicamente aquellas subestaciones que cumplan con los condicionantes señalados anteriormente.

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE ACOGIDA DE LA COMUNIDAD DE MADRID

Como punto de partida, se han tenido en cuenta las siguientes subestaciones de la Comunidad de Madrid:

- Subestaciones con capacidad de acceso otorgada a 12/2021 (Anexo III).
- Subestaciones de REE con capacidad de acceso disponible.
- Subestaciones de Distribución que evacúan en subestaciones de REE sólo con capacidad a través de redes de distribución (Anexo II).
- Subestaciones sin capacidad disponible actual por motivo de concurso por resolución (Anexo IV).

Las anteriores subestaciones suman un total de **29,877 GW** de capacidad disponible actualmente en la Comunidad de Madrid. Con la herramienta QGIS se ha elaborado un mapa donde se recogen las anteriores subestaciones junto con los condicionantes técnicos y medioambientales publicados por el MITECO, con el fin de detectar aquellas subestaciones que realmente son viables, es decir, qué capacidad disponible realmente podría ser aprovechable.

Para ello, se han descartado tanto subestaciones que se encuentran dentro de zonas de restricciones como aquellas que para acceder a las mismas habría que invadir zonas restringidas con la línea de evacuación. En las siguientes figuras se muestran con puntos las subestaciones comentadas anteriormente y recogidas en los Anexos:

- Puntos morados: "Subestaciones RdD con conexión en subestaciones de transporte sólo con conexión RdD"
- Puntos azules: "Subestaciones con capacidad de acceso otorgada MPE"
- Puntos verdes: "Subestaciones de concurso por resolución SEE"
- Puntos naranjas: "Subestaciones RdT con capacidad disponible"

A continuación, se recogen todas las subestaciones con capacidad disponible y en tramitación junto con el mapa de sensibilidad ambiental de energía solar fotovoltaica, al ser la sensibilidad ambiental para la energía eólica muy restrictivo en esta comunidad:

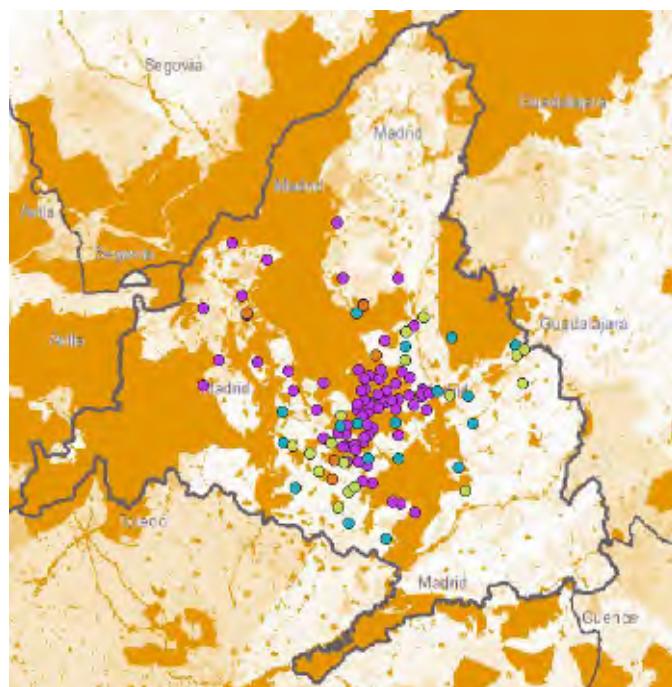


Figura 31. Subestaciones con capacidad & Sens. Amb. energía eólica. Fuente: Elaboración propia y MITECO [10]

Con el primer filtrado de subestaciones y eliminando todas aquellas que puedan tener dificultades por condicionantes técnicos y medioambientales, el análisis se centrará en las trece subestaciones aparentemente más favorables por no verse afectadas por ninguna de las restricciones consideradas.

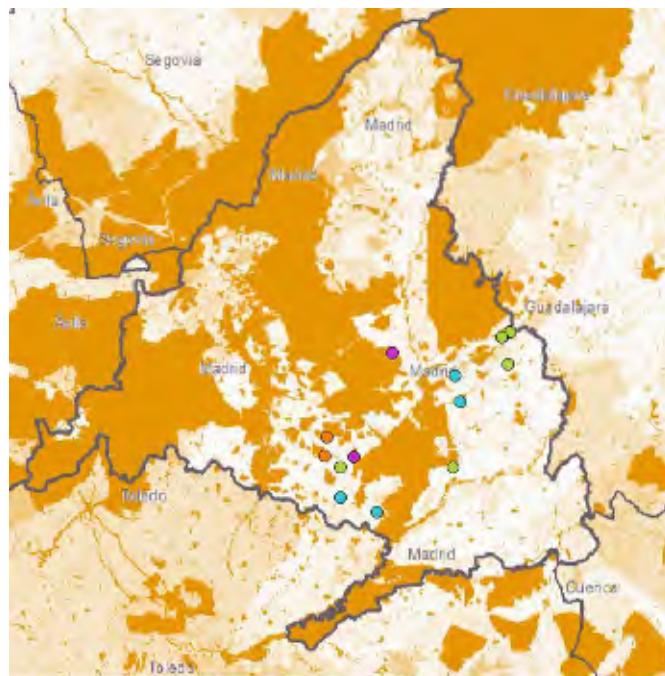


Figura 32. Subestaciones viables medioambientalmente. Fuente: Elaboración propia Y MITECO [10]

De esta forma, y sumando la capacidad de conexión que presentan los puntos resultantes, se puede concluir que la **Comunidad de Madrid cuenta con 7.372 MW disponibles y viables con los que se podría generar hasta el 50% de la demanda eléctrica siguiendo los datos publicados por REE para el año 2019**.

En el caso de que la Comunidad de Madrid tuviese capacidad para ampliar todos esos MW a la potencia renovable instalada actual, ésta contaría en su totalidad con 7,604 GW sobre los 161 GW totales a nivel nacional, representando un 4,72% del total de potencia renovable instalada en el escenario objetivo 2030 según el PNIEC. Es importante tener en cuenta que hay una serie de condicionantes principalmente técnicos relacionados con el equilibrio generación – demanda y de planificación territorial de la comunidad, que limitarían más aun la capacidad de acogida de nueva generación renovable en Madrid.

En primer lugar, se debe analizar las posibilidades de gestión de la generación asociada a la nueva potencia instalada y como poder adecuarla a la demanda en tiempo real. En segundo lugar, la poca extensión de la Comunidad de Madrid junto con las necesidades de terreno que tiene para abastecer la demanda social e industrial hace impensable la aplicación de un criterio de maximización de generación renovable ya sea mediante la ocupación directa de suelo por parte de los parques, como de la fragmentación del territorio a través de nuevas infraestructuras eléctricas provenientes de otras comunidades.

V. ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Sabiendo que la energía producida a partir de fuentes renovables es la solución más eficiente y rentable para lograr reducir la emisión de gases de efecto invernadero y conociendo el camino que le queda por recorrer a España los próximos años, se debe hacer especial esfuerzo en la integración de más fuentes de generación renovable en el sistema nacional.

Tras haber identificado a la Comunidad de Madrid como la Comunidad con mayor deficiencia energética (menor autoabastecimiento, menor ratio generación renovable/superficie y mayor ratio demanda/superficie), se concluye que es la comunidad que mayor esfuerzo debe hacer hacia la transición energética para que la nación y la UE puedan alcanzar los objetivos de 2030 y 2050.

Debido a que la Comunidad de Madrid cuenta con una amplia capacidad en las redes de transporte y distribución y se prevé un importante aumento en el consumo de electricidad por la electrificación de la economía, es necesario que Madrid incremente su generación a partir de fuentes renovables. Además, con este incremento en la generación de la Comunidad, no solo contribuirá a garantizar el cumplimiento de los objetivos del PNIEC a nivel nacional, sino que también conseguirá aumentar la independencia energética como comunidad autónoma y, con ello, su eficiencia energética.

El objeto de este apartado V es, una vez concluida la necesidad de incorporar nueva generación en Madrid y verificada la capacidad de la misma para llevar a cabo dichas actuaciones, establecer criterios que ayuden a determinar cómo y con qué tecnología debería Madrid aportar su grano de arena para el cumplimiento de los objetivos a largo plazo. Dado que aún queda por resolver la incógnita del “cuánto”, este análisis se ha realizado sobre un amplio rango que abarque desde un criterio mínimo que debe ser la relación de la superficie que ocupa Madrid frente al territorio Peninsular, 1,59%, que implicaría participar de la descarbonización **con 2,56 GW de potencia renovable instalada y un criterio máximo basado en la capacidad de integración de nueva generación calculada en el apartado anterior, la cual es de 7,372 GW.**

Siendo la energía solar fotovoltaica la tecnología predominante para la Comunidad de Madrid, tanto por recurso solar como por restricciones medioambientales, la integración de instalaciones de autoconsumo y de fotovoltaica en suelo se consideran la mejor opción para aumentar la capacidad de generación en la Comunidad de Madrid.

El criterio para evaluar las posibilidades de incrementar la generación en la comunidad, parten inicialmente de la evaluación del autoconsumo, por considerarse la mejor alternativa por criterios de recurso y su bajo impacto sobre el medioambiente y el territorio. Tras evaluar el potencial de generación de autoconsumo, se deberá completar o bien la generación con fotovoltaica en suelo de mayor escala o bien con el diseño de nuevos corredores de infraestructuras que o bien en aéreo o bien en subterráneo transporten energía proveniente de otros territorios. Se descarta, por tanto, en este análisis, la generación a partir de instalaciones de gestión de residuos por tratarse de un potencial menor con respecto a los mencionados anteriormente.

POTENCIAL PARA AUTOCONSUMO Y GENERACIÓN UBICADA EN MADRID

Acorde con el análisis de potencial fotovoltaico en edificios municipales realizado por la fundación de energías renovables [14], Madrid se sitúa a la cabeza de las capitales europeas en niveles de radiación solar y potencial fotovoltaico, alcanzando los 1.746 kWh/m² de media anual. Madrid dispone de un potencial energético muy superior a la mayoría de las ciudades europeas, suficiente para cubrir sus necesidades energéticas.

[14] Hoy en día, la superficie de azoteas municipales susceptible de ser utilizada para instalaciones de sistemas de aprovechamiento solar se sitúa en torno a los 600.000 m² tan solo en el Municipio de Madrid. Los dos impedimentos principales para el aprovechamiento máximo del espacio en las azoteas son las instalaciones y conductos de climatización y ventilación y la morfología irregular. Cabe destacar que la superficie de cubiertas nunca es aprovechable al 100% ya que no toda la superficie es válida para instalar sistemas fotovoltaicos debido principalmente a malas orientaciones, la existencia de equipos de climatización y ventilación, sombreamientos existentes, lucernarios o cubiertas que no pueden soportar el peso adicional que supone la instalación fotovoltaica.

El análisis de la FER únicamente considera las azoteas y cubiertas del Municipio de Madrid y calcula un potencial de instalación de autoconsumo de 75 MW en el escenario más probable y 122 MW en el escenario más optimista. Debido a que se busca determinar el potencial total de la Comunidad de Madrid y no solo del Municipio, se van a reflejar adicionalmente los resultados obtenidos en la Hoja de Ruta de Autoconsumo [16] elaborado por el MITECO en noviembre de 2021.

En el cálculo del potencial económico del MITECO únicamente se consideran ubicaciones en cubiertas y principalmente en orientaciones óptimas para la generación solar fotovoltaica (descartando orientación Norte). Si bien sobre fachadas existe potencial técnico, al evaluarse los criterios económicos esta posibilidad desaparece debido a que la baja irradiación sobre los planos verticales trae peores rendimientos económicos hasta el punto de inviabilizar la inversión.

Al igual que el potencial técnico, el potencial económico se concentra en las provincias con mayor población que cuenten además con alta irradiación solar, localizándose principalmente en zonas urbanas y semiurbanas y en el sector comercial.

El potencial real de autoconsumo fotovoltaico en España se sitúa en el escenario objetivo en aproximadamente 9 GW en el año 2030. Destaca especialmente el potencial en el sector comercial, debido a la necesidad de optimizar costes energéticos y a la coincidencia entre el horario principal de actividad comercial con el momento de máxima generación de energía solar fotovoltaica, lo que permite un buen acoplamiento entre generación y demanda.

Tabla 4. Resultados del potencial real de autoconsumo en España en 2030 por tipo de consumidor. Fuente: MITECO [16].

Tipo de consumidor (GW)	2030	
	Escenario OBJETIVO	Escenario ALTA PENETRACIÓN
Comercial	5,77	7,65
Residencial plurifamiliar	1,85	3,84
Residencial unifamiliar	0,08	0,91
Industrial	1,14	1,6
TOTAL NACIONAL	8,83	14,01

La consecución de este potencial es ambiciosa, puesto que supone dar cumplimiento a las distintas hipótesis consideradas en cuanto a la elevada disposición de los distintos agentes de cara a la adopción del autoconsumo, si bien se consideran alcanzables con una adecuada actuación concertada desde la Administración y el conjunto de la sociedad civil.

Centrando el estudio del potencial en la Comunidad de Madrid que actualmente cuenta con 232 MW de potencia renovable instalada, según el MITECO, el **potencial de autoconsumo fotovoltaico para la Comunidad de Madrid en 2030 es de 2.092 MWp**. Es decir, el MITECO estima que para 2030 se podrá multiplicar por nueve la potencia renovable instalada hoy en día en la Comunidad de Madrid y únicamente con la instalación de autoconsumo en el caso de que se llegase a aprovechar todo el potencial real que tiene la Comunidad Autónoma.

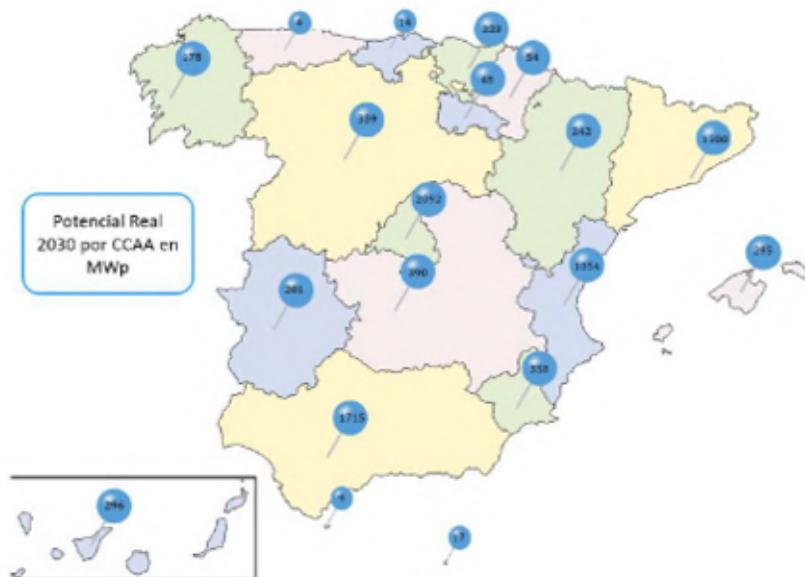


Figura 33. Potencial de autoconsumo en 2030 por CCAA. Fuente: MITECO [16]

De nuevo, debe resaltarse que este potencial económico, al igual que ocurría con el potencial técnico, no sería realizable en su totalidad. En él se incluyen todas las instalaciones que serían viables técnicamente y que teóricamente resultarían viables económicamente a lo largo de la vida útil de la instalación. Asume, por tanto, que todos los propietarios o consumidores tienen interés y capacidad económica para acometer las instalaciones y que todas las comunidades de propietarios donde la instalación es viable, optan por el autoconsumo, es decir, se asume una tasa de éxito del 100%.

En el escenario objetivo y suponiendo la tasa de éxito del 100%, con la incorporación de estos 2 GW de potencia en autoconsumo, la **Comunidad de Madrid pasaría de aportar el 0,4% a aportar el 1,45% de la potencia renovable instalada** a nivel nacional en 2030, (asumiendo que los restantes 57 GW objetivo del PNIEC los incorporan el resto de las comunidades autónomas). Este incremento es muy significante con respecto a la situación inicial y acercaría considerablemente (a falta de 330 MW si se tiene en cuenta que Madrid ya dispone de 230 MW instalados actualmente) a la comunidad a los límites de cumplimiento en materia de descarbonización en un escenario de mínimos en el que reparto de objetivos se hiciera únicamente en base a la proporción de superficie sin tener en cuenta criterios de eficiencia y abastecimiento energético. No obstante, incluso valorando que se instala el autoconsumo con una tasa de éxito del 100% (escenario poco probable), se considera que seguiría siendo necesario un empuje adicional por parte de esta comunidad hacia la transición energética.

En busca de cumplir en el año 2030 con el criterio mínimo considerado basado en que Madrid aporta la capacidad de generación renovable equivalente al % de terreno del que dispone con respecto al peninsular y, asumiendo una tasa de éxito del potencial para el autoconsumo del 70%, es decir, 1,46 GW de potencia instalada, se debería instalar como mínimo 870 MW de potencia fotovoltaica en suelo a gran escala repartida en puntos cercanos a los nudos de conexión que no presentan afecciones ambientales y urbanísticas para evitar al máximo las afecciones y la necesidad de instalar infraestructuras de evacuación adicionales.

INTEGRACIÓN DE ELECTRICIDAD GENERADA EN OTRAS CCAA

La Comunidad de Madrid incrementa continuamente la longitud y extensión de su red de transporte, con sus correspondientes transformadores y posiciones de conexión. Esto, sumado a lo expuesto en anteriores apartados sobre la robustez del mallado de la red de transporte actual, confirma la apuesta por REE en crear una red viable para soportar la generación y consumo requeridos por esta comunidad autónoma en la actualidad y en el futuro.

La capacidad existente para la conexión de instalaciones de generación renovable a las redes de transporte de la Comunidad de Madrid no implica que las instalaciones (aerogeneradores o paneles fotovoltaicos) tengan que estar localizadas dentro de esta comunidad, sino que la evacuación de las mismas tiene que llegar a sus puntos de conexión. Es decir, como alternativa de generación, se podría plantear localizar las instalaciones fuera de la Comunidad de Madrid en zonas donde exista mayor disponibilidad de terreno y proyectando sus líneas de evacuación dentro. De esta forma, disminuiría la superficie ocupada por instalaciones de generación dentro de la Comunidad, pero aumentarían el número y longitud de líneas de evacuación, implicando mayor impacto ambiental y fragmentación del territorio.

Se podría ahora estimar los kilómetros de línea que serían necesarios para, teniendo en cuenta que se consigue instalar 2,5 GW de potencia a través del autoconsumo y fotovoltaica en suelo, integrar la máxima capacidad de generación restante en base a la capacidad de acogida estimada en el punto anterior mediante instalaciones ubicadas fuera de la Comunidad. Para ello se tiene en cuenta la localización de las SETs de transporte y distribución seleccionadas en el apartado anterior y se calcula la distancia mínima a la que se encuentran dichas subestaciones de la frontera de la Comunidad.

Para obtener dicha distancia se ha empleado el programa QGIS y el complemento NNJoin.

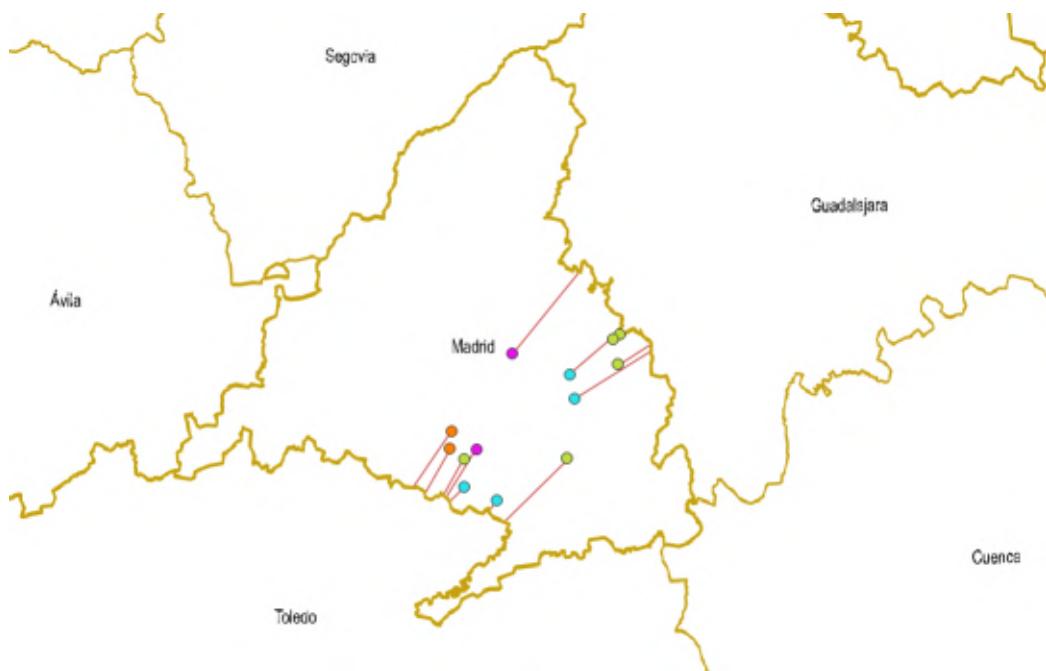


Figura 34. Distancia mínima a la frontera de la Comunidad desde las SETs viables con capacidad en la Comunidad de Madrid. Fuente: Elaboración propia.

El resultado obtenido es que la mínima distancia media de las subestaciones viables con respecto a la frontera de la Comunidad es 12,43 kilómetros. De esta forma, se podría decir que, si se lleva toda la producción fuera de la Comunidad, ésta contaría mínimo con 162 kilómetros de línea adicionales.

Con todo lo anterior, se puede afirmar que la Comunidad de Madrid conseguiría participar de manera notoria en la consecución de los objetivos del PNIEC si hace uso de su capacidad de autoconsumo complementada con otras medidas como la fotovoltaica en suelo.

El escenario mínimo lograría que la Comunidad de Madrid participase sobre el total de potencia renovable instalada en el país en un 1,59% sin infraestructuras de evacuación adicionales, pero no lograría cubrir ni un 9% de su demanda eléctrica. Por ello, se considera que el escenario mínimo debe complementarse con la integración de fotovoltaica en suelo proveniente de otras comunidades autónomas, de tal forma que, como máximo, se alcanzaría cubrir el 26,4% del total de su demanda con renovables, participando directamente en la consecución del Objetivo 2 del PNIEC.

Adicionalmente, haciendo uso de toda la capacidad de autoconsumo y de terrenos cercanos a las subestaciones con capacidad y sin restricciones, ésta contaría con la participación de renovables por encima del 80% sobre el total de potencia instalada.

Los resultados comentados con anterioridad pueden verse reflejados en la siguiente tabla:

Tabla 5. Situación de la Comunidad de Madrid en los distintos escenarios para 2030. Fuente: Elaboración propia

	SOLO AUTOCONSUMO	ESCENARIO MÍNIMO	ESCENARIO MÁXIMO
Potencia renovable instalada sobre el total nacional en 2030 (%)	1,14	1,59	4,72
Potencia renovable sobre el total de potencia instalada en la C.Madrid (%)	77,8	83,6	94,2
Ratio generación renovable sobre la demanda de la C.Madrid (%)*	6,4	8,9	26,4
Potencia a instalar con autoconsumo en 2030 (GW)	1,46	1,46	1,46
Potencia a instalar de fotovoltaica en suelo en 2030 (GW)	0,0	0,87	5,04
Mínimo número de líneas de evacuación adicionales (km)**	0,0	0,0	162

*Se han supuesto las mismas horas equivalentes de producción fotovoltaica de 2020 en 2030. También se ha estimado un crecimiento de la demanda eléctrica del 1% anual desde 2020.

** Se asume que la fotovoltaica en suelo en la Comunidad de Madrid no aporta líneas adicionales por ubicarse cerca de las subestaciones.

Los anteriores indicadores llevan a concluir que el aprovechamiento de todo el potencial de autoconsumo de la Comunidad de Madrid sería insuficiente tanto para mejorar su situación deficitaria como para asumir su papel correspondiente en la consecución de los objetivos del PNIEC y de la UE.

VI. CONCLUSIONES

Actualmente el consumo eléctrico en la Comunidad de Madrid supone el 21,1% del total de energía final consumida en la Comunidad. La Comunidad de Madrid es de las comunidades más deficitarias del país en cuanto a generación y consumo eléctrico, en concreto, presentó en 2020 una ratio generación/consumo de 4,8%. A nivel nacional supone un 10,76% del consumo eléctrico total, teniendo que importar 25.609 GWh a través de redes de transporte y distribución. En cuanto a la generación eléctrica de la capital, en el año 2020 fue de 1.290 GWh, de la cual el 36% provino de fuentes de generación renovable. La participación de generación renovable de la Comunidad sobre el total producido en España es del 0,4%.

En los próximos años, se experimentará un aumento de demanda eléctrica motivado por la eficiencia, el ahorro y el uso de energía primaria de origen renovable. En este contexto, el objetivo de aumento de generación renovable marcado para 2030 implica más que duplicar la presencia actual de renovables en todo el sistema eléctrico bajo la premisa de que el sector eléctrico representará un porcentaje sobre energía final superior al 24,1% actual. Habrá que trabajar en la descarbonización, por supuesto, pero habrá que impulsar las renovables en el transporte y la climatización, únicas vías para actuar sobre ese 75,9% restante, sobre esa energía final que no es eléctrica. De ahí la importancia de tener una generación renovable distribuida geográficamente, accesible en todos los puntos evitando congestiones en la red.

En el caso de la Comunidad de Madrid, los principales demandantes del sector energético cuentan con la tecnología necesaria para su completa descarbonización. En concreto, el sector transporte y el sector doméstico tienden a consumir cada vez más electricidad dejando de lado aquellos productos con emisiones de gases de efecto invernadero, como son los productos petrolíferos y el gas. Con el aumento de la demanda eléctrica, la Comunidad de Madrid tendrá una dependencia energética cada vez mayor del resto de CCAA y de la UE.

La Comunidad de Madrid, al igual que el resto de las comunidades autónomas, debe asumir parte de los objetivos establecidos por el PNIEC. La descarbonización, la implantación de generación renovable y la autosuficiencia energética son algunas de las metas que se deben llevar a cabo. Si bien es cierto que los condicionantes generales y particulares que apliquen a cada comunidad autónoma establecerán la medida en la que cada una aportará en la consecución de los objetivos.

El análisis de la capacidad de acogida de la Comunidad de Madrid ha demostrado que a pesar de tener capacidad para conectar el 50% de la nueva potencia instalada prevista en el PNIEC a nivel nacional, realmente los condicionantes ambientales, territoriales y técnicos de la Comunidad limitan la posibilidad de nueva generación renovable, según el análisis realizado en el presente estudio, a 7,3 GW.

Aparte de las estrategias de eficiencia y ahorro aplicadas sobre la demanda energética, en materia de generación Madrid debe apostar por el autoconsumo, tanto a nivel residencial como industrial, teniendo en este último un potencial enorme y con gran interés por todas las partes, al contrario que en el residencial, donde el peso de la inversión inicial hace perder interés por el autoconsumo.

El resultado del presente análisis concluye en que apostar únicamente por autoconsumo, asumiendo una tasa de éxito del 70% del potencial del mismo en la Comunidad, tiene un impacto insuficiente en materia de descarbonización e integración de renovables con respecto a los objetivos del PNIEC: Bajo estas hipótesis Madrid seguiría a la cola sin llegar a alcanzar siquiera el ratio mínimo esperado del 1,59% de la potencia renovable instalada, equivalente al 1,59% de ocupación del territorio madrileño con respecto al nacional.

Sin embargo, la apuesta por el autoconsumo puede, y debe, ser complementada con otras alternativas de generación, siendo la fotovoltaica en suelo la mejor alternativa. Una buena planificación territorial que contara con espacio dedicado a instalaciones fotovoltaicas (1500 ha como mínimo para poder contar con los 870 MW adicionales necesarios para alcanzar el 1,59% de la potencia renovable instalada a nivel nacional en 2030) y el desarrollo de pasillos eléctricos que favorezcan la conexión directa de instalaciones instaladas en otras comunidades autónomas, podría permitir a Madrid contar con el 4,7% de la potencia instalada a nivel nacional y alcanzar así un nivel de cobertura de la demanda con renovables del 26,4%. Todo ello, permitirá a la Comunidad de Madrid ser parte del cumplimiento de los objetivos establecidos por el PNIEC, mejorar la situación deficitaria de la Comunidad, mejorar la eficiencia energética, aumentar su independencia energética y estar más preparados para la electrificación de la economía tan solo con el aprovechamiento de su elevado recurso solar y de la gran capacidad que puede acoger su Red.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Appa Renovables (2021). "[Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España 2020](#)"
- [2] Red Eléctrica Española. [Datos de generación de potencia instalada a diciembre de 2021](#)
- [3] Red Eléctrica Española (2021). "[Informe del Sistema Eléctrico Español 2020](#)"
- [4] Red Eléctrica Española (2021). "[Las energías renovables en el sistema eléctrico español](#)"
- [5] Fundación de la Energía (2020). "[Balance energético de la Comunidad de Madrid 2019](#)"
- [6] Endesa (2021). "[¿Qué es la electrificación de la economía? Todo lo que debes saber en cuatro claves](#)"
- [7] Monitor Deloitte (2018). "[Una transición inteligente hacia un modelo energético sostenible para España en 2050: la eficiencia energética y la electrificación](#)"
- [8] PNIEC MITECO (2020). "[Plan Nacional integrado de Energía y Clima](#)"
- [9] PNIEC Síntesis MITECO (2020). "[PNIEC Principales resultados](#)"
- [10] Sensibilidad ambiental eólica y fotovoltaica (2021). "[Visor MITECO](#)"
- [11] Red Eléctrica Española Estado de las solicitudes de A&C (2021). "[REE Acceso y Conexión](#)"
- [12] Propuesta de desarrollo de la RDT "[Actuaciones sobre la RDT 2021-2026](#)"
- [13] Datos macro 2021. "[España – Emisiones de CO2](#)"
- [14] Fundación Energías Renovables. "[Hoja de Ruta Madrid 2030](#)"
- [15] Red Eléctrica Española 2021. "[Series estadísticas nacionales](#)"
- [16] MITECO 2021. "[Borrador Hoja de Ruta del Autoconsumo](#)"

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dependencia energética de España frente a la UE (%). Fuente: Appa Renovables [1].	4
Figura 2. Potencia instalada en España a diciembre de 2021 (MW). Fuente: Elaboración propia y REE [2].	5
Figura 3. Producción de electricidad en España (GWh). Fuente: Elaboración propia y REE [3].	5
Figura 4. Demanda eléctrica por comunidades autónomas (GWh) y variación respecto al año anterior (%). Fuente: REE [3].	6
Figura 5. Ratio generación/demanda (%) y generación en GWh en 2020. Fuente: REE [3].	6
Figura 6. Participación de la potencia renovable de cada comunidad autónoma sobre el total renovable a 31.12.2020. Fuente: REE [4].	7
Figura 7. Ratio generación renovable/generación (%) y generación renovable (GWh) en el 2020. Fuente: REE [4].	8
Figura 8. Ratio entre la potencia renovable instalada y la superficie total de cada Comunidad Autónoma en la Península Ibérica. Fuente: Elaboración propia y REE [3].	8
Figura 9. Participación de la electricidad en el consumo final de energía. Fuente: Elaboración propia y Appa Renovables [1].	9
Figura 10. Generación de energía eléctrica en la Comunidad de Madrid en 2020. Fuente: Elaboración propia y REE [2].	10
Figura 11. Potencia instalada en la Comunidad de Madrid a diciembre de 2021 (MW). Fuente: E. propia y REE [2].	11
Figura 12. Evolución de la energía eléctrica producida en la Comunidad de Madrid. Fuente: Fundación de la Energía [6] y Red Eléctrica [2].	11
Figura 13. Participación de la generación renovable de cada comunidad autónoma sobre el total renovable a 31.12.2020. Fuente: REE [4].	12
Figura 14. Ratio entre la demanda eléctrica en 2020 y la superficie total de cada Comunidad Autónoma en la Península Ibérica. Fuente: Elaboración propia y REE [3].	13
Figura 15. Sectorización por productos de la energía consumida en la Comunidad de Madrid en el año 2019. Fuente: Fundación de la Energía [5].	13
Figura 16. Porcentaje de demanda eléctrica por comunidades autónomas. Fuente: Elaboración propia y REE [3].	14
Figura 17. Evolución del consumo eléctrico final en la Comunidad de Madrid. Fuente: Fundación de la Energía [5].	14
Figura 18. Sectorización por actividades del consumo eléctrico en la Comunidad de Madrid en el año 2019. Fuente: Fundación de la Energía [5].	15
Figura 21. Capacidad instalada de tecnologías renovables (MW). Fuente: PNIEC [9].....	18
Figura 22. Dependencia energética nacional. Fuente: PNIEC [9]	19

Figura 23. Evolución del cumplimiento de los objetivos PNIEC Horizonte 2030. Fuente: Elaboración propia.	20
.....	
Figura 19. Previsión del % de electrificación en el transporte, la edificación y la industria. Fuente: Endesa [6].	21
.....	
Figura 20. Consumo de energía final para usos energéticos por sector de actividad. Fuente: Monitor Deloitte [7].	22
.....	
Figura 24. Red de transporte de la Comunidad de Madrid. Fuente: Fundación de la Energía [5].	23
.....	
Figura 25. Solicitud energía eólica Com. Madrid. Fuente: REE [11]	24
.....	
Figura 26. Solicitud energía fotovoltaica Com. Madrid. Fuente: REE [11]	24
.....	
Figura 28. Capacidad de acceso concedida y en tramitación. Fuente: Elaboración propia y REE [11]	25
.....	
Figura 29. Sens. Amb. energía fotovoltaica. Fuente: MITECO [10].	25
.....	
Figura 30. Sens. Amb. energía eólica. Fuente: MITECO [10].	25
.....	
Figura 31. Pendientes 35%. Fuente: MITECO [10]	26
.....	
Figura 32. Subestaciones con capacidad & Sens. Amb. energía eólica. Fuente: Elaboración propia y MITECO [10]	27
.....	
Figura 33. Subestaciones viables medioambientalmente. Fuente: Elaboración propia Y MITECO [10]	28
.....	
Figura 34. Potencial de autoconsumo en 2030 por CCAA. Fuente: MITECO [16]	31
.....	
Figura 35. Distancia mínima a la frontera de la Comunidad desde las SETs viables con capacidad en la Comunidad de Madrid. Fuente: Elaboración propia.	32
.....	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Generación eléctrica (GWh) en la C. Madrid. Fuente: Fundación de la Energía [6] y Red Eléctrica [2].	12
Tabla 2. Porcentaje de energías renovables sobre consumo de energía final. Fuente: PNIEC [8]	17
Tabla 3. Parque de generación del Escenario Objetivo. Fuente: PNIEC [9].....	18
Tabla 4. Resultados del potencial real de autoconsumo en España en 2030 por tipo de consumidor. Fuente: MITECO [16].	30
Tabla 6. Situación de la Comunidad de Madrid en los distintos escenarios para 2030. Fuente: Elaboración propia	33

ANEXO I

Subestaciones en la Comunidad de Madrid de Red Eléctrica Española. Fuente: Red Eléctrica Española

Subestación	Comunidad Autónoma	Criterio limitante MGES	Criterio limitante MPE	Capacidad de acceso no disponible para MGES [MW]	Capacidad de acceso no disponible para MPE [MW]	Motivo capacidad no disponible	Capacidad de acceso disponible para MGES [MW]	Capacidad de acceso disponible para MPE [MW]
AENA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	452	452	Concurso por resolución SEE.	0	0
AGUACATE 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	598	598	Sólo conexión RdD.	0	0
ALCALA II 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	131	131	Concurso por resolución SEE.	0	0
ALCOBENDAS 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	645	645	Sólo conexión RdD.	0	0
ALGETE 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	613	613	Concurso por resolución SEE.	0	0
ANCHUELO 400	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	0	0		0	0
ANCHUELO 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	724	724	Concurso por resolución SEE.	0	0
ANTONIO LEYVA 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	598	598	Sólo conexión RdD.	0	0
ARAVACA 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	664	664	Sólo conexión RdD.	0	0
ARDOZ 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	524	524	Concurso por resolución SEE.	0	0
ARGANDA 220	Madrid	E_Zona	E_Zona	0	0		0	0
ARGANZUELA 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	582	582	Solo conexión RdD	0	0
ARROYO DE LA VEGA 220	Madrid	E_Zona	E_Zona	0	0		0	0
AZCA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	779	779	Sólo conexión RdD.	0	0
BOADILLA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	0	0		0	0
BUENAVISTA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	262	262	Concurso por resolución SEE.	0	0
CAMINO FREGACEDOS 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	285	285	Concurso por resolución SEE.	0	0

CAMPO DE LAS NACIONES 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	791	791	Sólo conexión RdD.	0	0
CANILLEJAS 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	766	766	Sólo conexión RdD.	0	0
CASA DE CAMPO 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	838	838	Sin posibilidad de conexión.	0	0
CISNEROS 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	451	451	Concurso por resolución SEE.	0	0
CIUDAD DEPORTIVA 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	198	198	Sólo conexión RdD.	0	0
COSLADA 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	322	322	Sólo conexión RdD.	0	0
COSLADA B 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	322	322	Sin posibilidad de conexión.	0	0
COTO 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	663	663	Sólo conexión RdD.	0	0
CUEVAS DE ALMANZORA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	602	602	Sin posibilidad de conexión.	0	0
DAGANZO 220	Madrid	E_Zona	E_Zona	0	0		0	0
FORTUNA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	274	274	Concurso por resolución SEE.	0	0
FUENCARRAL 400	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	0	0		0	0
FUENCARRAL 220	Madrid	D_Zona	WSCR	0	0		198	5
FUENLABRADA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	0	0		74	74
GALAPAGAR 400	Madrid	E_Zona	E_Zona	372	372	Sin posibilidad de conexión.	0	0
GALAPAGAR 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	0	0		59	59
GETAFE 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	173	173	Sólo conexión RdD.	0	0
HORNILLO 220	Madrid	E_Zona	E_Zona	176	176	Sin posibilidad de conexión. Margen zonal reservado concurso/posible concurso.	0	0
HORTALEZA 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	366	366	Sólo conexión RdD.	0	0
LA CEREAL 400	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	0	0		0	0
LA CEREAL 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	1,178	1,178	Sin posibilidad de conexión.	0	0
LA ESTRELLA 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	728	728	Sólo conexión RdD.	0	0
LA TORRECILLA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	0	0		0	0

LEGANES 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	0	0		30	30
LOECHES 400	Madrid	E_Zona/D_Nudo	E_Zona/D_Nudo	0	0		0	0
LOECHES 220	Madrid	E_Zona/D_Zona	E_Zona/D_Zona	0	0		0	0
LOECHES B 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	27	27	Sólo conexión RdD.	0	0
LUCERO 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	133	133	Concurso por resolución SEE.	0	0
MAJADAHONDA 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	603	603	Sólo conexión RdD.	0	0
MANUEL BECERRA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	392	392	Sólo conexión RdD.	0	0
MAZARREDO 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	672	672	Sólo conexión RdD.	0	0
MECO 220	Madrid	E_Zona	E_Zona	0	0		0	0
MEDIODIA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	739	739	Sólo conexión RdD.	0	0
MELANCOLICOS 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	537	537	Sólo conexión RdD.	0	0
MIRASIERRA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	715	715	Sólo conexión RdD.	0	0
MORALEJA 400	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0
MORALEJA 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0
MORATA 400	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0
MORATA 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	314	314	Concurso por resolución SEE.	0	0
NORTE 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	809	809	Sólo conexión RdD.	0	0
PALAFOX 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	672	672	Sólo conexión RdD.	0	0
PARLA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	354	354	Concurso por resolución SEE.	0	0
PARQUE INGENIEROS 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	499	499	Sólo conexión RdD.	0	0
PILAR, EL 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	198	198	Sólo conexión RdD.	0	0
PINTO 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	152	152	Concurso por resolución SEE.	0	0
PINTO AYUDEN 220	Madrid	E_Zona	E_Zona	176	176	Concurso por resolución SEE.	0	0
POLIGONO C 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	582	582	Sólo conexión RdD.	0	0

PRADO SANTO DOMINGO 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	183	183	Concurso por resolución SEE.	0	0
PROSPERIDAD 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	371	371	Sólo conexión RdD.	0	0
PTE.SAN FERNANDO 220	Madrid	D_Nudo/D_Zona	WSCR	806	725	Sólo conexión RdD.	0	0
PUENTE PRINCESA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	690	690	Sólo conexión RdD.	0	0
RETAMAR 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	701	701	Sólo conexión RdD.	0	0
SAN FERNANDO 400	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	0	0		0	0
SAN FERNANDO 220	Madrid	E_Zona	E_Zona	653	653	Sólo conexión RdD.	0	0
SANCHINARRO 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	198	198	Sólo conexión RdD.	0	0
SIMANCAS 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	631	631	Sólo conexión RdD.	0	0
SS.REYES 400	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	0	0		0	0
SS.REYES 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	514	514	Concurso por resolución SEE.	0	0
SS.REYES B 220	Madrid	E_Zona	E_Zona	162	162	Sin posibilidad de conexión. Margen zonal reservado concurso/posible concurso.	0	0
TORREJON DE VELASCO 400	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	0	0		0	0
TORREJON DE VELASCO 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0
TORREJON DE VELASCO B 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0
TRES CANTOS 220	Madrid	E_Nudo	WSCR	1,045	588	Sólo conexión RdD.	0	0
TRES CANTOS GIS 220	Madrid	E_Nudo	WSCR	0	0		514	263
VALDEMORO 220	Madrid	E_Zona	E_Zona	0	0		0	0
VALLE DEL ARCIPIRESTE 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	460	460	Sólo conexión RdD	0	0
VALLECAS 220	Madrid	E_Zona/D_Zona	WSCR/E_Zona/D_Zona	0	0		0	0
VENTAS 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	509	509	Sólo conexión RdD.	0	0

VENTAS DEL BATAN 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	301	301	Concurso por resolución SEE.	0	0
VILLAVERDE BAJO 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0
VILLAVERDE BAJO B 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0
VILLAVICIOSA 400	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0
VILLAVICIOSA 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0
VILLAVICIOSA B 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0

ANEXO II

Subestaciones de distribución con capacidad en RdT “solo conexión RdD”. Fuente: Red Eléctrica Española, Iberdrola y Naturgy.

SUBESTACIÓN DISTRIBUCIÓN	CAPACIDAD DISPONIBLE (MW)
AGUACATE 15	88,3
ALCOBENDAS 20	85,92
A.LEYVA 15	79,53
ARAVACA 20	83,36
ARGANZUELA 15	88,19
VALDEBEVAS	57,4
PINAR	61
CAMPOR NACIONES NUEVO	94,6
BARRIO DE BILBAO	13,5
CANILLEJAS	94
CONCEPCION	81
DEPORTIV	56,81
BARRIO DEL JARAMA	68,9

SUBESTACIÓN DISTRIBUCIÓN	CAPACIDAD DISPONIBLE (MW)
AYALA 132	215,19
AYALA 15	76,38
ESTREL 15	142,44
ESTRELLA 132	178,89
CERCEDILLA	55,22
ESCORIAL	132,32
GALAPAGAR	264,25
MAJADAHONDA	382,34
MORALZARZAR	113,79
NAVALAG.	32,59
POZUELO	170,78
V.PARDILLO	141,41
VMORILLO	39,1

SUBESTACIÓN DISTRIBUCIÓN	CAPACIDAD DISPONIBLE (MW)
ARAGON	80,8
BARAJAS	24
PTE. SAN FERNANDO	29,5
SAN FERNANDO	39,6
LAS PEÑUELAS	58,7
PUENTE PRINCESA	108,4
ROSALES	60
B.AIRE	85,34
CARRASCA	35,1
CATOLEDO	72,85
CEANGELE	28,9
CESTUDIA	34,74
JUICIERVA	107,86

CITIPAL	15,9
COSLADA	79,4
LAS MERCEDES	70,4
REJAS	46,3
SAN BLAS	8,2
EL COTO	32,5
BARRIO DE LA PAZ	59,3
CAMINO CONGOSTO	5,1
GETAFE	73,7
LOS ARENALES	40,3
PARQUE TEMÁTICO WARNER	4,4
SAN MARTIN I	8
SAN MARTIN II	32,8
VILLAVERDE	34,8
HORTALEZA	97,3

MAZARREDO	49,8
MEDIODIA	30,1
MIRASIERRA	114,4
CHAMARTIN	13,5
NORTE	84
SERRANO	57,6
PALAFOX	93,76
PQINGENI	53,06
EL PILAR	224,62
OLITE	382,95
PILAR	119,62
PIQUENAS	52,98
PLGONO C	218,5
VALDERA 2	35,1
PROSPERIDAD	48,7

JUNCAL	35,1
OLVIDO	54,41
RETAMAR	376,2
ZARZAQUE	77,67
SANCHINARRO	98,14
SIMANCAS	19,2
C.VIEJO	35,97
MIRAFLOR	84,78
S.AGUSTI	78,03
TRES CANTOS	241,36
VENTEROS	106,02
VILLALBA	63,15
V.ARCIPR	55,4
TOTAL	6.778,95

ANEXO III

Subestaciones con capacidad de acceso otorgada MPE en los nudos de transporte. Fuente: Red Eléctrica Española

Nombre y tensión del nudo	Capacidad de acceso otorgada MPE (MW)
AENA 220	120
ALCALA II 220	352
ALGETE 220	324
ANCHUELO 220	327
ANCHUELO 400	662
ARDOZ 220	310
ARGANDA 220	354
ARROYO DE LA VEGA 220	250
BOADILLA 220	412
BUENAVISTA 220	419
CAMINO FREGACEDOS 220	352
CISNEROS 220	353
DAGANZO 220	306
FORTUNA 220	400
FUENCARRAL 220	424
FUENCARRAL 400	300
FUENLABRADA 220	409
GALAPAGAR 220	300
GETAFE 220	14
LA CEREAL 400	617
LA TORRECILLA 220	454
LEGANES 220	500
LOECHES 400	952

Nombre y tensión del nudo	Capacidad de acceso otorgada MPE (MW)
LUCERO 220	475
MECO 220	42
MORALEJA 220	564
MORALEJA 400	240
MORATA 220	369
MORATA 400	772
PARLA 220	284
PINTO 220	388
PINTO AYUDEN 220	410
PRADO SANTO DOMINGO 220	413
PTE.SAN FERNANDO 220	25
SAN FERNANDO 400	649
SS.REYES 220	386
SS.REYES 400	797
TORREJON DE VELASCO 220	85
TORREJON DE VELASCO 400	328
TORREJON DE VELASCO B 220	171
TRES CANTOS 220	15
TRES CANTOS GIS 220	340
VALDEMORO 220	383
VALLECAS 220	252
VENTAS DEL BATAN 220	203
VILLAVICIOSA 220	447
VILLAVICIOSA 400	767
TOTAL	17.716

ANEXO IV

Subestaciones con capacidad de acceso no disponible por motivo de concurso en los nudos de transporte.

Fuente: Red Eléctrica Española

Nombre y tensión del nudo	Capacidad de acceso no disponible para MPE [MW]	Motivo capacidad no disponible
AENA 220	452	Concurso por resolución SEE.
ALCALA II 220	131	Concurso por resolución SEE.
ALGETE 220	613	Concurso por resolución SEE.
ANCHUELO 220	724	Concurso por resolución SEE.
ARDOZ 220	524	Concurso por resolución SEE.
BUENAVISTA 220	262	Concurso por resolución SEE.
CAMINO FREGACEDOS 220	285	Concurso por resolución SEE.
CISNEROS 220	451	Concurso por resolución SEE.
FORTUNA 220	274	Concurso por resolución SEE.
LUCERO 220	133	Concurso por resolución SEE.
MORATA 220	314	Concurso por resolución SEE.
PARLA 220	354	Concurso por resolución SEE.
PINTO 220	152	Concurso por resolución SEE.
PINTO AYUDEN 220	176	Concurso por resolución SEE.
PRADO SANTO DOMINGO 220	183	Concurso por resolución SEE.
SS.REYES 220	514	Concurso por resolución SEE.
VENTAS DEL BATAN 220	301	Concurso por resolución SEE.
TOTAL	5.843	



Anexo III. Estudio de afección a Dominio Público Hidráulico

Contenido

1	OBJETO DEL PRESENTE ANEXO.....	28
2	MARCO LEGAL Y ALCANCE DEL DOCUMENTO	28
2.1	ALCANCE DEL DOCUMENTO	30
3	ÁMBITO DE ESTUDIO	30
4	DESCRIPCIÓN DE LAS ACCIONES DE PROYECTO CON INCIDENCIA SOBRE EL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO Y SUS ZONAS DE PROTECCIÓN.....	31
4.1	CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO PROPUESTO	31
4.1.1	Localización del proyecto	31
4.1.2	Descripción básica del proyecto fotovoltaico propuesto	34
5	AFECCIONES AL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO Y SUS ZONAS DE PROTECCIÓN.....	35
5.1	Ocupación del dominio público hidráulico	35
5.2	ACTUACIONES EN ZONA DE SERVIDUMBRE Y DE POLICÍA DE CAUCES PÚBLICOS	39
5.3	EFFECTOS SOBRE LA VEGETACIÓN.....	42

APÉNDICE. FICHAS DE IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS COINCIDENTES CON DPH Y SUS ZONAS DE PROTECCIÓN

1 OBJETO DEL PRESENTE ANEXO

El objeto del presente Anexo es el análisis de las posibles afecciones de las plantas solares fotovoltaicas Camareta Solar y Cornamus Solar sobre el dominio público hidráulico y sus zonas de protección, así como la verificación de que el proyecto de ejecución cumple con la normativa en materia de aguas.

Para ello, se desarrollan los siguientes apartados, con objeto de valorar las afecciones al dominio público hidráulico:

- Marco legal y alcance del documento.
- Definición del ámbito de estudio.
- Descripción de las acciones de proyecto con incidencia sobre cauces y sus zonas de protección.
- Análisis de las afecciones previstas sobre el dominio público hidráulico, zona de servidumbre y zona de policía.

2 MARCO LEGAL Y ALCANCE DEL DOCUMENTO

La definición del alcance del documento que nos ocupa se ve claramente condicionada por el marco legal que regula el dominio público hidráulico puesto que el primer paso para conocer las posibles afecciones del proyecto sobre dicho dominio y sus zonas de servidumbre es su propia delimitación en el territorio objeto de estudio.

A tales efectos, la modificación introducida por el RD 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (en adelante, RDPH), aprobado por el RD 849/1986, de 11 de abril, introduce, ya desde su preámbulo, un nuevo marco sobre el que establecer la definición de cauce y delimitación del dominio público hidráulico y zonas de servidumbre. Así, el citado RD 9/2008 afirma que:

[...] La definición de cauce natural establecida en el vigente Reglamento, basada en el concepto de la máxima crecida ordinaria, se ha mostrado claramente insuficiente en numerosas situaciones, por lo que resulta imprescindible que los cauces naturales se definen no sólo a partir de criterios hidrológicos, sino atendiendo también a otras características, como las geomorfológicas, las ecológicas y teniendo en cuenta las referencias históricas disponibles."

Modificando con dicho fin, los artículos 4, 6, 7, 9 y 14 del RD 849/1986 que tratan sobre la definición del álveo o cauce natural (Art. 4), la zonación de las riberas y márgenes (Art. 6), sus fines y limitaciones de uso (Arts. 7 y 9.1), la delimitación de la zona de flujo preferente

(Art. 9.2), las zonas inundables y el nuevo Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (en adelante, SNCZI; Art. 14).

Atendiendo al alcance del presente documento, el mayor interés reside en que la mayor parte de estos artículos en los que se ha cambiado la redacción, contienen múltiples alusiones a las características, criterios y métodos geomorfológicos para la determinación y delimitación de los elementos y zonas; además de diversas menciones a aspectos de la dinámica fluvial y los procesos asociados (transporte de carga sólida).

El antiguo Real Decreto 849/1986 que regulaba el RDPH, y que ha estado vigente durante 22 años, únicamente contenía una referencia a los temas geomorfológicos al objeto de la delimitación del dominio público hidráulico (Art. 240.2) como un criterio “coadyuvante” de la zona ocupada por la máxima crecida ordinaria (en adelante, MCO). De esta forma quedaba claro que existía un criterio de determinación principal (el hidrológico-hidráulico), y otros complementarios o adicionales (*“...la observación del terreno y de las condiciones topográficas y geomorfológicas (...) y, en general, cuantos datos y referencias resulten oportunos”*) cuyo empleo no era de obligado cumplimiento.

Los criterios hidrológico-hidráulicos contaban con la ventaja de ser cuantificables numéricamente, lo que aparentemente les otorgaba una mayor objetividad y facilidad para ser soportados jurídicamente; por el contrario, los otros criterios (geomorfológicos, ecológicos, históricos ...) eran tildados de cualitativos y subjetivos, a pesar de que, a diferencia de los anteriores, se basan en evidencias empíricas y no en artificios estadísticos.

Consecuencia de esta definición de cauce, los diferentes planes y proyectos para la delimitación del DPH, como el conocido LINDE (Villarroya y Sánchez, 2006) han volcado sus esfuerzos en la aplicación de métodos hidrológico-hidráulicos, lo que ha producido no pocos problemas técnicos y logísticos. El propio legislador se hace eco de estos problemas, cuando en el preámbulo del nuevo Real Decreto dedica el párrafo ya citado “La definición de cauce natural establecida en el vigente Reglamento, basada en el concepto de máxima crecida ordinaria, se ha mostrado claramente insuficiente en numerosas situaciones [...]”

La modificación que introduce el nuevo Real Decreto 9/2008 en el artículo 4, en parte motivada por las nuevas directivas europeas ambientales, incorpora las características geomorfológicas, fotográficas, cartográficas e históricas, al menos en igualdad de condiciones que las hidrológicas e hidráulicas para la determinación del cauce natural (Art. 4.1); incluso coloca las características geomorfológicas en primer lugar en la redacción. Esta modificación supone un cambio significativo respecto a la situación anterior, aunque sin entrar en contradicción con el artículo 4 del texto refundido de la Ley de Aguas, ya que

mantiene la definición de la MCO (Art. 4.2), pero indicando que "... tengan en cuenta lo establecido en el apartado 1".

2.1 ALCANCE DEL DOCUMENTO

Teniendo en cuenta la inexistencia de ríos complejos en la zona de estudio y la morfología de la red de drenaje sobre la que se implantan las plantas solares fotovoltaicas objeto de estudio, el alcance del análisis de afecciones se establece sobre la delimitación de un dominio público hidráulico realizado exclusivamente con criterios geomorfológicos y ecológicos analizados mediante fotointerpretación y trabajo de campo para ajuste.

Para la fotointerpretación de las imágenes se han utilizado las ortofotos del PNOA de máxima actualidad disponibles, la capa de información de la Red hidrológica superficial publicada por el MITECO, las capas de información del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, y la capa de relieves y pendientes. Asimismo, a la hora de definir los cauces se han tenido en cuenta una serie de variables ambientales como la presencia de vegetación que pudiera marcar los límites de los cauces naturales, cambios en la coloración del suelo y desniveles existentes. Posteriormente se ha realizado trabajo de campo para validar *in situ* el trabajo llevado a cabo en gabinete y realizar las correcciones necesarias.

En estas circunstancias, el presente anexo proporciona la información necesaria sobre la ocupación y afecciones al DPH que suponen las plantas solares fotovoltaicas Camareta Solar y Cornamusa Solar, con el siguiente contenido:

- Breve descripción técnica de las obras a realizar.
- Caracterización de las afecciones al dominio público de las plantas solares.
- Descripción de las condiciones generales de los trabajos.
- Descripción de los efectos sobre la hidrología y la vegetación de los cauces.

3 ÁMBITO DE ESTUDIO

El área de estudio se extiende por una superficie aproximada de 32,34 km² entre los términos municipales de Alcalá de Henares, Anchuelo, Los Santos de la Humosa, Santorcaz y Villalbilla, todos pertenecientes a la Comunidad de Madrid.

La delimitación de la zona de estudio ha quedado determinada por un buffer de 2 km alrededor de los límites de las plantas solares fotovoltaicas proyectadas, estando todas ellas enclavadas dentro del término municipal de Anchuelo.

Geográficamente, el ámbito de estudio se encuadra en la parte septentrional de la denominada submeseta Sur o Cuenca del Tajo. Por su parte, la red hidrográfica del área abarcada por la actuación presenta una morfología estrecha y de perfil alargado, y con una dirección predominante NE-SO. Se encuadra entre los ríos Tajuña, que posee una cuenca con estructura muy simple y lineal, y el Henares, cuya cuenca es más amplia y compleja.

La red fluvial presente en el ámbito del proyecto ha desmantelado los terrenos, dejando unos campos alomados de areniscas, margas y arcillas, rellenos de depósitos cuaternarios aluviales. Rañas, glacis y terrazas fluviales, más o menos desmanteladas, son las geoformas más comunes, donde se desarrolla una campiña agraria que deja paso a vegas fértiles.

4 DESCRIPCIÓN DE LAS ACCIONES DE PROYECTO CON INCIDENCIA SOBRE EL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO Y SUS ZONAS DE PROTECCIÓN

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO PROPUESTO

En el presente apartado, se describe la localización del proyecto y sus características técnicas y constructivas generales.

En el capítulo 6 del Estudio ambiental “Descripción del proyecto y de las acciones del mismo” se describen a nivel de detalle todos los elementos e infraestructuras que formarán parte del proyecto, así como todos los trabajos establecidos en las fases de construcción y desmantelamiento.

4.1.1 Localización del proyecto

El proyecto de implantación de las plantas solares fotovoltaicas Camareta Solar y Cornamusá Solar se ubica en los términos municipales de Anchuelo y Villalbilla, pertenecientes a la Comunidad de Madrid.

Dichas PFV se conectarán a la subestación eléctrica (SE) de Henares 220/400 kV, situada en el término municipal de Anchuelo, a través de una línea de media tensión a 30 kV soterrada que se elevará a 220 kV en la propia SE de Henares. De la SE de Henares partirá una línea de alta tensión a 400 kV hasta el punto de conexión, situado en la Subestación de REE de Anchuelo 400 kV, también en el término municipal de Anchuelo.

En la tabla siguiente se detallan las parcelas del catastro en el que se implantarán las PFV y las líneas de media tensión de evacuación de la energía generada:

Tabla 1. Parcelas catastrales para la implantación de las PFV. Fuente: QEnergy.

INFRAESTRUCTURAS	MUNICIPIO	POLÍGONO	PARCELA
PFV Camareta Solar	Anchuelo	1	32
		8	206, 207, 212, 216, 9003 y 10032
	Villalbilla	1	32
Línea de MT	Anchuelo	8	201, 202, 9002, 9009, 10201 y 10202
PFV Cornamusa	Anchuelo	3	56, 57, 58, 59, 61, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 95, 96, 97 y 9003
		4	9002, 10098, 20098, 30098 y 40098
Línea de MT	Anchuelo	1	4, 8, 9, 10, 12, 13 9001 y 9002
		3	9008
		8	201

En la tabla siguiente se incluyen las coordenadas del centro geométrico de las PFV Camareta Solar y PFV Cornamusa Solar:

INFRAESTRUCTURAS	Centro geométrico ETRS89 UTM 30	
	Coordenada X	Coordenada Y
PFV Camareta Solar	475202,1	4478640,5
PFV Cornamusa Solar	475657,7	4480847,82

En la tabla siguiente se incluyen las coordenadas de los puntos más representativos de la infraestructura de evacuación de las PFV Camareta Solar y PFV Cornamusa Solar:

	LSMT CAMARETA		LSMT CORNAMUSA	
	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada X	Coordenada Y
Inicio	475122	4479114	475209	4480101
Fin	475055	4479647	475065	4479637
Zona	30 UTM			
DATUM	ETRS89			

El área de la implantación de las plantas fotovoltaicas contará con varios recintos vallados. La superficie disponible para el caso de Camareta Solar es de 37,91 ha, pero la superficie total de ocupación es de 10,27 ha y para el caso de Cornamusa Solar, la superficie

disponible es de 101,12 ha y la superficie total de ocupación de 25,30 ha. Por tanto, la ocupación (zona vallada) de las PFV es de 139,03 hectáreas, mientras que la ocupación real de los equipos es de 35,57 ha, lo que ofrece una ratio de ocupación del 25,58%.

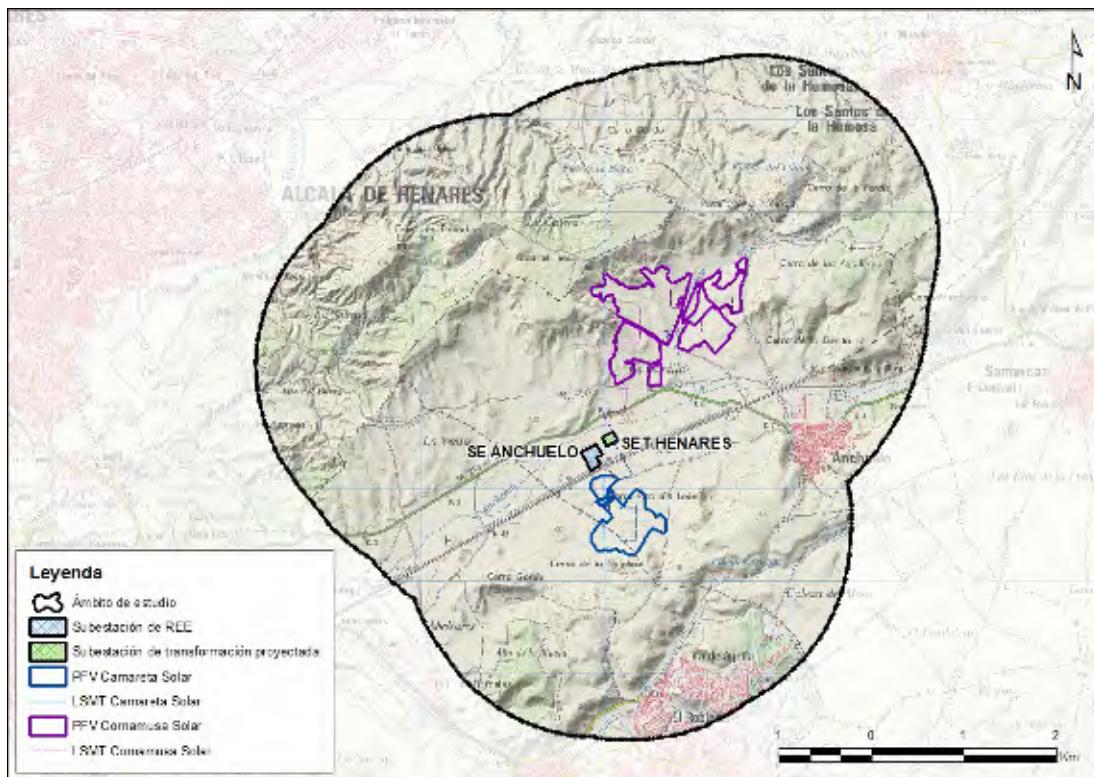


Figura 1. Localización del proyecto. Fuente: elaboración propia.

Las PFV se localizan al noroeste y oeste de la localidad de Anchuelo, estando el punto más próximo de las mismas a más de 1 km de distancia de esta localidad.

Las PFV cuentan con varios puntos de acceso a las instalaciones, debido a que se encuentran compartimentadas en 10 áreas (3 la PFV Camareta y 7 la PFV Cornamusa) que cuentan con un vallado perimetral independiente.

El acceso a las plantas se realizará por caminos de utilidad pública que parten de la carretera M-213, que comunica las localidades de Anchuelo y El Gurugú. Estos caminos poseen unas condiciones de entronque con la carretera M-213 y configuración geométrica aptas para el paso de vehículos de obra y mantenimiento y están siendo utilizados actualmente por maquinaria agrícola, por lo que cuentan con las dimensiones adecuadas para el tránsito de la maquinaria necesaria para la ejecución de la obra.

4.1.2 Descripción básica del proyecto fotovoltaico propuesto

El proyecto solar fotovoltaico está integrado por las PFV Camareta Solar y Cornamusa Solar, de 23,2 MWp y 62,46 MWp de potencia pico respectivamente, así como por las instalaciones de evacuación hasta la subestación elevadora SET Henares 220/400 kV para su posterior transporte hasta la SE Anchuelo (REE).

Las infraestructuras del sistema fotovoltaico con conexión a red eléctrica se componen de dos partes fundamentales:

- Un generador fotovoltaico, donde se recoge y se transforma la energía de la radiación solar en electricidad, mediante módulos fotovoltaicos.
- Una parte de transformación de esta energía eléctrica de corriente continua a corriente alterna que se realiza en el inversor y en los transformadores, para su inyección a la red.

La célula fotoeléctrica es la unidad más pequeña de generación de la planta. Diversas células componen un panel o módulo fotovoltaico. La totalidad de paneles fotovoltaicos, unidos en combinaciones de series y paralelos, componen la parte generadora (denominada generador fotovoltaico) de la instalación.

La configuración planteada para estas plantas fotovoltaicas es de agrupación de módulos solares fotovoltaicos monocristalinos, dispuestos sobre estructura de seguidores solares a un eje.

Se ha seleccionado un módulo de 655 Wp por lo que esta configuración calculada supone la conexión de cadenas de 31 módulos en serie.

Por su parte, los seguidores solares seleccionados para la PFV Camareta Solar pueden alojar 1 string de 31 módulos por string en disposición de un módulo vertical (1V), totalizando 31 módulos en seguidor. Asimismo, los seguidores solares seleccionados para la PFV Cornamusa pueden alojar 2 strings de 31 módulos por string en disposición de dos módulos verticales (2V), totalizando 62 módulos en seguidor. En ambos casos se trata de seguidores verticales monofila con tecnología de seguimiento a un eje, dispuesto en el terreno en dirección Norte-Sur.

Mediante los inversores, a través de su electrónica de potencia, se convertirá la energía en corriente continua procedente de los módulos fotovoltaicos en energía en corriente alterna en baja tensión para que, posteriormente, los transformadores ubicados también en los Power Blocks sean los que eleven a media tensión, en concreto a 30 kV, para su transporte interior dentro de la instalación fotovoltaica hasta su conexión con la subestación elevadora.

Las plantas se conectarán a la subestación elevadora ST Henares 220/30 kV, situada en el mismo término municipal de Anchuelo, a través de líneas de media tensión de 30 kV soterrada, que discurrirán por canalizaciones externas a la instalación fotovoltaica.

La SET Henares se conectará mediante una línea eléctrica con la SE Anchuelo de REE.

El recinto se encontrará vallado perimetralmente y dotado de los oportunos sistemas de seguridad, tales como video vigilancia y sensores de presencia, con la finalidad de garantizar únicamente la presencia de personal autorizado.

La instalación incorpora todos los elementos necesarios para garantizar en todo momento la protección física de las personas, la calidad del suministro y no provocar averías en la red. Entre otros, la instalación dispondrá de elementos de protección como un interruptor automático de la interconexión o un centro de seccionamiento tanto de la parte continua como alterna, para tareas de mantenimiento y protección. Adicionalmente, la instalación contará con un equipo de contadores de electricidad para llevar a cabo el control de la energía producida.

En las obras de construcción se realizarán todos los trabajos necesarios de movimientos de tierras y demás trabajos de obra civil necesarios con el objeto de adecuar y acondicionar el terreno que acogerá la instalación y su infraestructura de evacuación, implantar todas las vías de acceso, las canalizaciones, cunetas, zanjas y restantes infraestructuras definidas.

5 AFECCIONES AL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO Y SUS ZONAS DE PROTECCIÓN

En resumen, las afecciones que el proyecto puede generar sobre el Dominio Público Hidráulico y sus zonas de protección pueden simplificarse en los siguientes tipos:

- Cruce soterrado del arroyo Anchuelo y del cauce innombrado de la línea de media tensión de conexión de la PFV Cornamusa con la SET Henares.
- Cruce soterrado del Barranco Fuente del Berraco de la línea de media tensión de conexión de la PFV Cornamusa.
- Ocupación de Zona de policía por la PFV Cornamusa.

5.1 OCUPACIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO

La PFV Camareta está proyectada en una zona desprovista de cauces naturales, sin embargo, la ubicación de la PFV Cornamusa coincide con el área en la que se encuentra el Barranco Fuente del Berraco y un cauce innombrado.

Mediante el análisis cartográfico y visitas de campo, se comprobó que la capa de información oficial de la Red hidrológica principal de la Confederación Hidrográfica del Tajo no se ajustaba a la realidad en el ámbito de estudio y en concreto en el cauce del Barranco Fuente del Berraco, por lo que la capa fue corregida.

Una vez corregida la capa, se ha definido el cauce (DPH) teniendo en cuenta la Ley de Aguas (RDL 1/2001) y la modificación introducida en el RD 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el RD 849/1986, de 11 de abril, por lo que para su definición se han considerado criterios hidrológicos, geomorfológicos, cartográficos e históricos.

Los criterios que se han seguido para la delimitación del DPH y sus áreas de protección, se presentan a continuación en detalle, con la descripción detallada de las bases utilizadas y las fuentes de procedencia de las mismas. Estos criterios, vienen establecidos en base a la ley (Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de Julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas) y la guía del MITERD (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico) en lo relativo a la delimitación de DPH.

Fuentes de información

Se han cargado las implantaciones correspondientes de cada PFV y se ha establecido un ámbito de estudio de 100 m a partir del vallado para llevar a cabo la delimitación del DPH y sus áreas de protección, conocidas como Zona de servidumbre (5m) y Zona de policía (100m).

A continuación, se presentan las fuentes utilizadas para la delimitación del DPH:

- Base Topográfica Nacional a escala 1:25.00 (BTN25): Hoja base para determinar la presencia de cauces en el ámbito de estudio a partir del componente Hidrográfico sobre el que se basa, y que está compuesto por la red hidrográfica (ríos, arroyos, lagos, canales, embalses, etc.).
- Fuente: Base Topográfica Nacional 1:25.000. Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Sede Electrónica del Catastro: permite el acceso a toda la información catastral, en este caso particular, relativo a zonas delimitadas de dominio público hidráulico (DPH). Fuente: Sede Electrónica del Catastro - Inicio (sedecatastro.gob.es)
- Confederación Hidrográfica del Tajo (CHT): información geográfica de la Demarcación hidrográfica del Tajo coincidente con el ámbito de estudio. Fuente: <http://www.chtajo.es/LaCuenca/Paginas/CapasIDEE-Tajo.aspx>

- Ortofoto máxima actualidad PNOA: ortofotos del territorio empleadas para determinar mediante fotointerpretación la presencia de diferentes elementos hidrográficos. Fuente: Ortofoto máxima actualidad PNOA (Plan Nacional de Ortophotografía Aérea). 2018. Sistema de referencia: ETRS 1989 UTM Huso 30N. Centro de Descargas del CNIG (IGN).
 - Ortofoto histórica PNOA: ortofoto histórica del territorio, empleadas para determinar mediante fotointerpretación la presencia de diferentes elementos hidrográficos en un contexto histórico que facilite la detección de cauces que hayan podido sufrir alguna modificación del terreno a lo largo del tiempo. Fuente: WMS de Ortopotos históricas de España y PNOA anual en www.ign.es máxima crecida ordinaria a partir de interpretación de las pendientes.
 - Modelo Digital de Superficies LiDAR: información sobre las superficies de elevación sobre el terreno. Permite establecer la existencia de cauces y la dirección y longitud del curso de agua. Fuente: <https://wmts-mapa-lidar.idee.es/lidar>. Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE).
 - Servicio WMS (Web Map Service) Zonas inundables: permite la visualización y consulta de las áreas delimitadas como Zonas Inundables correspondientes a un escenario de muy alta probabilidad de inundación:
 - (periodo de retorno de 10 años).
 - (periodo de retorno de 50 años).
 - (periodo de retorno de 100 años).
 - (periodo de retorno de 500 años).
- Fuente: WMS (Web Map Service) del MITERD (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).
- Láminas de inundación Q10 y Q100 (análisis HECRAS): Compuesto por datos de precipitación (valores normales y extremos), escorrentía en las cuencas de implantación de las PFV, y la dinámica hidrológica de los cauces a una distancia inferior a 100m de la planta. Permite establecer aquellas zonas con potencial de inundación sobre el terreno y que pudieran afectar a la implantación de las plantas fotovoltaicas. Fuente: elaborado por D. Sergio Zubelzu Mínguez, profesor investigador del Departamento de Ingeniería Forestal (Hidráulica, Hidrología y Riesgos) de la Universidad Politécnica de Madrid. Se anexa al expediente.

Criterios de aplicación para delimitación del DPH.

Para la determinación de los diferentes criterios de aplicación, se debe tener en cuenta siempre, que la fotointerpretación llevada a cabo, tiene como base un análisis geomorfológico, biótico e histórico, realizado con el fin de establecer claridad científico-técnica en la delimitación del DPH.

Así mismo, a continuación, se presenta los criterios establecidos durante el desarrollo de la cartografía para la delimitación del DPH según su orden de fiabilidad.

1. Existencia de Cauce (BTN25), existencia de DPH delimitado (Catastro) y existencia de la posibilidad de llevar a cabo la fotointerpretación geomorfológica, biótica e histórica coincidente (PNOA máxima actualidad) → Se delimita el DPH de acuerdo al criterio catastral en consonancia con fotointerpretación del Terreno (PNOA).
2. Existencia de Cauce (BTN25), existencia de DPH delimitado (Catastro) y no existencia de fotointerpretación geomorfológica, biótica e histórica coincidente (PNOA máxima actualidad) → Se delimita el DPH, de acuerdo a la fotointerpretación junto al MDS LiDAR y BTN25.
3. Existencia de Cauce (BTN25), no existencia de DPH delimitado (Catastro), existencia de CHT presente y existe fotointerpretación geomorfológica, biótica e histórica coincidente con CHT (PNOA máxima actualidad) → Se delimita el DPH, de acuerdo a la CHT en contraste con la fotointerpretación del terreno (PNOA) junto al MDS LiDAR.
4. Existencia de Cauce (BTN25), no existencia de DPH delimitado (Catastro), existencia de CHT presente y existe fotointerpretación geomorfológica, biótica e histórica no coincidente con CHT (PNOA máxima actualidad) → Se delimita el DPH, de acuerdo a la con la fotointerpretación del terreno (PNOA) junto al MDS LiDAR.
5. Existencia de Cauce (BTN25), no existencia de DPH delimitado (Catastro), existencia de CHT presente y no existe la posibilidad de llevar a cabo fotointerpretación geomorfológica, biótica e histórica (PNOA máxima actualidad) → Se delimita el DPH haciendo uso del curso establecido por la CHT, ampliando a ambos márgenes un buffer de 1m.
6. Existencia de Cauce (BTN25), no existencia de DPH delimitado (Catastro), no existencia de CHT y existe la posibilidad de llevar a cabo la fotointerpretación, geomorfológica, biótica e histórica (PNOA máxima actualidad) → Se delimita el DPH, de acuerdo al criterio de fotointerpretación del territorio.

A partir del límite del Dominio Público Hidráulico, se ha generado la Zona de Servidumbre y la Zona de Policía mediante equidistancias a 5 y 100 m, respectivamente, del DPH.

En relación con las Plantas solares fotovoltaicas proyectadas, no se ha identificado la ocupación de ninguna de ellas con las zonas delimitadas como dominio público hidráulico.

Sin embargo, la línea de media tensión de la PFV Cornamusá está proyectada para cruzar de forma soterrada el arroyo de Anchuelo y un cauce innominado en el trazado de conexión con la SET Henares y el Barranco fuente del Berraco en la conexión de dos de sus parcelas.

Esta actuación quedará supeditada al permiso de condiciones impuestas por la CHT.

Necesidad de movimientos de tierra en DPH

No se prevén movimientos de tierra en DPH ya que el proyecto no contempla tránsito ni ocupación sobre los cauces presentes en el ámbito del proyecto, por lo que no se precisa de apertura de nuevos caminos o actuación de adecuación alguna.

Los únicos movimientos de tierra que se prevén son los asociados al cruce soterrado de la línea de media tensión con el arroyo de Anchuelo y con el Barranco Fuente del Berraco, pero estos movimientos de tierra no se realizarán ni en DPH ni en zona de servidumbre.

Asimismo, no se precisará tampoco la apertura de nuevos caminos o actuación de adecuación alguna.

Caracterización del impacto potencial sobre el DPH

Por todo esto, en función de la importancia y magnitud del efecto del proyecto sobre los cauces, el impacto esperado se valora como **Compatible**.

5.2 ACTUACIONES EN ZONA DE SERVIDUMBRE Y DE POLICÍA DE CAUCES PÚBLICOS

ZONA DE SERVIDUMBRE

En zona de servidumbre no se contempla la ubicación de ninguna obra o construcción que pueda impedir el tránsito sobre los 5 metros destinados a tal servidumbre.

Se entiende que la circulación por caminos existentes que incidan sobre las zonas de servidumbre o la circulación campo a través sobre éstas, no afectan a las condiciones actuales de las mismas, y, por tanto, no se consideran actuaciones que incidan sobre la obligatoriedad de respetar el ancho de cinco metros en toda la longitud de la zona colindante con el cauce (art. 6 y 7 del RDPH).

En cualquier caso, si fueran necesarias actuaciones temporales sobre esta zona deberán dejar expedito el paso por la zona de servidumbre, no suponiendo una barrera física.

Por lo tanto, los trabajos de construcción previstos en el proyecto no requieren actuación alguna sobre las zonas de servidumbre y, por tanto, no alteran las condiciones originales de las mismas.

Necesidad de movimientos de tierra en zona de servidumbre

No se prevén movimientos de tierra en la zona de servidumbre de cauces ya que todo el tránsito que se realiza sobre ésta se hace a través de accesos de tipo campo a través, por lo que no se precisa de apertura de nuevos caminos o actuación de adecuación alguna.

Los únicos movimientos de tierra que se prevén son los asociados al cruce soterrado de la línea de media tensión con el arroyo de Anchuelo, del cauce innominado y con el Barranco Fuente del Berraco, pero estos movimientos de tierra no se realizarán ni en DPH ni en zona de servidumbre.

Caracterización del impacto potencial sobre la zona de servidumbre

Por todo esto, en función de la importancia y magnitud del efecto del proyecto sobre los cauces, el impacto esperado se valora como **Compatible**.

Medida particular: se requerirá de autorización del organismo de cuenca competente para actuar en zona de servidumbre y se establecerá como medida correctora la restauración de las zonas afectadas a sus condiciones originales al finalizar los trabajos.

Adicionalmente, se establecerá como medida preventiva que la realización de los trabajos de construcción se lleve a cabo en estas zonas fuera del periodo de lluvias y siempre y cuando el terreno permita el adecuado acceso de la maquinaria.

ZONA DE POLICÍA

En relación con las Plantas solares fotovoltaicas Camareta y Cornamusa, se ha identificado que 10,01 ha de la superficie de la PFV Cornamusa coincide con la zona de policía del Barranco Fuente del Berraco y 3,34 ha coinciden con la zona de policía del cauce innominado. El efecto esperado de esta actuación se considera como ocupación permanente.

En estas áreas coincidentes con la zona de policía se realizarán las siguientes actuaciones:

- Movimientos de tierras.
- Obra civil.
- Instalación de equipos.
- Instalación de los pozos de ataque y recepción para el cruce soterrado de la Línea de media tensión.

En el caso de la línea de media tensión de la PFV Cornamusa, el cruce soterrado del arroyo de Anchuelo, del cauce innominado y del Barranco Fuente del Berraco se realizará con perforación horizontal subterránea desde la zona de policía, y los pozos de ataque y recepción se situarán también en esta zona, siempre fuera de las zonas de servidumbre del cauce. Los elementos auxiliares también se ubicarán fuera de zonas de servidumbre.

Necesidad de movimientos de tierra en zona de policía

La necesidad de realizar movimientos de tierra en zona de policía tiene que ver con las siguientes acciones:

- La excavación y relleno de la plataforma de la PFV Cornamusa.
- La ejecución del vaciado para la cimentación de los equipos a instalar.
- Cruce soterrado de la línea de media tensión del arroyo de Anchuelo y del cauce innominado para la conexión con la SET Henares 220/400kV.
- Cruce soterrado de la línea de media tensión del Barranco Fuente del Berraco.

Sobre estas acciones, la valoración de los efectos esperados son los siguientes:

- Ocupación permanente de 12,35 ha de la PFV Cornamusa.

La ocupación de las superficies de trabajo asociadas a la construcción de las plantas solares fotovoltaicas, producen un efecto que tiene que ver con la posible contaminación de suelos y/o acuíferos en zona de policía (puesto que no hay ninguna infraestructura proyectada en zona de servidumbre ni DPH) derivado del almacenaje de los utensilios de maquinaria e instalaciones auxiliares.

En estas zonas se aplicarán medidas preventivas para evitar posibles vertidos de aceite y otras sustancias contaminantes al suelo, como la impermeabilización y aislamiento de las zonas de trabajo o la prohibición de almacenamiento de este tipo de sustancias en obra.

Por otro lado, el volumen de excedentes de tierras que se generarán en la excavación para las líneas de media tensión soterradas será el siguiente:

- En el caso de la Línea de media tensión de la PFV Cornamusa coincidente con la zona de policía del Arroyo de Anchuelo la longitud del tramo será de 175,95 m.
- La longitud del tramo de línea de media tensión de la PFV Cornamusa coincidente con el Barranco Fuente del Berraco ES de 336,13 m (aunque sólo 50 m fuera del vallado perimetral).
- La longitud del tramo de línea de media tensión de la PFV Cornamusa coincidente con el cauce innominado es de 198 m.

- En el caso de la línea de media tensión de la PFV Camareta, la longitud del tramo coincidente con la zona de policía con el Arroyo de Anchuelo será de 90,3 m.

Todas estas longitudes suman 514,25 m, y dado que la excavación tendrá unas dimensiones de 1 m de profundidad x 1 m de ancho, el volumen de las excavaciones total será de 602,38 m³.

Para el cruce soterrado del Arroyo de Anchuelo, se calcula que el volumen de tierra total generado será tan sólo de unos 30 m³, 12 m³ para el cruce soterrado del Barranco Fuente del Berraco y 25 m³ para los dos cruces soterrados con el cauce innominado.

Los excedentes de tierras generados serán gestionados a través de gestor autorizado.

Caracterización del impacto potencial sobre la zona de policía

En función de la importancia y magnitud del efecto del proyecto sobre la zona de policía de cauces, el impacto esperado se valora como **Compatible**.

Medida particular: Se requerirá autorización del organismo de cuenca competente para actuar en zona de policía. Como medida preventiva se procederá a la impermeabilización de las zonas de trabajo susceptibles de verse afectadas por derrames o vertidos de aceite y otras sustancias contaminantes del suelo. Como medida correctora se establecerá la restauración de las zonas afectadas a sus condiciones originales al finalizar los trabajos.

5.3 EFECTOS SOBRE LA VEGETACIÓN

En el proyecto de construcción de las Plantas solares fotovoltaicas Camareta y Cornamusá se estima que no se generarán afecciones sobre la vegetación natural, ya que dichas PFV se ubican en parcelas de uso agrícola.

Aunque en dichas parcelas existen rodales de vegetación natural del tipo atochar acompañadas en algunos casos de retamas y almendros, estas zonas han sido excluidas para la instalación de los paneles solares, por lo que la vegetación natural existente será respetada.

Además, ninguno de estos rodales de vegetación natural se encuentra en DPH ni en sus zonas de protección, por lo que no habrá afección a vegetación en estas zonas.

Caracterización del impacto potencial sobre la vegetación

En función de la importancia y magnitud del efecto del proyecto sobre la vegetación natural asociada a DPH y sus zonas de protección, el impacto esperado se valora como **Compatible**.

Caracterización del impacto sobre el DPH y sus zonas de protección

Por todo ello, la caracterización de los efectos sobre la hidrología en fase de construcción es: (signo) negativo, (intensidad) baja, (extensión) localizada, (relación causa-efecto) directo, (complejidad) simple, (persistencia) permanente; (reversibilidad natural) reversible y (recuperabilidad) recuperable. El impacto global sobre la vegetación en fase de construcción se valora como **compatible**.

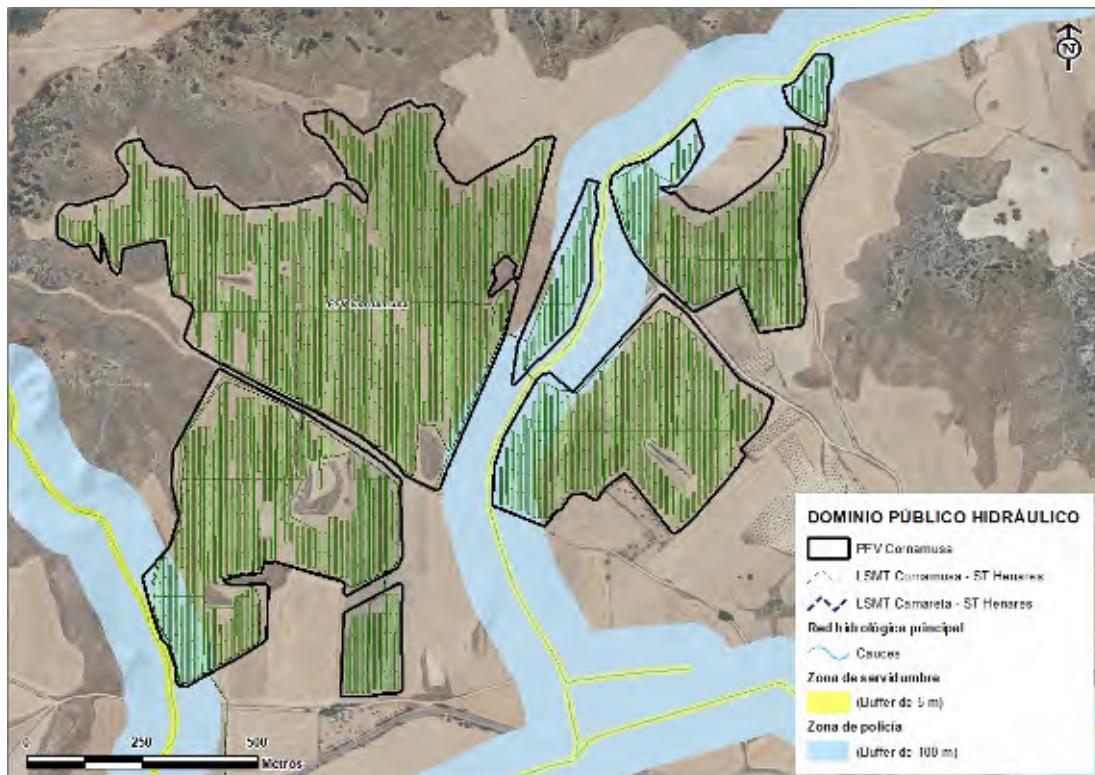
Por otra parte, la caracterización de los efectos sobre la hidrología en fase de funcionamiento es: (signo) negativo, (intensidad) baja, (extensión) localizada, (relación causa-efecto) directo, (complejidad) simple, (persistencia) permanente; (reversibilidad natural) reversible y (recuperabilidad) recuperable. El impacto global sobre la vegetación en fase de funcionamiento se valora como **compatible**.

APÉNDICE 1

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE LA PFV CORNAMUSA COINCIDENTE CON ZONA DE POLICÍA

PFV CORNAMUSACOINCIDENCIA DE LA PFV CORNAMUSA CON ZONA DE POLICÍA DEL BARRANCO FUENTE DEL BERRACO Y DEL CAUCE INNOMINADO

PFV	TT.MM.	Cauce	Superficie coincidente con Zona de policía (ha)
Cornamusa Solar	Anchuelo	Barranco Fuente del Berraco	10,01
		Cauce innominado	2,34

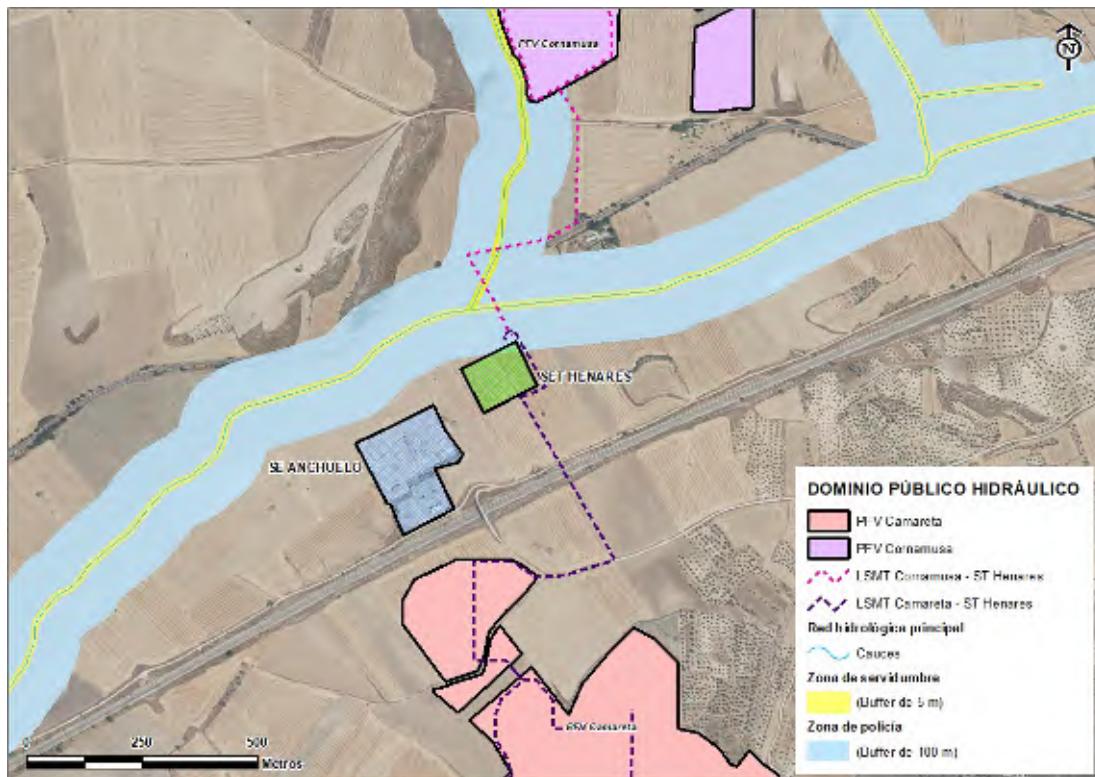
SITUACIÓN

PFV CAMARETA Y CORNAMUSA

COINCIDENCIA DE LAS LSMT DE LAS PFV CAMARETA Y CORNAMUSA CON LA ZONA DE POLICÍA DEL ARROYO DE ANCHUELO Y CRUCE SOTERRADO DE LA LSMT DE CONEXIÓN DE LA PFV CORNAMUSA CON ARROYO DE ANCHUELO Y CAUCE INNOMINADO

PSFV	TT.MM.	Cauce	Mediciones
LSMT de PFV Cornamusa Solar	Anchuelo	Arroyo de Anchuelo	175,95 m coincidentes con zona de policía. Excavación total de 175,95 m ²
		Cauce innominado	30 m coincidentes con DPH y Zona de servidumbre. Excavación mediante perforación horizontal de 30 m ³
		Cauce innominado	198 m coincidentes con zona de policía. Excavación total de 198 m ²
		Cauce innominado	25 m coincidentes con DPH y zona de servidumbre. Excavación mediante perforación horizontal de 25 m ³
LSMT de PFV Camareta Solar	Anchuelo	Arroyo de Anchuelo	90,3 m coincidentes con zona de policía. Excavación total de 90,3 m ²

SITUACIÓN

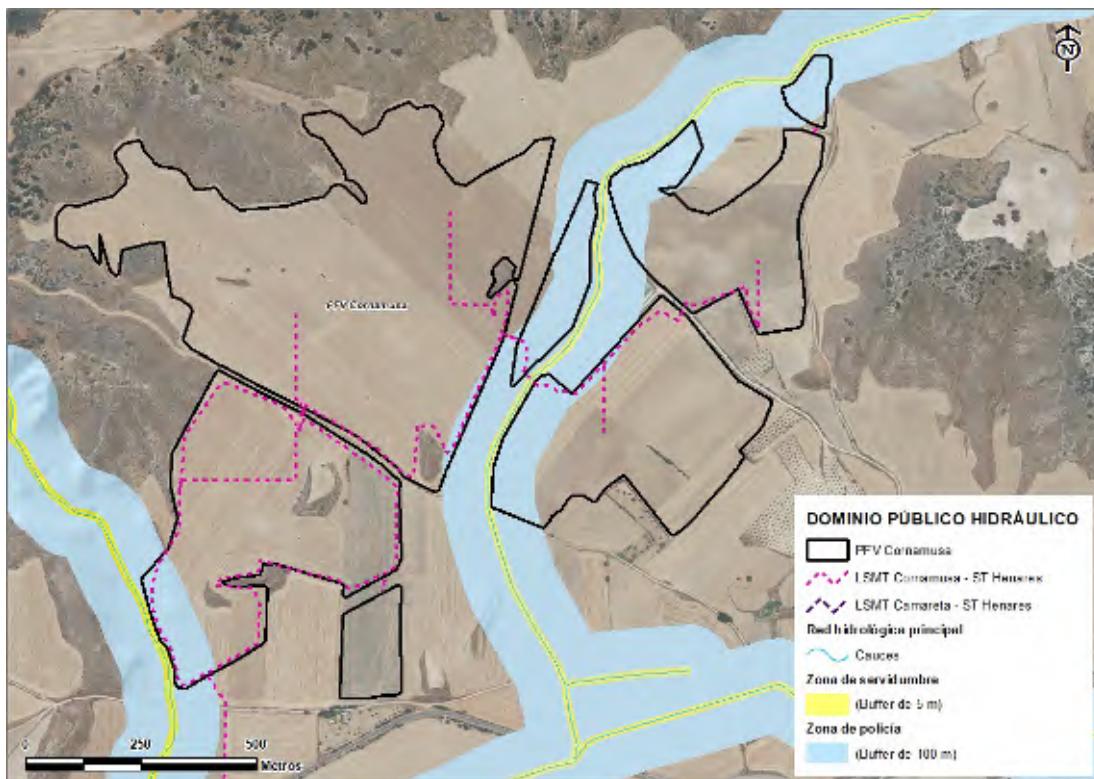


PFV CORNAMUSA

CRUCE SOTERRADO DE LA LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN DE LA PFV CORNAMUSA CON EL BARRANCO FUENTE DEL BERRACO

PSFV	TT.MM.	Cauce	Mediciones
LMT de PFV Cornamusa	Anchuelo	Barranco Fuente del Berraco	336,13 m coincidentes con zona de policía, de los cuales sólo 51 m estarían localizados fuera del vallado de la PFV Cornamusa Solar.
			336,13 m ³
			12 m de cruce soterrado del DPH y zona de servidumbre
			Excavación mediante perforación horizontal de 12 m ³

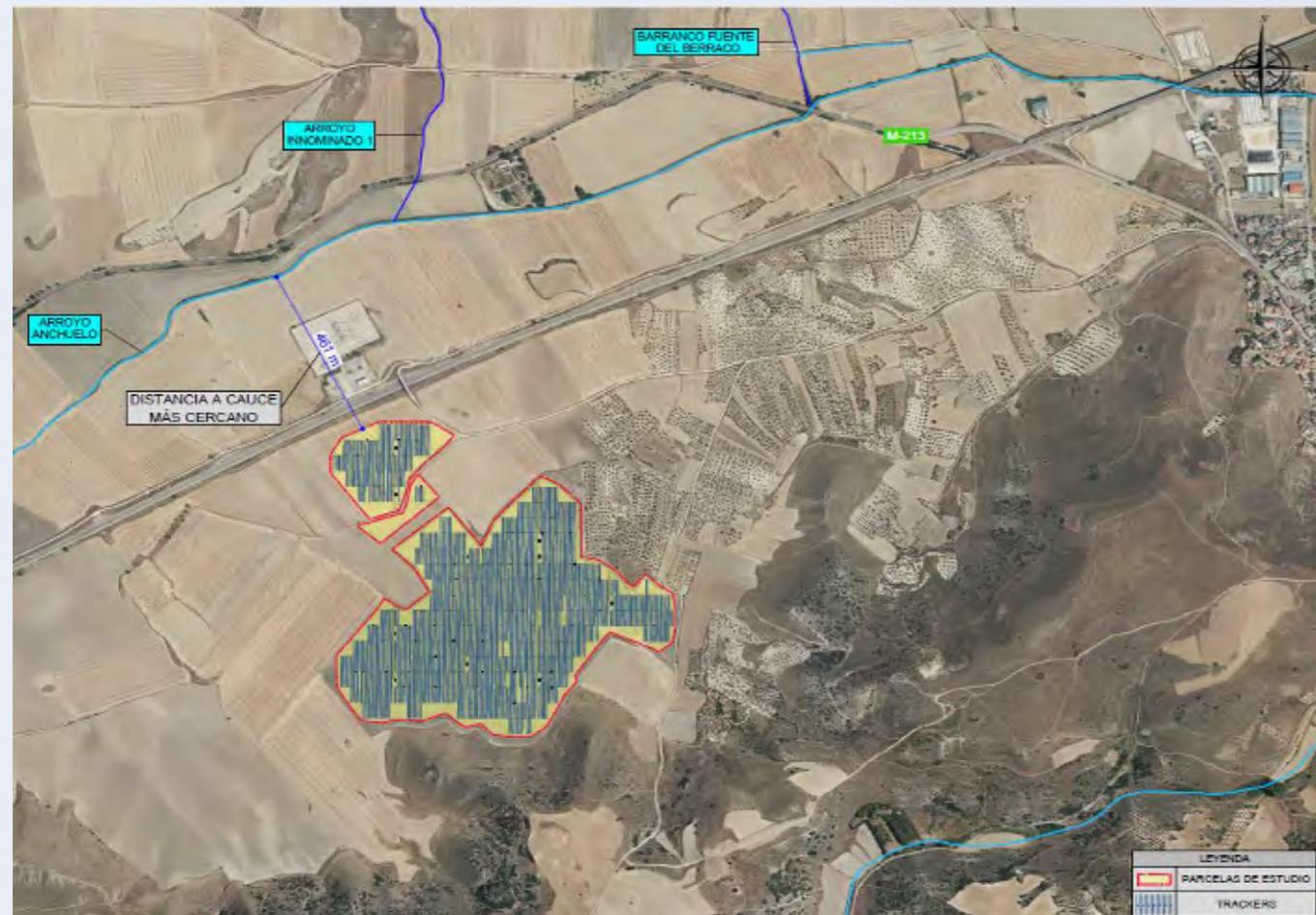
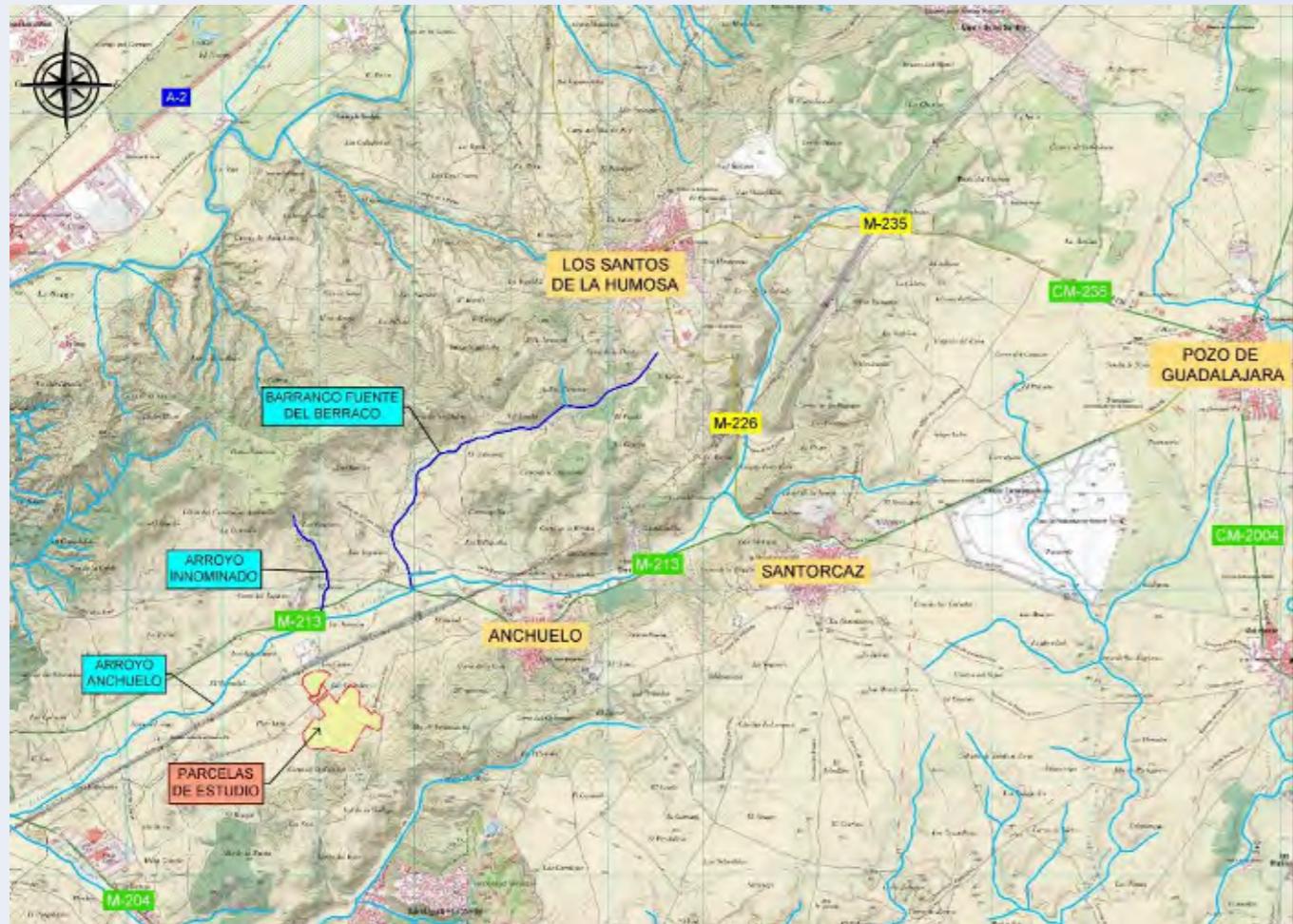
SITUACIÓN



Verbund



ANEXO IV. Estudio hidrológico e hidráulico



CLIENTE:

CAMARETA SOLAR, S.L

TÍTULO:

INFORME JUSTIFICATIVO DE NO AFECCIÓN POR CAUCES PÚBLICOS DE LA FUTURA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA “CAMARETA SOLAR”, UBICADA EN EL T.M. DE ANCHUELO (MADRID)

CONSULTORA:

civile



INGENIEROS AUTORES DEL PROYECTO:

JAVIER MERINO CRESPIÓN

Ingeniero Agrónomo. Nº Col. 2.382

Ingeniero Civil. Nº Col. 19.615

RAFAEL ORDÓÑEZ PEREIRA

Ingeniero de Montes, N.º Col. 4.748

Ingeniero Civil, N.º Col. 25.319

FECHA DE REDACCIÓN:

DICIEMBRE 2021

VERSIÓN:

2

EJEMPLAR (Versión completa): I de I

CAJA: I de I

TOMO: I de I

TOMO:

I

DOCUMENTO:

INFORME JUSTIFICATIVO DE NO AFECCIÓN POR CAUCES PÚBLICOS

INFORME JUSTIFICATIVO DE NO AFECCIÓN POR CAUCES PÚBLICOS DE LA FUTURA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA “CAMARETA SOLAR”, UBICADA EN EL T.M. DE ANCHUELO (MADRID)

Cliente:

CAMARETA SOLAR, S.L

Ingenieros autores del proyecto:

Javier Merino Crespín
Rafael Ordóñez Pereira

Consultora:



Fecha de redacción / Versión:

Diciembre de 2021 / 00

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. CONCLUSIONES	5
APÉNDICE Nº1: PLANOS	6

1. INTRODUCCIÓN

CIVILE ICF redacta el presente documento a petición de **CAMARETA SOLAR S.L.** con objeto de justificar el hecho de que no sea necesario la realización de un estudio hidrológico e hidráulico para el desarrollo de la futura planta fotovoltaica “CAMARETA SOLAR”, ubicada en los TT.MM. de Anchuelo y Villalbillla (Madrid).

Para ello, hay que indicar en primer lugar que la red Hidrográfica de referencia empleada para la zona de estudio se ha obtenido de la red hidrográfica recogida por la cartografía oficial de la Confederación Hidrográfica del Tajo y la red hidrográfica disponible en formato shapefile en el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG).

Teniendo en cuenta el trazado de los cauces recogidos por estas fuentes y lo especificado en el artículo 5 del RDPH (Reglamento del Dominio Público Hidráulico), los arroyos del estudio serían los siguientes:

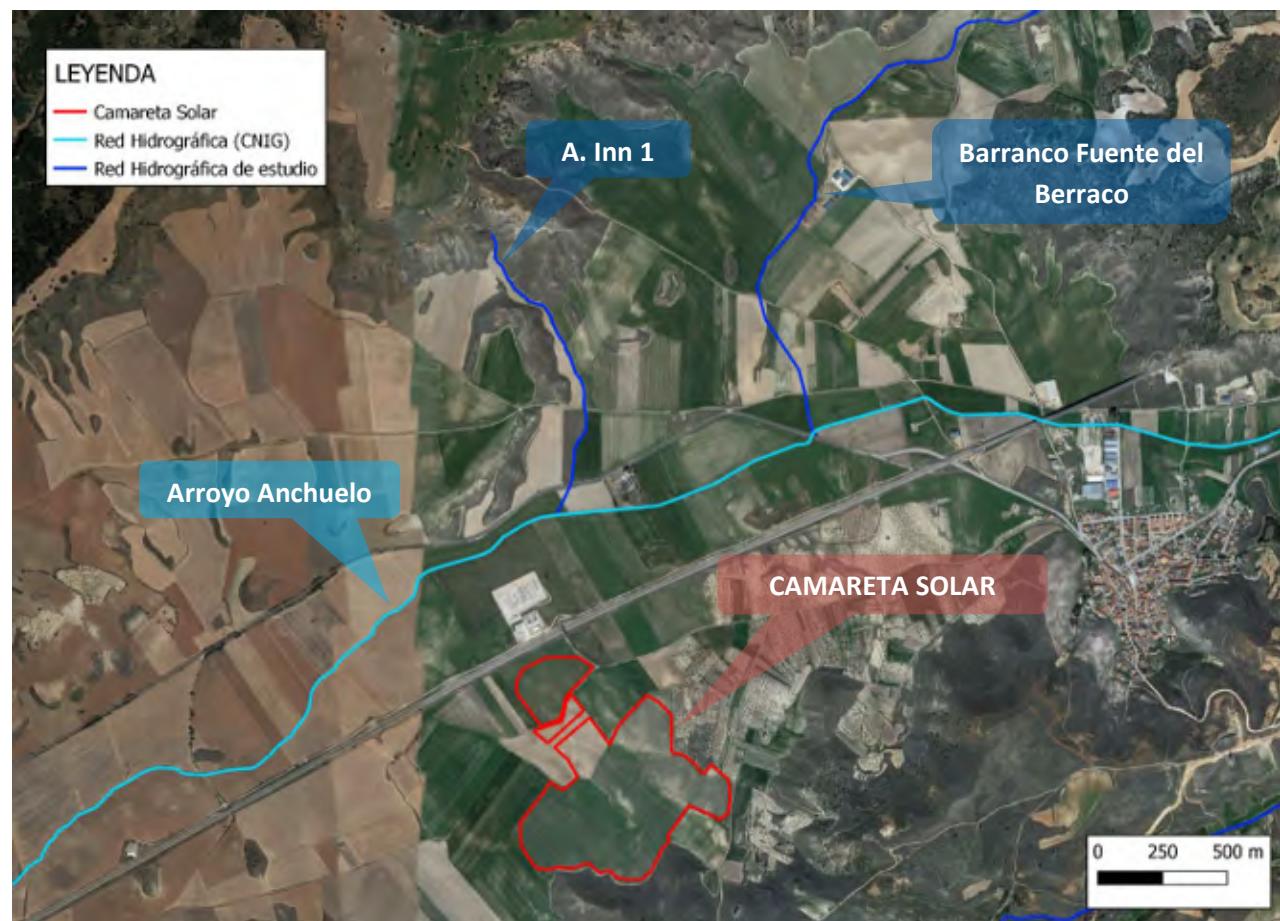


Imagen 1.-Ubicación de Camareta Solar, respecto a la red hidrográfica de estudio

Como se observa en la Imagen 2, la futura planta solar de “CAMARETA SOLAR” quedaría fuera de la Zona de Policía (franja lateral de cien metros de anchura a cada lado del cauce) de la red hidrográfica de estudio, por lo que no será necesario la realización de un estudio hidrológico e hidráulico con el fin de estudiar los máximos calados que pudieran afectar a los terrenos destinados a la futura planta solar.

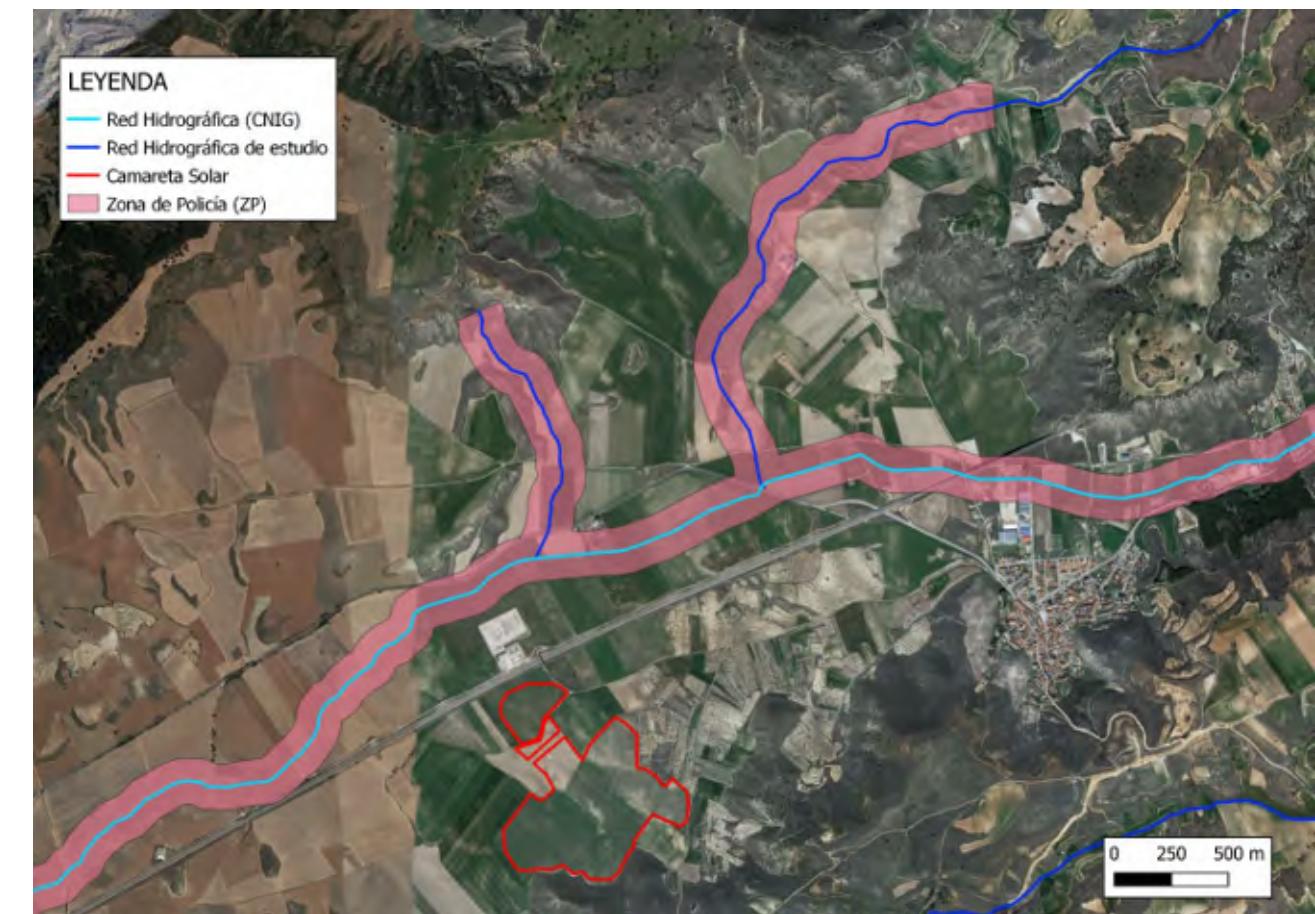
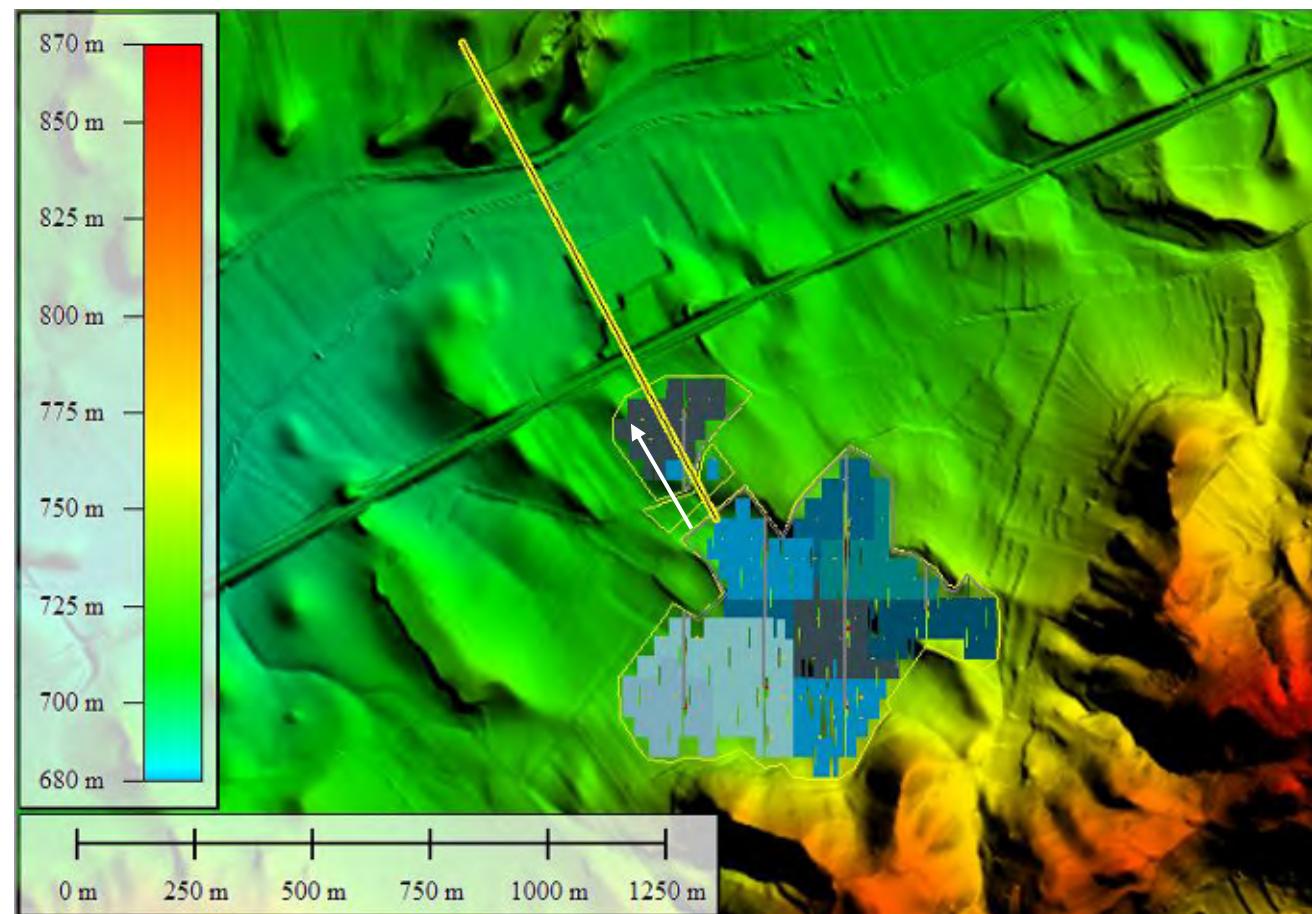


Imagen 2.- Ubicación de La Noria, fuera de la zona de policía delimitada para la red hidrográfica de estudio

Asimismo, si se observa un perfil longitudinal del terreno sobre el que se asienta la futura planta fotovoltaica “CAMARETA SOLAR”, se puede comprobar que ésta dista una distancia lo suficientemente alejada del cauce del arroyo Anchuelo, de manera que no presentará afecciones durante los episodios de avenida.

En la siguiente imagen, se muestra el perfil longitudinal del terreno.



From Pos: 474501.248, 4478844.025

To Pos: 474505.020, 4479862.713

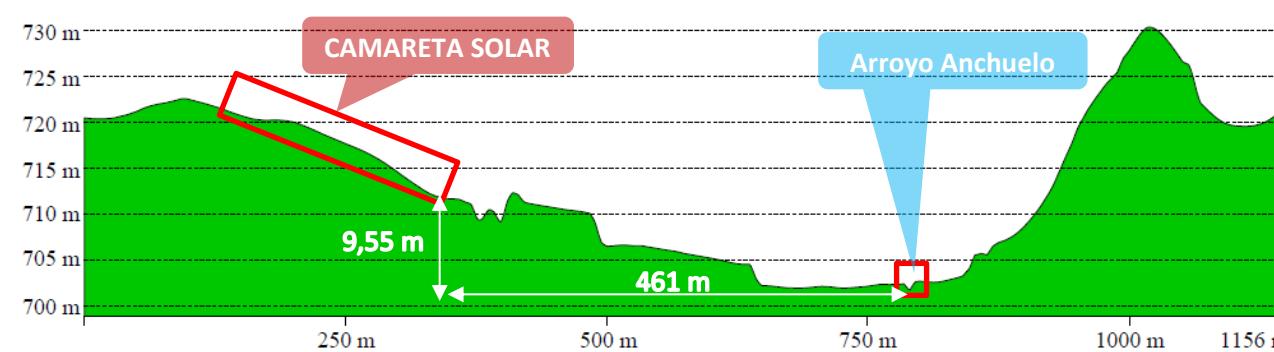


Imagen 3 – Perfil longitudinal sobre el terreno actual en el entorno del arroyo Anchuelo y la planta CAMARETA SOLAR

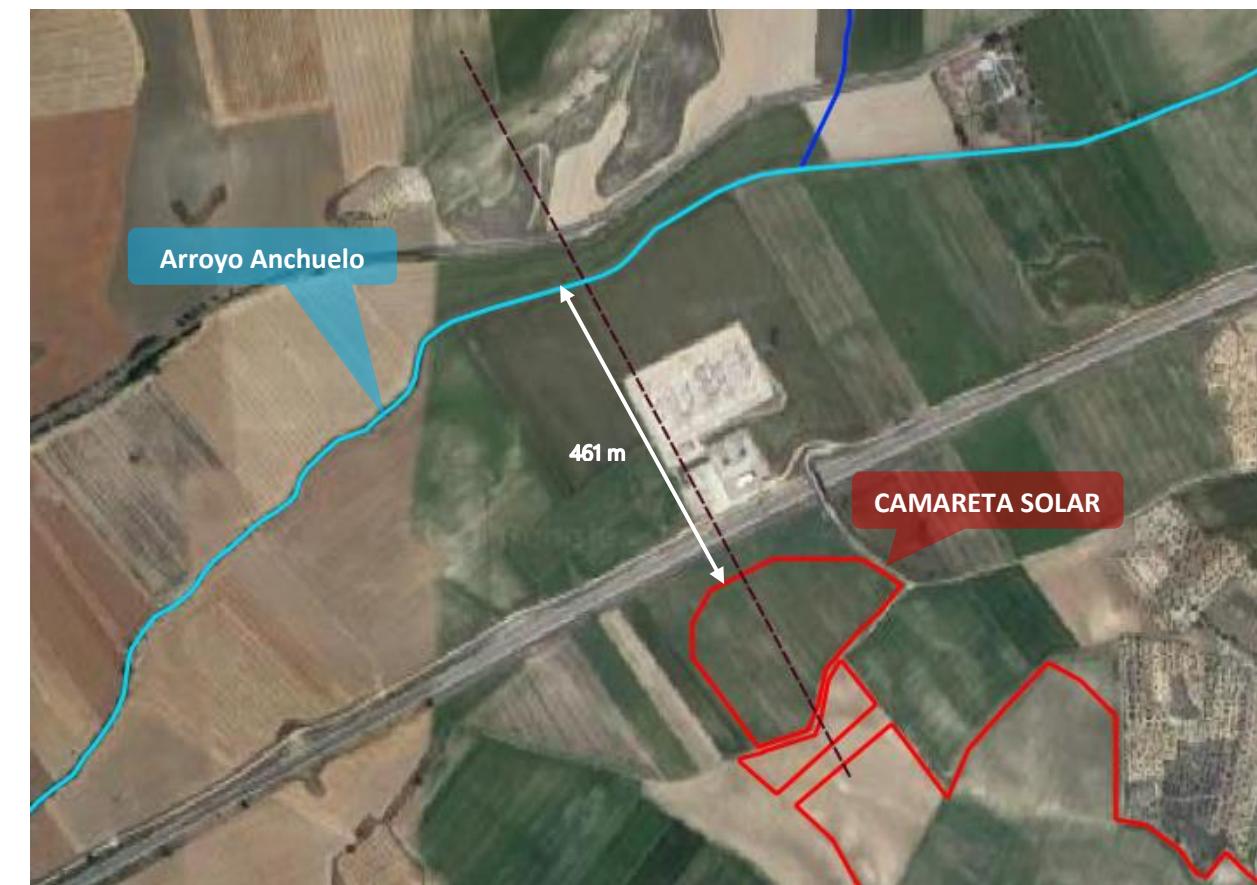


Imagen 4 – Distancia entre el punto más próximo de la planta CAMARETA SOLAR al arroyo Anchuelo

Se ha comprobado que la distancia mínima entre el cauce señalado (Innominado 1) a la planta fotovoltaica "CAMARETA SOLAR" es de unos 461 metros, aproximadamente. Además de lo anterior, se observa que dicha planta presenta una elevación considerable (9,55 metros) con respecto al cauce, por lo que no se esperan afecciones derivadas de los desbordamientos del cauce más cercano.

2. CONCLUSIONES

Ante lo expuesto en el presente documento, se determina que dada la distancia entre la futura planta solar "CAMARETA SOLAR", y la red hidrográfica de estudio (situándose ésta fuera de la Zona de Policía de la misma) no será necesario la realización de un estudio hidrológico e hidráulico para estudiar las posibles afecciones de las llanuras de inundación sobre la planta solar.

Madrid, diciembre 2021

El Ingeniero Autor del Informe:



Fdo.: Javier Merino Crespín

Ingeniero Agrónomo, N.º Col. 2.382

Ingeniero Civil, N.º Col. 19.615

El Ingeniero Autor del Informe:

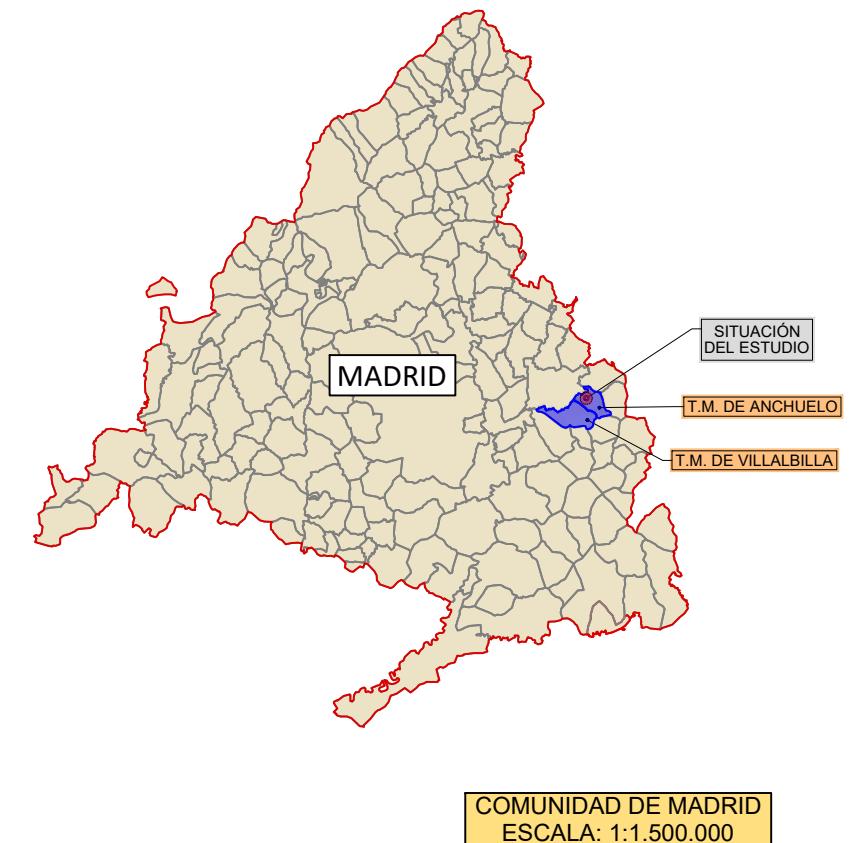
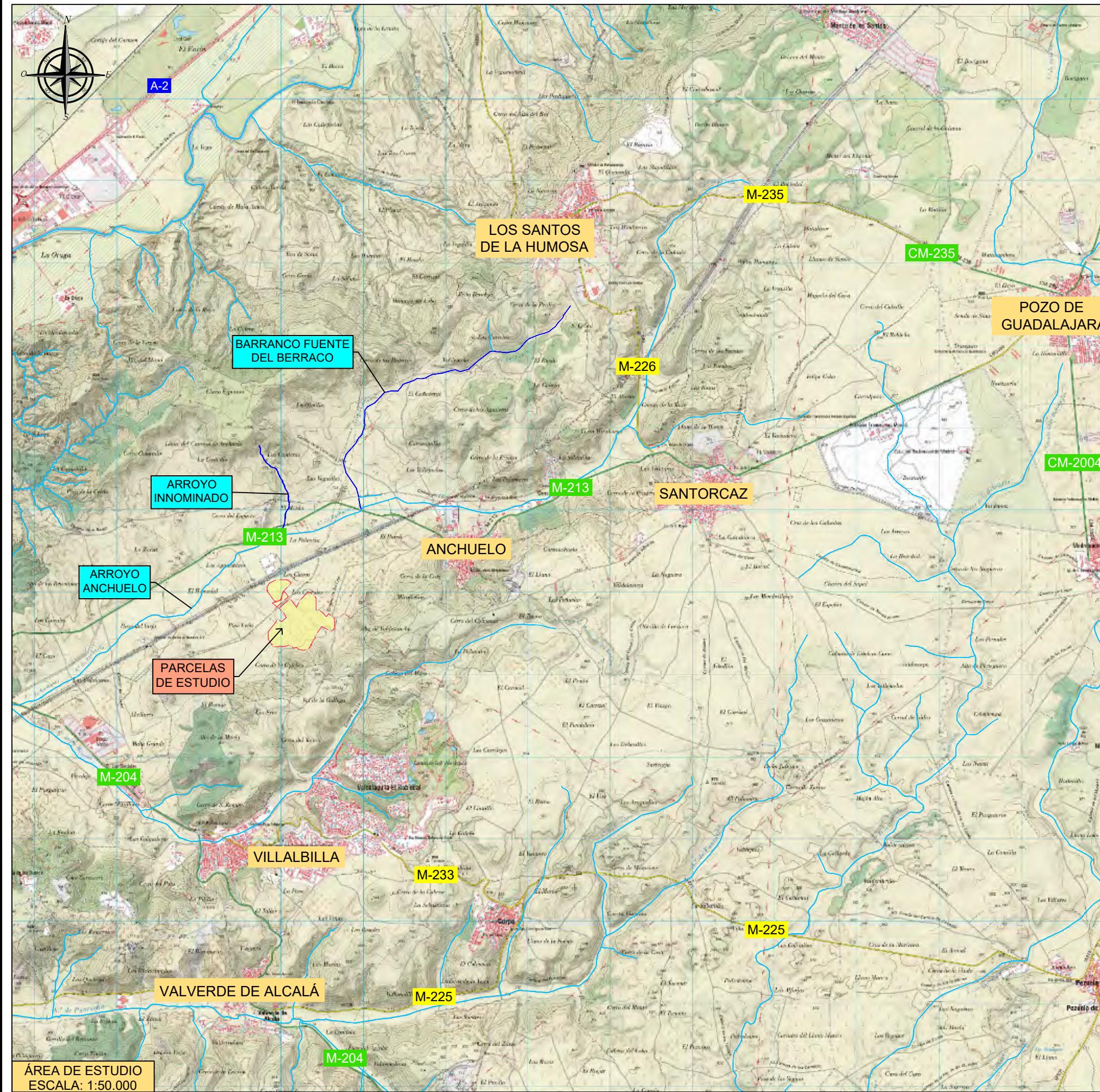


Fdo.: Rafael Ordóñez Pereira

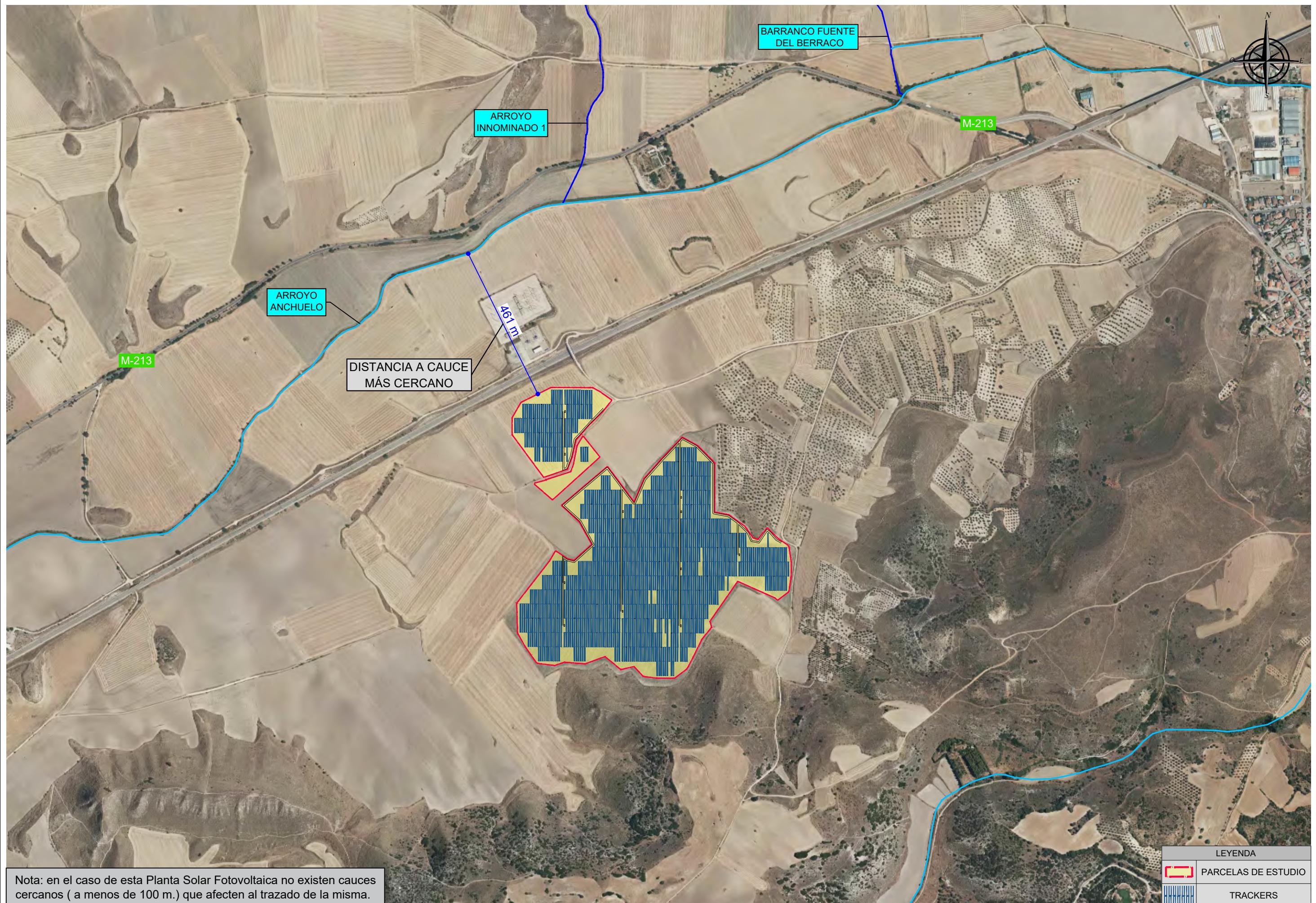
Ingeniero de Montes, N.º Col. 4.748

Ingeniero Civil, N.º Col. 25.319

APÉNDICE Nº1: PLANOS



ÍNDICE DE PLANOS	
Nº PLANO	DESIGNACIÓN
1	SITUACIÓN E ÍNDICE
2	IMPLANTACIÓN



Nota: en el caso de esta Planta Solar Fotovoltaica no existen cauces cercanos (a menos de 100 m.) que afecten al trazado de la misma.

CLIENTE:
CAMARETA SOLAR, S.L.

CONSULTORA:
e civile

INGENIERO AUTOR:

Javier Merino Crespin
Ingeniero Agrónomo. N° Colegiado 2.382
Ingeniero Civil. N° Colegiado 19.615

INGENIERO AUTOR:

Rafael Ordóñez Pereira
Ingeniero de Montes. N° Colegiado 4.748
Ingeniero Civil. N° Colegiado 23.319

FECHA:

**DICIEMBRE
2021**

TITULO:

**INFORME JUSTIFICATIVO DE NO AFECTACIÓN POR CAUCES PÚBLICOS
DE LA FUTURA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA "CAMARETA SOLAR",
UBICADA EN EL T.M. DE ANCHUELO (MADRID)**

ESCALA:

0 50 100 200
Escala 1:10.000
FORMATO ORIGINAL UNE A-3

DESIGNACIÓN:

IMPLEMENTACIÓN

2

HOJA 1 DE 1

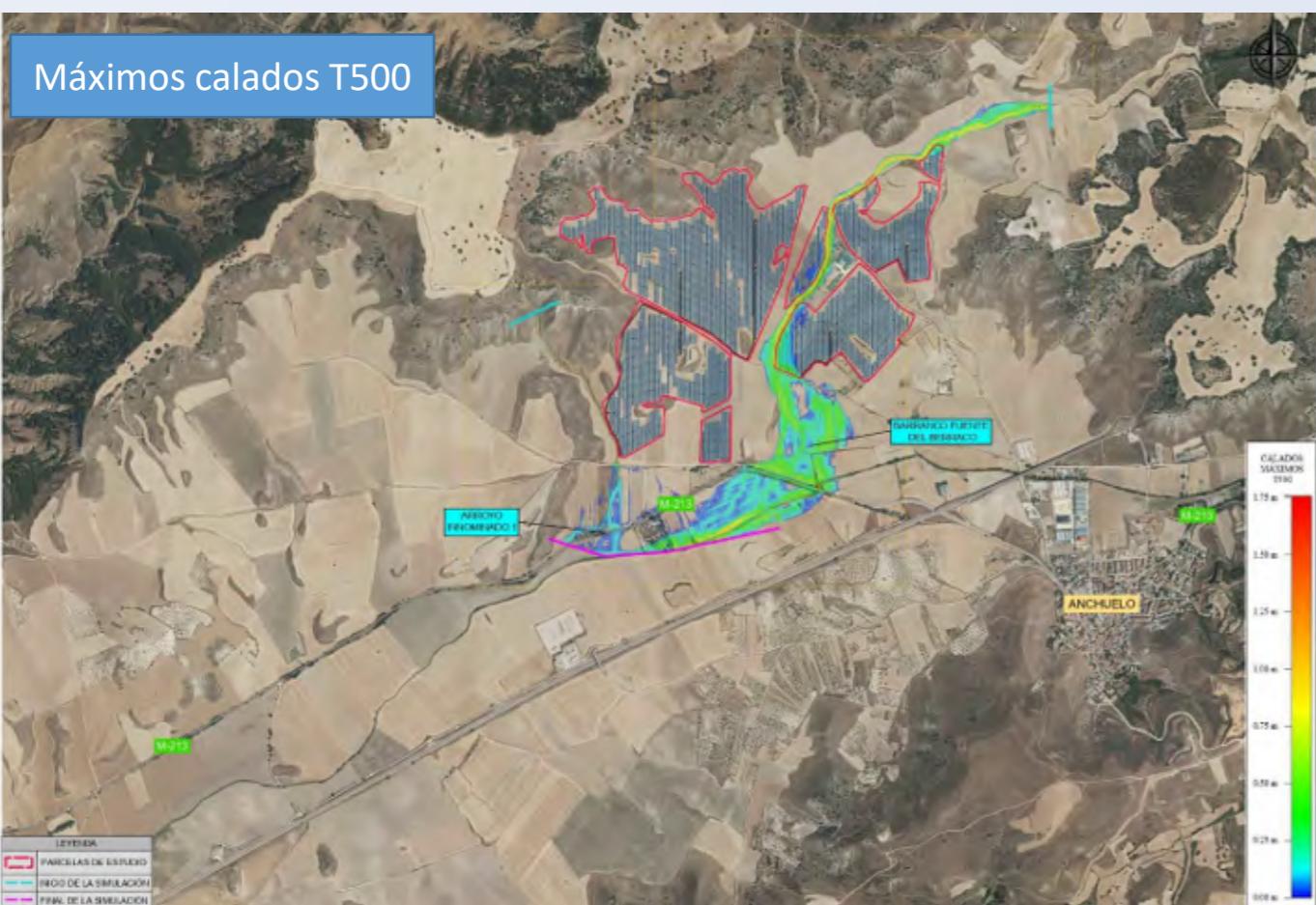


CLIENTE:

CORNAMUSA SOLAR, S.L

TÍTULO:

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO MEDIANTE MODELO AGREGADO DE LOS CAUCES AFECTADOS POR LA PSFV “CORNAMUSA SOLAR”, T.M. DE ANCHUELO (MADRID)



CONSULTORA:

civile



INGENIEROS AUTORES DEL PROYECTO:

JAVIER MERINO CRESPIÓN

Ingeniero Agrónomo. Nº Col. 2.382

Ingeniero Civil. Nº Col. 19.615

RAFAEL ORDÓÑEZ PEREIRA

Ingeniero de Montes, N.º Col. 4.748

Ingeniero Civil, N.º Col. 25.319

FECHA DE REDACCIÓN:

ENERO 2022

VERSIÓN:

3

EJEMPLAR (Versión completa): I de I

CAJA: I de I

TOMO: I de I

TOMO:

I

DOCUMENTO:

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO MEDIANTE MODELO AGREGADO DE LOS CAUCES AFECTADOS POR LA PSFV “CORNAMUSA SOLAR”, T.M. DE ANCHUELO (MADRID)

Cliente:

CORNAMUSA SOLAR, S.L.

Ingenieros autores del proyecto:

Javier Merino Crespín
Rafael Ordóñez Pereira

Consultora:



Fecha de redacción / Versión:

Enero de 2022 / 00

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETO DEL ESTUDIO.....	4
3. LEGISLACIÓN.....	4
4. ZONIFICACIÓN DEL ESPACIO FLUVIAL	5
5. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA.....	5
5.1. Ámbito geográfico	5
5.2. Ámbito orográfico	6
5.3. Ámbito hidrográfico	7
5.3.1. Demarcación Hidrográfica	7
5.3.2. Determinación del periodo de retorno correspondiente a la Máxima Crecida Ordinaria ...	8
5.3.3. Red hidrográfica.....	8
5.3.4. Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)	8
5.4. Condicionantes hidráulicos	9
5.4.1. Infraestructuras de drenaje	9
6. CARTOGRAFÍA EMPLEADA	10
7. CÁLCULOS HIDROLÓGICOS	11
7.1. Introducción.....	11
7.2. Cartografía empleada	12
7.3. Definición de la cuenca	12
7.4. Análisis pluviométrico	13
7.4.1. Cálculo de la precipitación de diseño	13
7.4.2. Determinación de un hietograma de diseño.....	13
7.5. Caracterización de la escorrentía	14
7.6. Cálculo de caudales e hidrogramas	15
7.6.1. Método Racional Modificado	16
7.6.2. Método del Hidrograma Unitario	17
7.7. Caudales de diseño	18
8. CÁLCULOS HIDRÁULICOS	19
8.1. Descripción y definición del modelo hidráulico bidimensional de HEC-RAS.....	19
8.1.1. Introducción.....	19
8.1.2. Contorno de la simulación.....	19
8.1.3. Modelización del terreno	20
8.1.4. Modelización de la rugosidad.....	20
8.1.5. Modelización de infraestructuras hidráulicas	21
8.1.6. Condiciones del modelo.....	21
8.1.7. Parámetros de la simulación.....	22
8.2. Resultados del modelo hidráulico.....	23
8.2.1. Avenida asociada al periodo de retorno de 5 años (MCO)	24
8.2.2. Avenida asociada al periodo de retorno de 100 años	26
8.2.3. Avenida asociada al periodo de retorno de 500 años	28
9. PROPUESTA DE DELIMITACIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO, ZONA DE SERVIDUMBRE Y ZONA DE POLICÍA	31
10. DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE FLUJO PREFERENTE	32
10.1. Zona de Inundación Peligrosa	33
10.2. Vía de Intenso Desagüe	34
10.3. Zona de Flujo Preferente	34
11. ZONAS LIMITANTES A LA IMPLANTACIÓN	35
12. CONCLUSIONES	37
APÉNDICE N°1: HIETOGRAMAS E HIDROGRAMAS DE CÁLCULO	38
1. HIETOGRAMAS	39
1.1. Período de retorno de 5 años	39
1.1.1. Cuenca A. Innominado 1.....	39
1.1.2. Cuenca Barranco Fuente del Berraco	42
1.2. Período de retorno de 100 años.....	46
1.2.1. Cuenca A. Innominado 1.....	46
1.2.2. Cuenca Barranco Fuente del Berraco	49
1.3. Período de retorno de 500 años.....	53
1.3.1. Cuenca A. Innominado 1.....	53
1.3.2. Cuenca Barranco Fuente del Berraco	57
2. HIDROGRAMAS	60
2.1. Período de retorno de 5 años	60
2.1.1. Cuenca A. Innominado 1.....	60
2.1.2. Cuenca Barranco Fuente del Berraco	61
2.2. Período de retorno de 100 años.....	62
2.2.1. Cuenca A. Innominado 1.....	62
2.2.2. Cuenca Barranco Fuente del Berraco	63
2.3. Período de retorno de 500 años.....	64

2.3.1. Cuenca A. Innominado 1.....	64
2.3.2. Cuenca Barranco Fuente del Berraco	64
APÉNDICE Nº2: METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD.....	67
APÉNDICE Nº2: METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD.....	67
1. INTRODUCCIÓN	68
2. RUGOSIDAD EN LA LLANURA DE INUNDACIÓN	69
3. RUGOSIDAD DEL CAUCE.....	72
APÉNDICE Nº3: PLANOS.....	76

1. INTRODUCCIÓN

CIVILE ICF redacta el presente estudio hidrológico e hidráulico a petición de CORNAMUSA SOLAR, S.L. con objeto de analizar el riesgo de inundación frente a la máxima avenida con periodo de retorno de Máxima Crecida Ordinaria (MCO), 100 y 500 años, de los arroyos en el entorno de la planta fotovoltaica de **Cornamusa Solar**, situada en el T.M. de Anchuelo (Madrid), y delimitar las llanuras de inundación dentro de la zona de estudio, así como proponer una delimitación del Dominio Público Hidráulico (DPH), Zona de Servidumbre, Zona de Policía y Zona de Flujo Preferente (ZFP) de los arroyos.

La red Hidrográfica de referencia empleada para la realización del estudio se ha obtenido de la red hidrográfica en formato shapefile disponible en la página web de la Confederación Hidrográfica del Tajo, obteniendo para el entorno objeto del estudio los siguientes cauces:

- Arroyo Innominado 1
- Barranco Fuente del Berraco

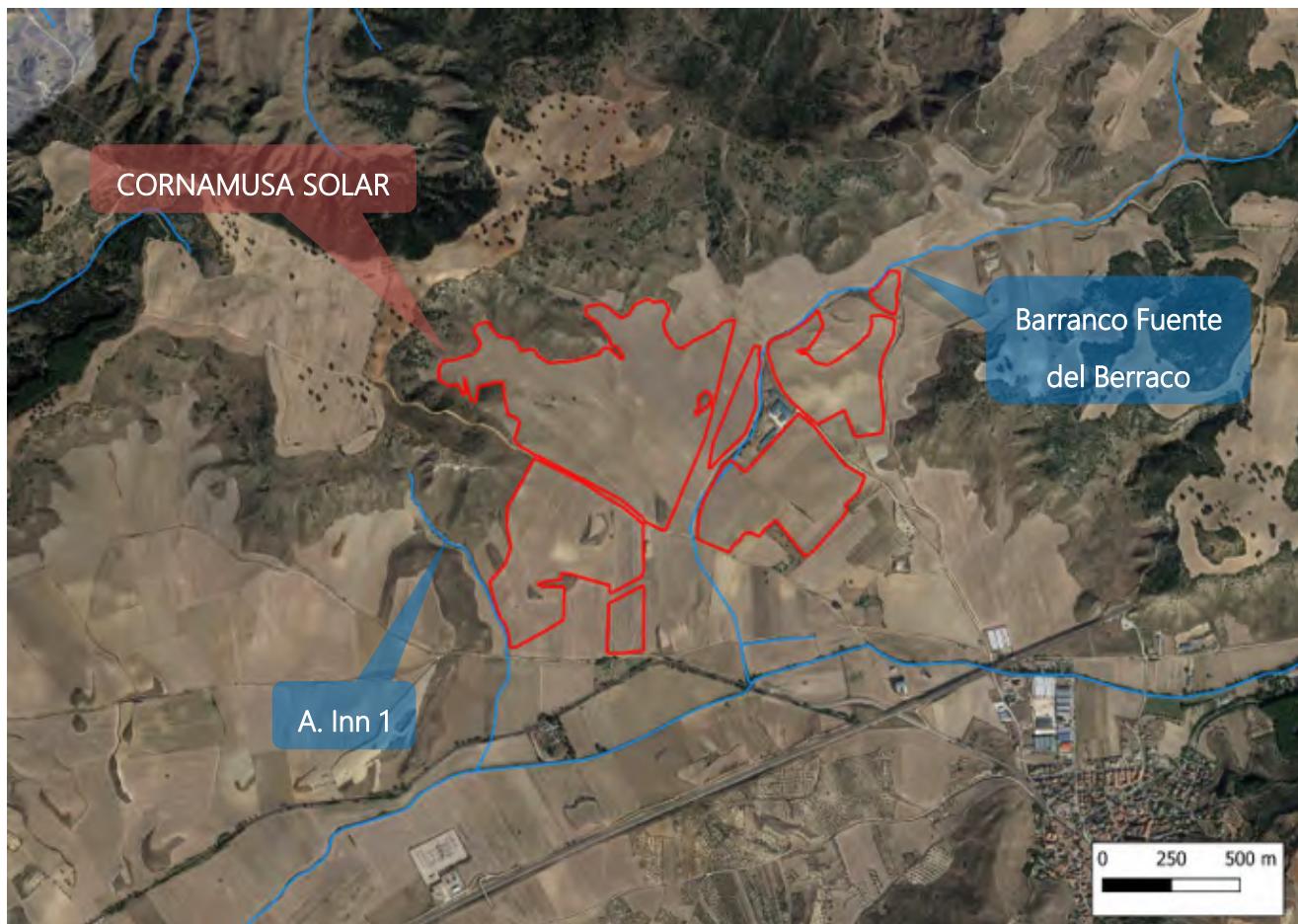


Imagen 1 – Área de estudio y red hidrográfica del entorno según datos de la Confederación Hidrográfica del Tajo

2. OBJETO DEL ESTUDIO

El objeto del presente estudio es la realización de un estudio de inundabilidad de los cauces de estudio situados en el entorno de un desarrollo fotovoltaico situado en el T. M. De Anchuelo (Madrid). El alcance del estudio se corresponderá con el desarrollo de un Estudio Hidrológico-Hidráulico de la zona objeto de análisis. A tal efecto, se analizan las avenidas correspondientes a los períodos de retorno asociados a la Máxima Crecida Ordinaria (MCO), 100 y 500 años.

En base a los resultados obtenidos de los diferentes análisis, se obtiene el Dominio Público Hidráulico (DPH), la Zona de Servidumbre (franja paralela a DPH a 5 m de distancia), la Zona de Policía (franja paralela al DPH a 100 m de distancia) y la Zona de Flujo Preferente de los cauces analizados.

3. LEGISLACIÓN

A continuación, se enumera la normativa vigente adoptada como marco de referencia en el desarrollo del presente Estudio.

- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- 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 Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- 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.
- Plan Hidrológico Nacional (Ley 10/2001, de 5 de julio) posteriormente modificado por la Ley 11/2005, de 22 de junio.
- Instrucción de Planificación Hidrológica aprobada mediante ORDEN ARM/2656/2008, de 10 de septiembre.
- Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.
- Real Decreto 1159/2021, de 28 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.
- Real Decreto 1/2016, de 8 de enero, por el que se aprueba la revisión de los Planes Hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y Júcar, y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, **Tajo**, Guadiana y Ebro. 2º ciclo 2015-2021.

4. ZONIFICACIÓN DEL ESPACIO FLUVIAL

De acuerdo con la legislación de aguas, la zonificación del espacio fluvial está formada por las zonas mostradas en la siguiente imagen, cuyo concepto se detalla posteriormente:

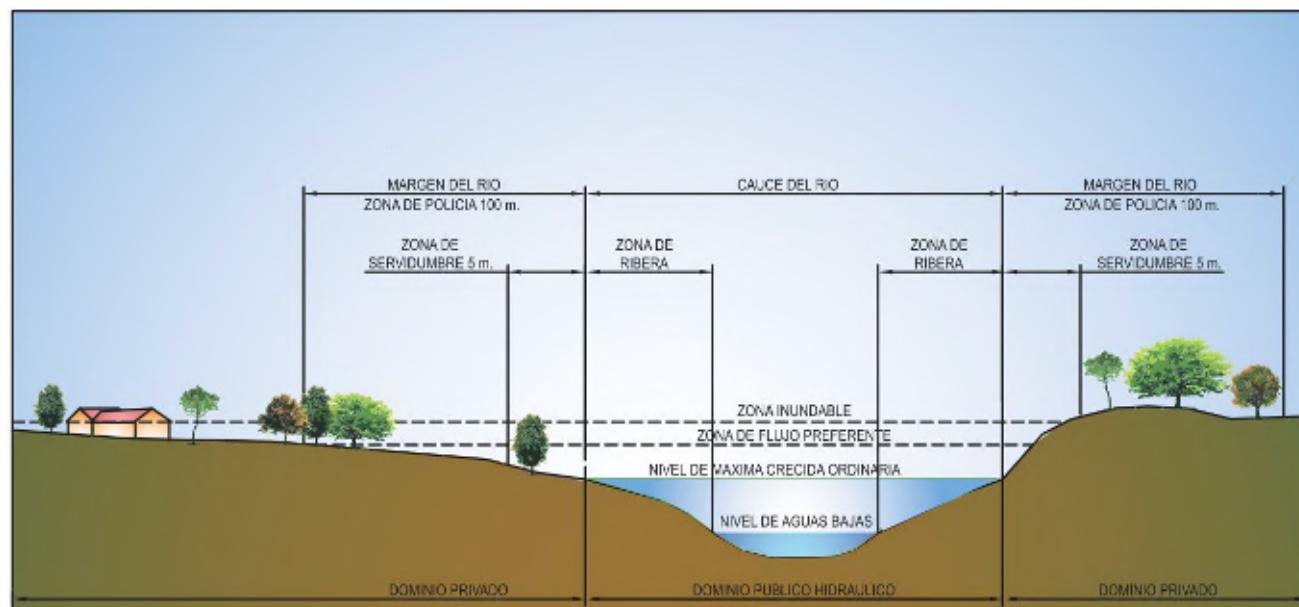


Imagen 2 – Delimitación de las diferentes franjas del cauce y contiguas al mismo.

- **Cauce natural**, de una corriente continua o discontinua, es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias.
- **Ribera** es cada una de las fajas laterales situadas dentro del cauce natural, por encima del nivel de aguas bajas.
- **Margen** es el terreno que limita con el cauce y situado por encima del mismo.
- **Zona de servidumbre** es la franja situada lindante con el cauce, dentro de la zona de policía, con ancho de cinco metros, que se reserva para usos de vigilancia, pesca y salvamento.
- **Zona de policía** es la constituida por una franja lateral de cien metros de anchura a cada lado, contados a partir de la línea que delimita el cauce, en las que se condiciona el uso del suelo y las actividades que en él se desarrollan. Su tamaño se puede ampliar hasta recoger la zona de flujo preferente, la cual es la zona constituida por la unión de la zona donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas y 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. La definición de la zona de flujo preferente se detalla en la siguiente imagen:

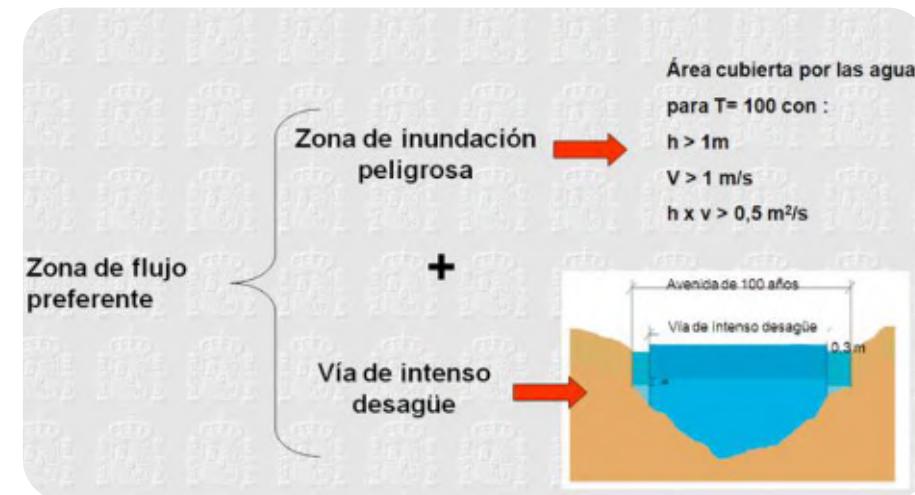


Imagen 3 – Delimitación de la zona de flujo preferente.

- **Lecho** o fondo de los lagos y lagunas es el terreno que ocupan sus aguas, en las épocas que alcanzan su mayor nivel ordinario.
- **Zonas inundables** son las delimitadas por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas, cuyo periodo estadístico de retorno sea de 500 años.

5. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA

A lo largo del presente apartado se describen las características fundamentales de la zona en la que se realiza el estudio incidiendo en la localización de la misma, los elementos orográficos e hidrográficos y los condicionantes hidráulicos existentes en el entorno.

5.1. ÁMBITO GEOGRÁFICO

La zona de estudio se sitúa en el **Término Municipal de Anchuelo (Madrid)**.

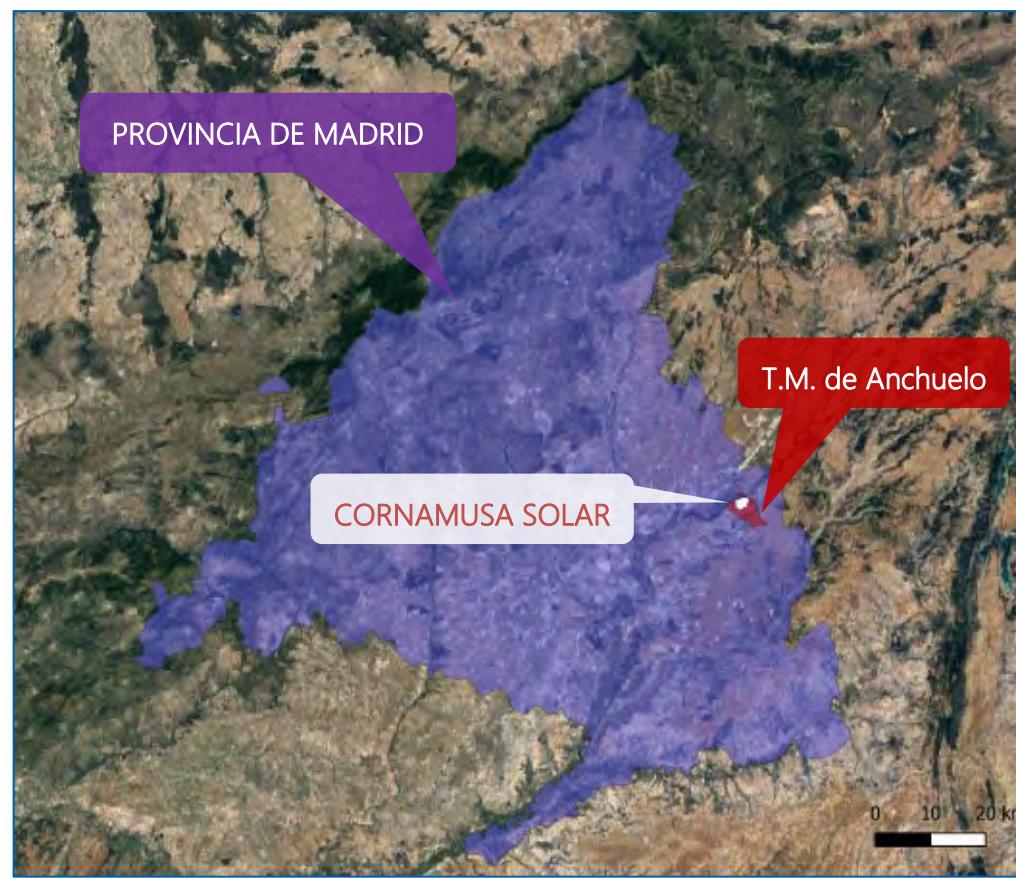


Imagen 4 – Localización del área de estudio en la provincia de Madrid y el término municipal de Anchuelo

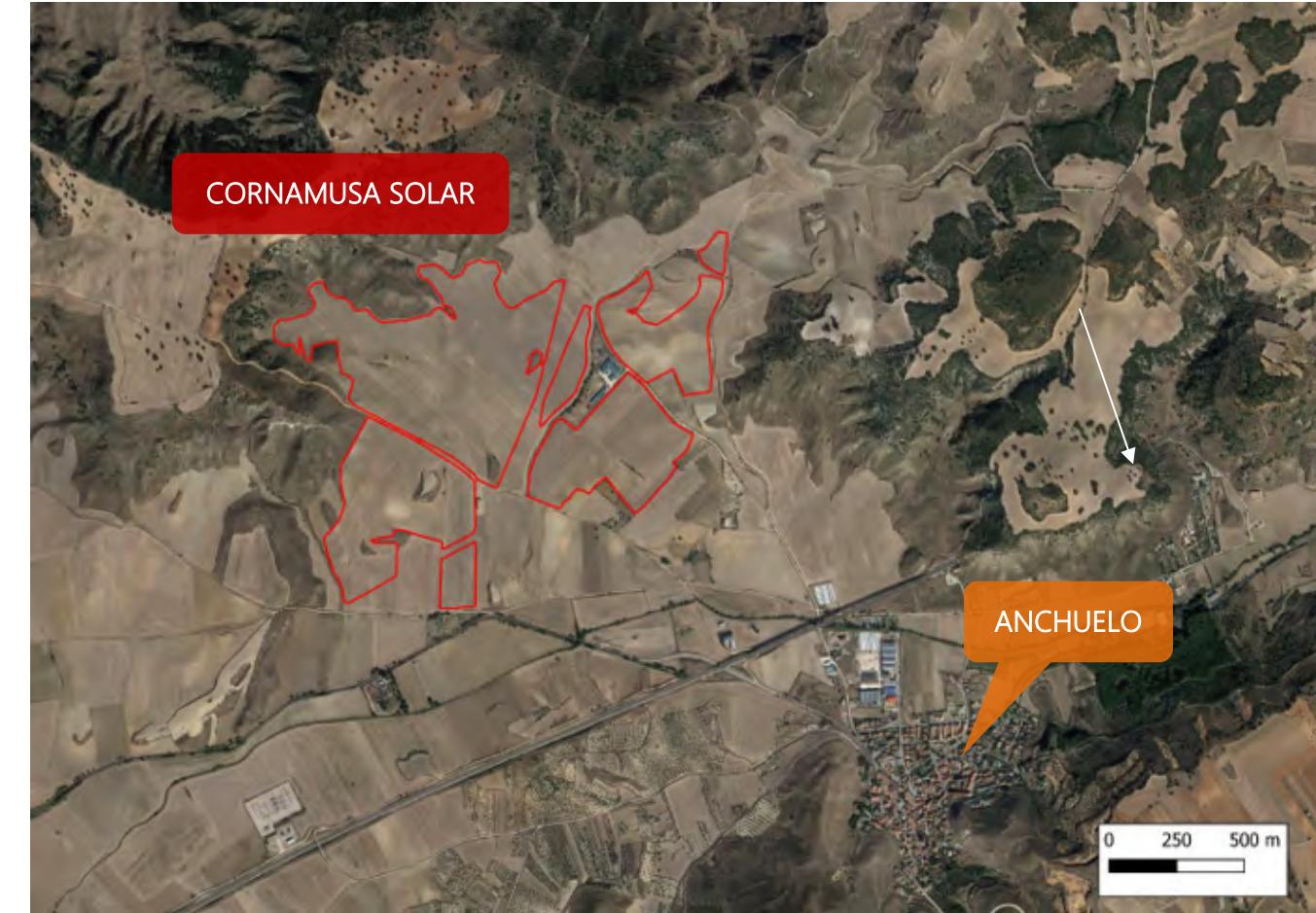


Imagen 5 – Localización de detalle del área de estudio.

5.2. ÁMBITO OROGRÁFICO

La orografía de la zona de estudio es escarpada, con vaguadas en el entorno marcadas. En cuanto a la planta solar de estudio, se sitúa en una zona escarpada, localizándose el cauce del Arroyo de Anchuelo en su zona sur.

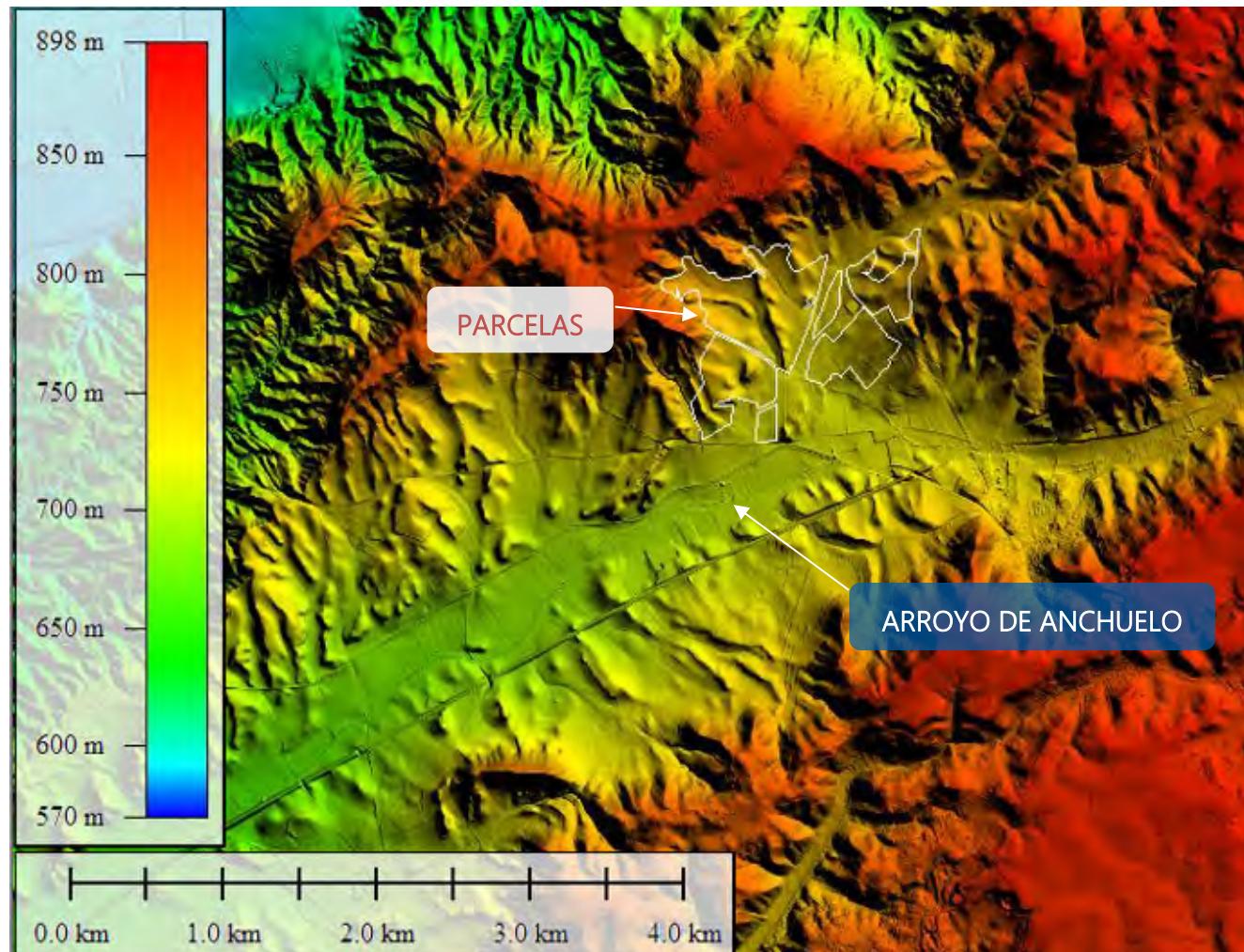


Imagen 6 – Ámbito orográfico de la zona de estudio (Fuente: MDT05 del Centro Nacional de Información Geográfica).

5.3. ÁMBITO HIDROGRÁFICO

5.3.1. DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA

La zona de estudio se encuentra ubicada dentro de la Demarcación Hidrográfica del Tajo.

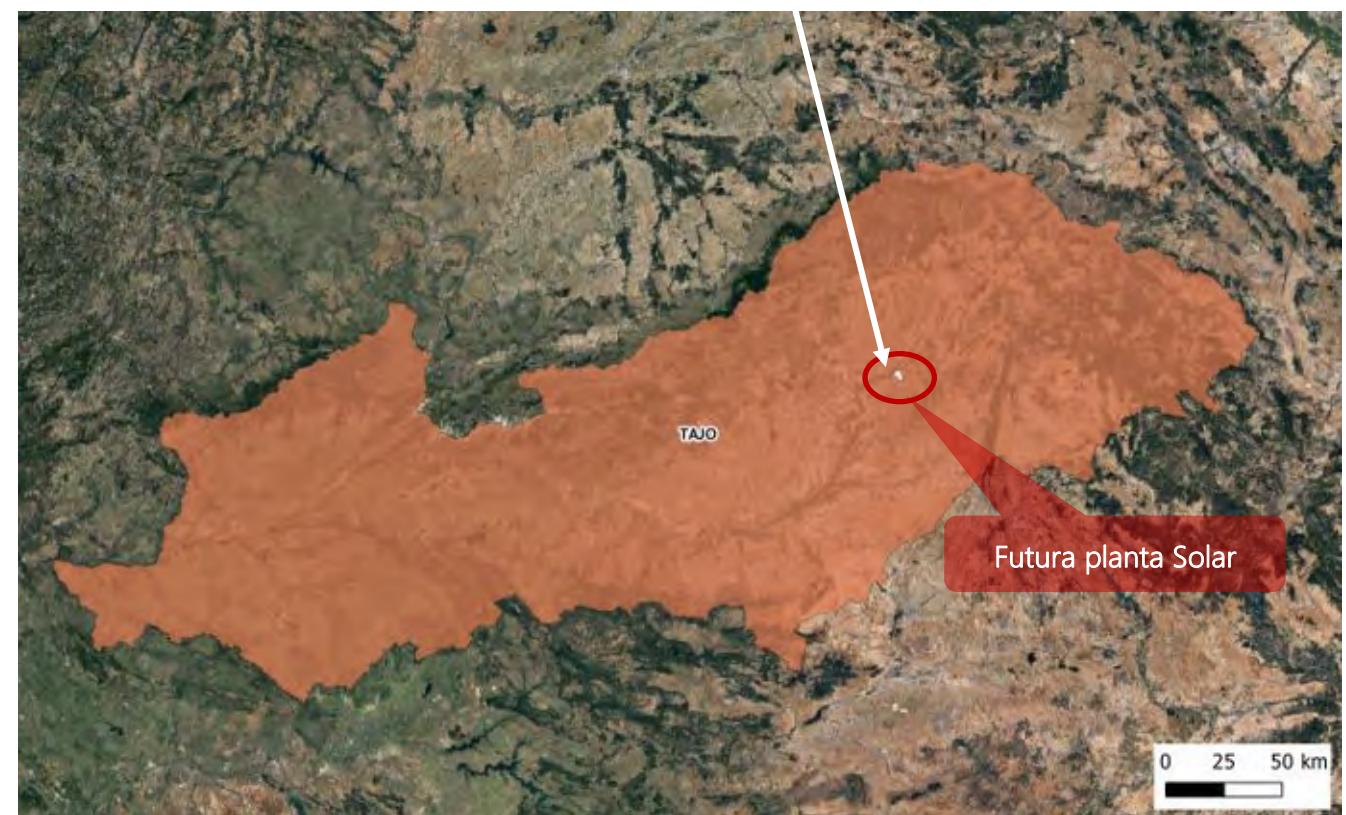


Imagen 7 – Localización del área de estudio respecto a la Demarcación Hidrográfica del Tajo

5.3.2. DETERMINACIÓN DEL PERÍODO DE RETORNO CORRESPONDIENTE A LA MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA

El período de retorno de la MCO (T_{MCO}) se tomará a partir de los cálculos del Centro de Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), que ha elaborado el siguiente mapa en el que la España Peninsular queda dividida en regiones, correspondiéndole un determinado período de retorno a cada una de ellas. En este caso, el área de estudio se encuentra en la zona 33, correspondiéndole un T_{MCO} de 5 años.

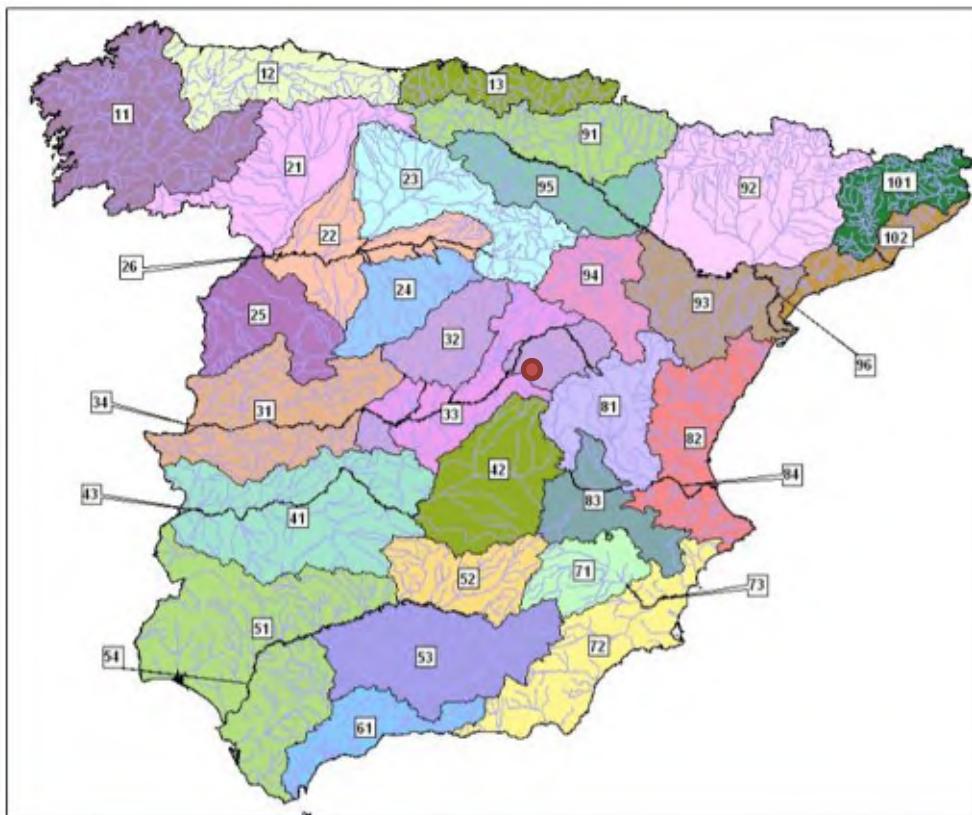


Imagen 8 – Mapa y tabla del CEDEX para calcular el T_{MCO} .

5.3.3. RED HIDROGRÁFICA

Con el objeto de definir hidrográficamente el ámbito de estudio, se ha consultado la red hidrográfica disponible en formato shapefile en el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) y la red hidrográfica recogida en la página oficial de la Demarcación Hidrográfica del Tajo (<http://www.chtajo.es/Servicios/Paginas/default.aspx>).

Como se observa, el Arroyo de Anchuelo discurriría por la zona Sur de las parcelas. Sin embargo, la Zona de Policía de este arroyo queda fuera de las mismas, por lo que este arroyo no ha sido incluido en la red hidrográfica de estudio.

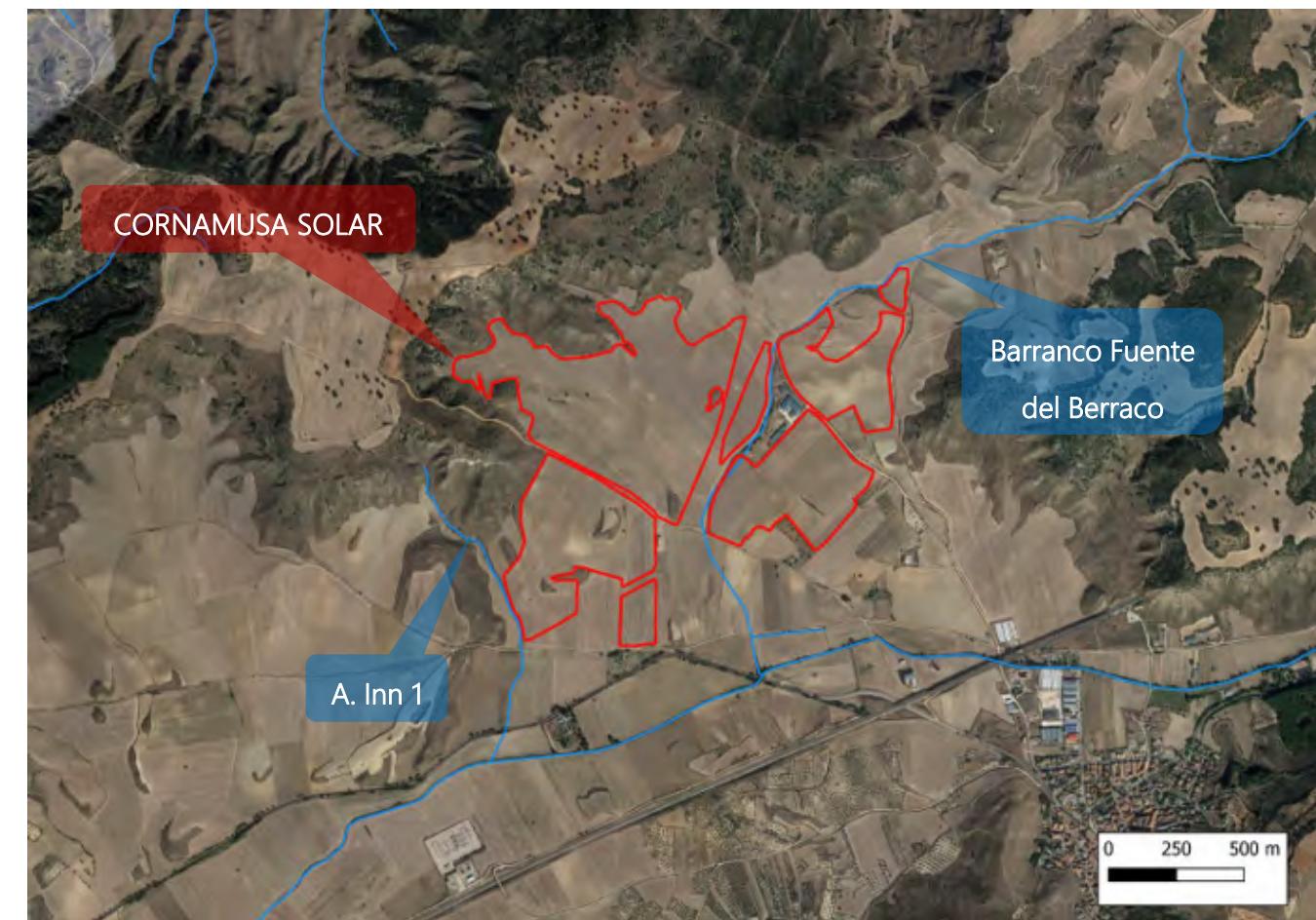


Imagen 9 – Red hidrográfica en la zona según datos de la Confederación Hidrográfica del Tajo

5.3.4. SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES (SNCZI)

El MAPAMA, siguiendo los principios de la Directiva 2007/60 sobre evaluación y gestión de riesgos de inundación, ha desarrollado el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) como instrumento de apoyo a la gestión del espacio fluvial, la prevención de riesgos, la planificación territorial y la transparencia administrativa.

El sistema tiene como base una cartografía que permite visualizar los estudios de zonas inundables elaborados por el Ministerio y las Comunidades Autónomas (<https://sig.mapama.gob.es/snczi/>).

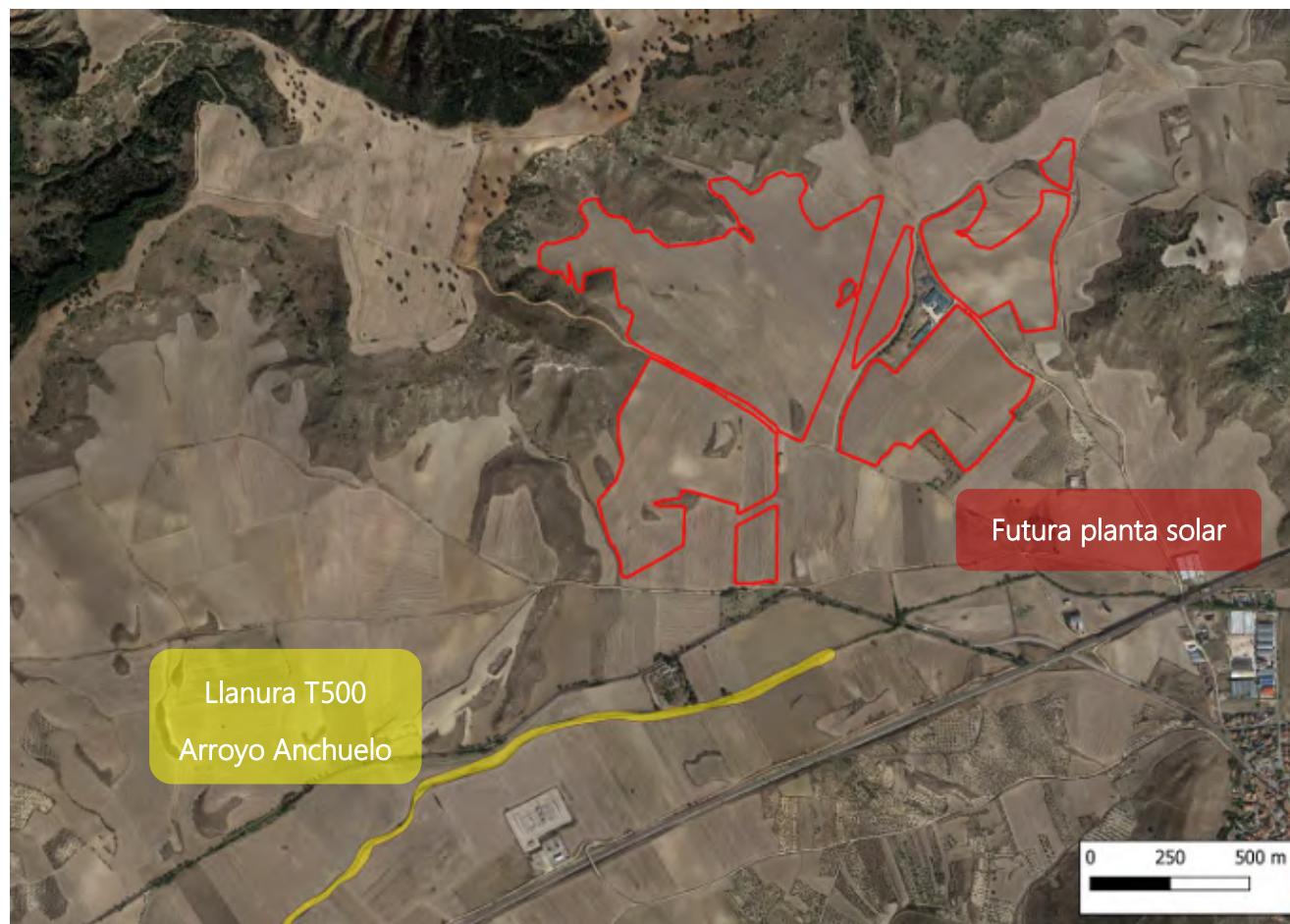


Imagen 10 – SNCZI en el entorno de estudio (lámina correspondiente a 500 años, con probabilidad baja).

Como se puede extraer de la imagen anterior, en el entorno de la zona de estudio queda recogida la llanura de inundación T500 para el Arroyo de Anchuelo (comentado anteriormente). Sin embargo, estos calados no afectan a las parcelas destinadas al futuro desarrollo fotovoltaico.

5.4. CONDICIONANTES HIDRÁULICOS

5.4.1. INFRAESTRUCTURAS DE DRENAJE

La zona de estudio posee numerosos puntos en los que se ha localiza una posible obra de paso. Sin embargo, en muchos de estos puntos no se ha encontrado ninguna infraestructura hidráulica o simplemente no ha sido posible acceder debido a la existencia de vallado privado. En la siguiente imagen se muestra el inventario realizado:

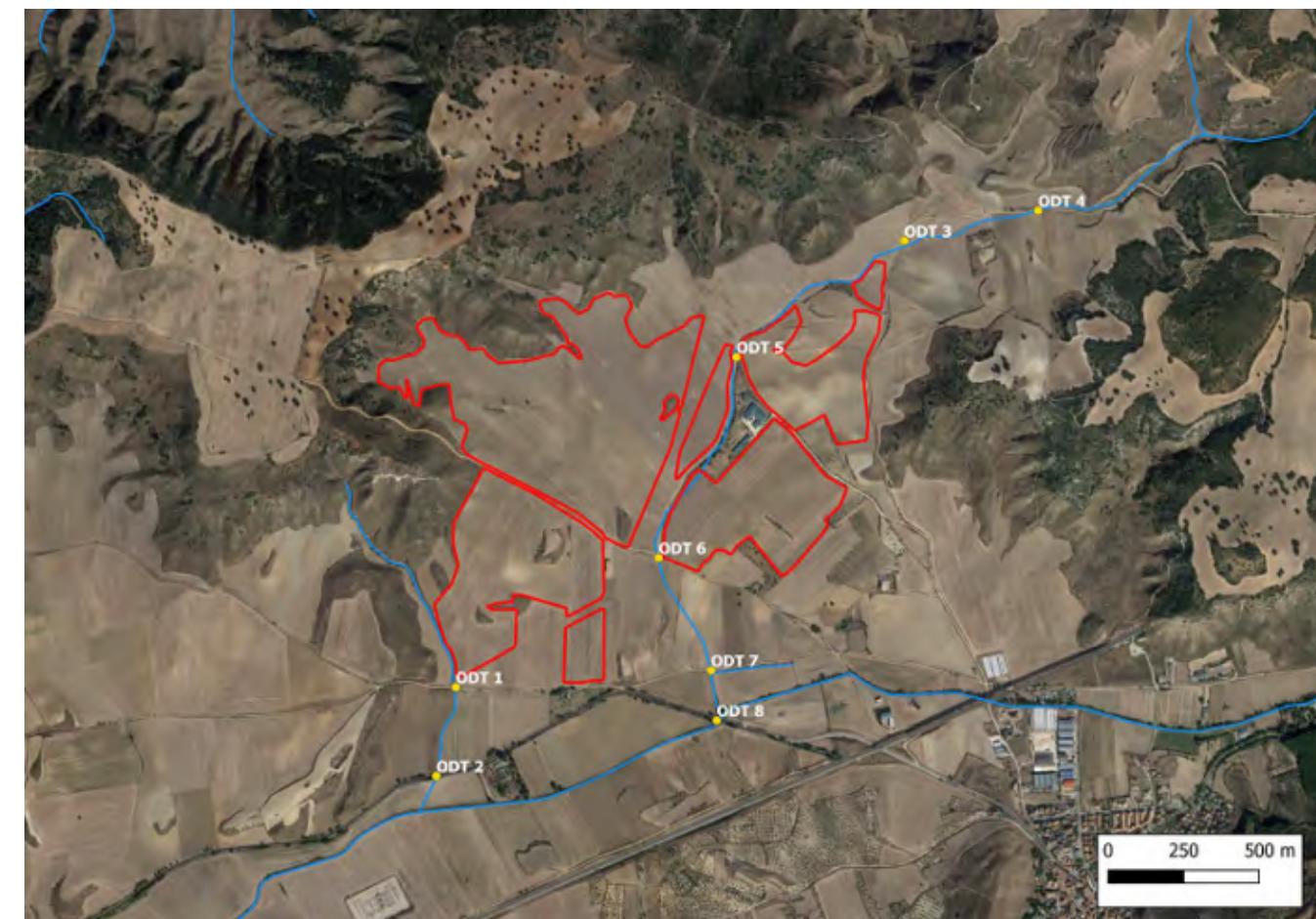


Imagen 11 – Situación de las obras de drenaje en la zona de estudio.

La caracterización de las obras de drenaje expuestas se detalla en la siguiente tabla:

ID	CAUCE	CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES	IMAGEN
1	A. Innominado 1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No se ha localizado ninguna obra de paso en este punto 	

ID	CAUCE	CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES	IMAGEN	ID	CAUCE	CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES	IMAGEN
2	A. Innominado 1	<ul style="list-style-type: none"> No se ha localizado ninguna obra de paso en este punto 		6	Barranco Fuente del Berraco	<ul style="list-style-type: none"> No se ha localizado ninguna obra de paso en este punto 	
3	Barranco Fuente del Berraco	<ul style="list-style-type: none"> No se ha localizado ninguna obra de paso en este punto 		7	Barranco Fuente del Berraco	<ul style="list-style-type: none"> No se ha localizado ninguna obra de paso en este punto 	
4	Barranco Fuente del Berraco	<ul style="list-style-type: none"> No se ha localizado ninguna obra de paso en este punto 		8	Barranco Fuente del Berraco	<ul style="list-style-type: none"> Marco Material: HA Dimensiones: 1,10 H : 0,65 V m 	
5	Barranco Fuente del Berraco	<ul style="list-style-type: none"> No se ha localizado ninguna obra de paso en este punto 					

Tabla 1 – Características de las obras de drenaje existentes en la zona de estudio que serán modelizadas.

6. CARTOGRAFÍA EMPLEADA

Las fuentes de datos empleada para la obtención de la cartografía del presente estudio son:

- Modelo digital disponible en el Centro de Descarga del Centro Nacional de Información Geográfica del Instituto Geográfico Nacional del Ministerio de Fomento del Gobierno de España.

https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/locale?request_locale=en



A escala de cuenca (escala hidrológica), se ha utilizado el modelo digital del terreno disponible con un paso de malla de 5 m, con la misma distribución de hojas que el MTN50. El formato de archivo es ASCII matriz ESRI (asc). El sistema geodésico de referencia es ETRS89 (en Canarias REGCAN95, compatible con ETRS89) y proyección UTM en el huso correspondiente a cada hoja; en Canarias el huso UTM es el 28. Según la hoja de que se trate, el MDT05 se ha obtenido de una de las dos siguientes formas: por estereocorrelación automática de vuelos fotogramétricos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) con resolución de 25 a 50 cm/pixel, revisada e interpolada con líneas de ruptura donde fuera viable, o bien por interpolación a partir la clase terreno de vuelos LiDAR del PNOA. El modelo digital del terreno con paso de malla de 5x5 m en la zona de estudio se muestra en la siguiente imagen:

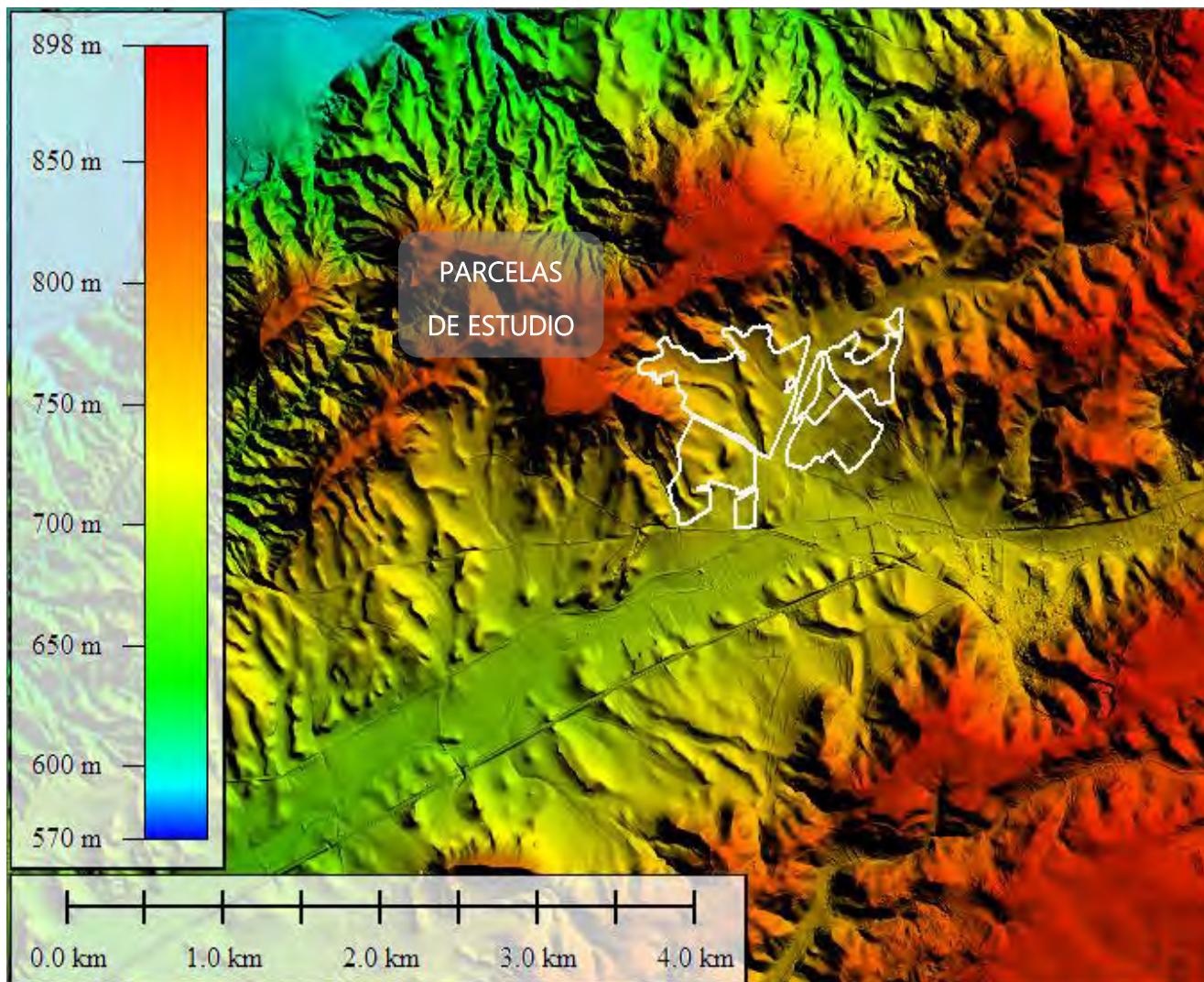


Imagen 12 – Modelo Digital del Terreno en la zona de estudio para la escala hidrológica (Fuente: MDT05 del Centro Nacional de Información Geográfica).

A escala de la zona concreta de estudio (escala hidráulica), se han utilizado los ficheros LiDAR, que son ficheros digitales con información altimétrica de la nube de puntos LiDAR, distribuidos en ficheros de 2x2 km de extensión. El formato de descarga es un archivo LAZ (formato de compresión de ficheros LAS). Las nubes de puntos han sido capturadas mediante vuelos con sensor LiDAR con una densidad de 0,5 puntos/m², y posteriormente clasificadas de manera automática y coloreadas mediante RGB obtenido a partir de ortofotos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) con tamaño de pixel de 25 ó 50 cm. El sistema geodésico de referencia es ETRS89 en la Península, Islas Baleares, Ceuta y Melilla, y REGCAN95 en las Islas Canarias (ambos sistemas compatibles con WGS84), y proyección UTM en el huso correspondiente a cada fichero. Se representan alturas ortométricas.

Sobre este modelo, y debido a la abundante vegetación detectada en la zona sureste, se ha realizado una limpieza del tramo final del Barranco Fuente del Berraco.

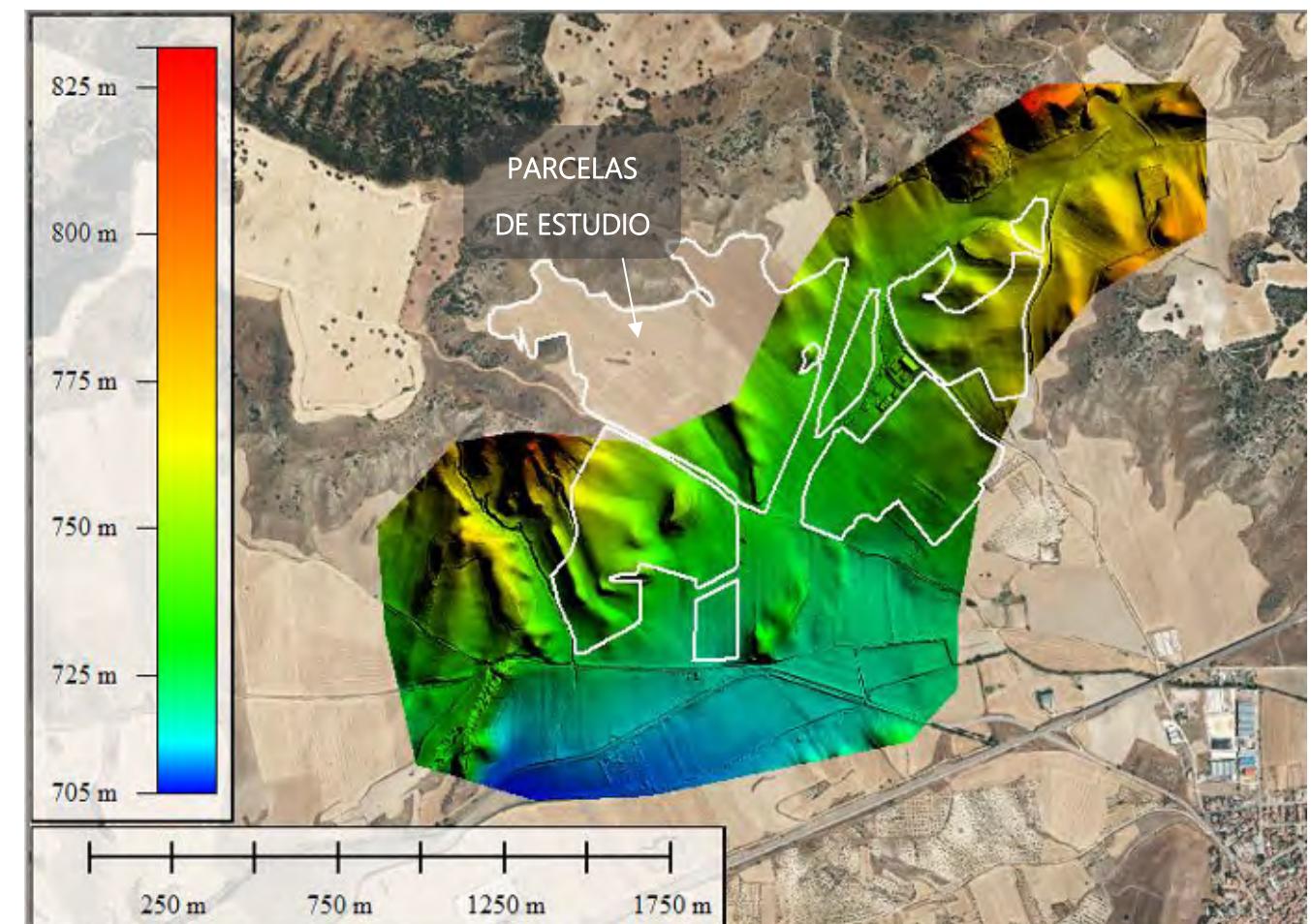


Imagen 13 – Modelo Digital del Terreno en la zona de estudio para la escala hidráulica (Fuente: ficheros LiDAR del Centro Nacional de Información Geográfica).

7. CÁLCULOS HIDROLÓGICOS

7.1. INTRODUCCIÓN

El estudio hidrológico determina los caudales de avenida que se producen como consecuencia de la generación de un evento tormentoso de carácter extremo en la cuenca de aportación. Conceptualmente, la caracterización hidrológica se compone de dos procesos: la determinación del régimen de precipitaciones extremas y el proceso de formación de escorrentía.

El **estudio de las precipitaciones extremas** aborda dos cuestiones fundamentales: por un lado, se define cuál es la cantidad máxima de precipitación en función de la probabilidad de ocurrencia y, por otro lado, se estima cuál va a ser la distribución temporal a lo largo de la duración del evento tormentoso. En resumen, el estudio de precipitaciones responde a cuánta lluvia cae y cómo se reparte en el tiempo.

Para la determinación de la precipitación máxima en función del periodo de recurrencia se utilizan los ráster disponibles en la aplicación CAUMAX desarrollada por el MAGRAMA y el CEDEX, basados en la metodología expuesta en la publicación del Ministerio de Fomento "Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" (1999).

El proceso de **formación de la escorrentía** dependerá de las características geométricas de la cuenca y de la cobertura de la misma, es decir, de los usos del suelo presentes en su extensión. La generación de escorrentía se estima en base a la metodología propuesta en 1972 por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales de los EE. UU. (NRCS), denominada el "Método del Número de Curva".

Es por ello, que se ha realizado un estudio de las precipitaciones en el entorno de la futura planta solar para los períodos de retorno de **5, 100 y 500 años**.

7.2. CARTOGRAFÍA EMPLEADA

Para la delimitación de las cuencas de aportación se ha realizado un análisis del MDT 05 definido en el *Apartado 6*.

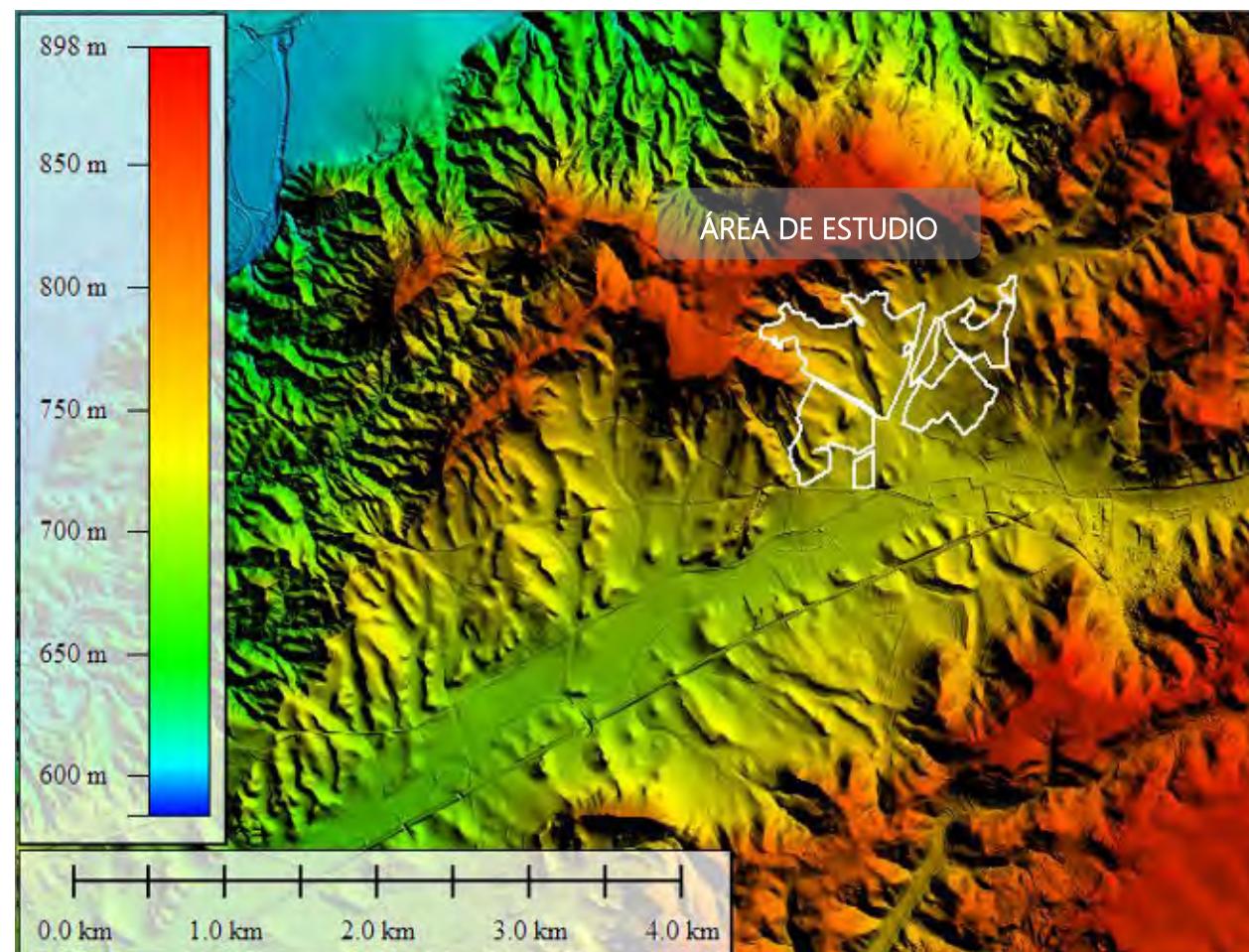


Imagen 14 – Modelo Digital del Terreno en la zona de estudio para la escala hidrológica (Fuente: MDT05 del Centro Nacional de Información Geográfica).

7.3. DEFINICIÓN DE LA CUENCA

Para la definición de las cuencas se ha realizado un análisis del MDT con herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica), fijando como punto de control las bifurcaciones entre ríos y arroyos. Como resultado, se obtiene:

- Delineación de la cuenca por su divisoria.
- Características físicas de la cuenca: superficie, cota máxima, cota mínima, longitud del recorrido más largo, pendiente, etc.

Se muestran a continuación las cuencas de aportación obtenidas para el presente estudio.

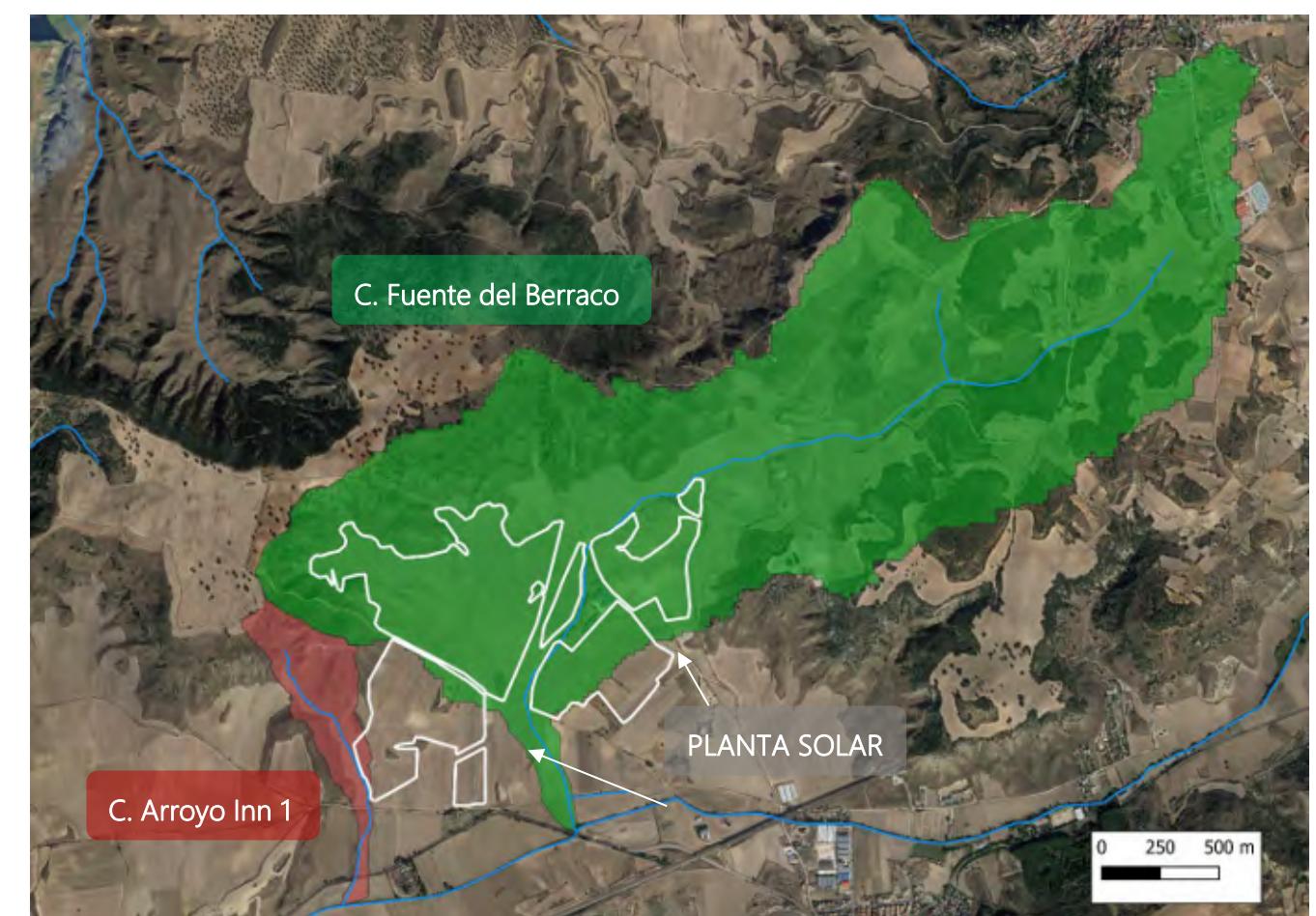


Imagen 15 – Delimitación de las cuencas de aportación.

A continuación, se adjuntan los datos característicos obtenidos de cada una de las cuencas analizadas:

CUENCA	A (Ha)	Z _{MÁX} (m)	Z _{MÍN} (m)	L (m)	% URBANIZACIÓN	T _c (h)
A. Innominado 1	24.43	841.5	706	1409	0	0.61
Barranco Fuente del Berraco	493.20	865	718.5	4500	0	1.80

Tabla 2 – Características morfológicas de las cuencas consideradas en el estudio hidrológico.

7.4. ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO

7.4.1. CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN DE DISEÑO

El cálculo de la precipitación de diseño se ha realizado mediante la consulta de la **cobertura ráster de precipitación máxima diaria de la aplicación CAUMAX**, realizada en Mayo de 2014 por el CEDEX. CAUMAX es una aplicación oficial del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (actualmente Ministerio para la Transición Ecológica), desarrollada dentro del ámbito del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables por el CEDEX, siendo la herramienta de referencia oficial para cálculos hidrológicos.

La metodología seguida para obtener el valor medio en la cuenca hidrográfica de estudio ha sido la siguiente:

- 1) Recorte de la capa ráster completa dentro de los límites de la cuenca hidrográfica que drena a través de la zona de estudio.
- 2) Tratamiento estadístico del recorte resultante para la obtención de un valor medio en toda la superficie de la cuenca.

De esta forma, se han obtenido los resultados que se muestran en la siguiente tabla.

CUENCA	T (años)	P _{d,CAUMAX} (mm)
A. Innominado 1	5 (MCO)	45
	100	81
	500	103
	5 (MCO)	45
Barranco Fuente del Berraco	100	81
	500	103

Tabla 3 – Valores medios de precipitación máxima diaria en cada cuenca de estudio para los períodos de retorno de análisis.

La mayor parte de los trabajos hidrológicos requieren la estimación de la lluvia sobre una determinada área, que evidentemente será igual o menor que el correspondiente valor puntual calculado, debido al efecto de la no simultaneidad.

La obtención de valores areales suele efectuarse mediante el uso de un factor reductor por el que se multiplican los valores puntuales previamente estimados. En España se emplea la expresión propuesta por Témez, en la que el factor reductor K_A es igual a:

$$K_A = 1 - \frac{\log(A)}{15} \quad \text{si } A > 1 \text{ km}^2$$

$$K_A = 1 \quad \text{si } A < 1 \text{ km}^2$$

Siendo A el área de la cuenca en km^2 .

De esta forma, los valores de la precipitación de diseño corregidos arealmente son los mostrados en la siguiente tabla:

CUENCA	K _A	P _{dc,5} (mm)	P _{dc,100} (mm)	P _{dc,500} (mm)
A. Innominado 1	1	45	81	103
Barranco Fuente del Berraco	0.95	42.92	77.26	98.24

Tabla 4 – Valores medios de precipitación máxima diaria en cada cuenca de estudio para los distintos períodos de retorno (corregidos según el área de la cuenca).

7.4.2. DETERMINACIÓN DE UN HIETOGRAMA DE DISEÑO

La determinación del hietograma de diseño comprende dos pasos: un primer paso destinado a la definición de la distribución temporal de la precipitación, y un segundo paso en el que se establece el modelo de pérdidas de precipitación con el que se caracteriza el proceso de formación de escorrentía.

7.4.2.1. Hietograma de lluvia total

Con el valor obtenido de la precipitación máxima diaria corregido arealmente se ha realizado un diagrama sintético de bloques alternos, suponiendo una **duración de la tormenta de 24 horas e incrementos de tiempo de 5 minutos**. Se ha tomado esta duración de la tormenta ya que el volumen acumulado durante la misma es igual al valor de precipitación máximo calculado.

En primer lugar, se ha obtenido la intensidad para cada duración a partir de la **curva Intensidad-Duración-Frecuencia de Témez**, cuya expresión es la siguiente:

$$I_t = I_{24} \left(\frac{I_1}{I_{24}} \right)^{\frac{28^{0,1} - t^{0,1}}{28^{0,1} - 1^{0,1}}}$$

Dónde:

- I_t es la intensidad media máxima asociada a la tormenta, en mm/h.
- t es la duración de la lluvia, en horas.
- I_{24} es la intensidad media diaria en mm/h, calculada como:

$$I_{24} = \frac{P_{DC}}{24} = \frac{P_{DC}}{24}$$

- I_1/I_{24} es el factor de torrencialidad, que en la zona de estudio adopta un valor de **10**.



Imagen 16 – Factor de torrecialidad en la zona de estudio.

En segundo lugar, se ha obtenido el volumen de precipitación acumulado, multiplicando para ello la intensidad obtenida en cada duración por el valor de ésta última.

Finalmente, se ha calculado el volumen incremental en cada bloque a partir de los valores de precipitación acumulados, obteniendo así el hietograma de bloques alternos.

En el Apéndice N°1 se muestran los resultados numéricos obtenidos.

7.4.2.2. Hietograma de lluvia efectiva

En el punto anterior se ha calculado el hietograma de precipitación total, sin considerar abstracciones. A continuación, se pasa a definir un modelo de pérdidas de precipitación que permita conocer la porción de precipitación que finalmente se convierte en escorrentía, lo que se denomina precipitación efectiva o precipitación neta.

El modelo de pérdidas de precipitación usado es el **método del US SCS (1972)**, para el cual se necesita, en primer lugar, el número de curva de la cuenca. Determinado el número de curva para cada cuenca (se ha visto su valor anteriormente), se calcula a partir del mismo otros dos parámetros que intervendrán en el método del SCS, y que son:

$$\text{Retención potencial máxima} \rightarrow S(\text{mm}) = \frac{25400}{NC} - 254$$

$$\text{Abstracción inicial} \rightarrow I_a = 0,20 \cdot S$$

Con esto, ya se conocen todos los parámetros del método, el cual sigue el siguiente proceso:

- 1) Obtención de la precipitación acumulada a partir del hietograma de bloques alternos de precipitación total calculado anteriormente.

- 2) Cálculo de la abstracción inicial por bloques, que en los primeros bloques es igual a la precipitación total y, una vez se supera el umbral de escorrentía, igual al valor máximo calculado.

- 3) Cálculo de la retención acumulada (F_a) a partir de la hipótesis fundamental del método, que sigue la siguiente expresión:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_{\text{EFFECTIVA}}}{P_{\text{TOTAL}} - I_a} \quad \rightarrow \text{sustituyendo } P_{\text{EFFECTIVA}} \text{ según:}$$

$$P_{\text{TOTAL}} = P_{\text{EFFECTIVA}} + F_a + I_a \rightarrow P_{\text{EFFECTIVA}} = P_{\text{TOTAL}} - F_a - I_a$$

Donde:

- F_a = Retención acumulada
- S = Retención potencial máxima
- I_a = Abstracción inicial
- $P_{\text{EFFECTIVA}}$ = Precipitación efectiva
- P_{TOTAL} = Precipitación total

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_{\text{EFFECTIVA}}}{P_{\text{TOTAL}} - I_a} = \frac{P_{\text{TOTAL}} - F_a - I_a}{P_{\text{TOTAL}} - I_a}$$

$$F_a(P_{\text{TOTAL}} - I_a) = S(P_{\text{TOTAL}} - F_a - I_a)$$

$$F_a(P_{\text{TOTAL}} - I_a) = S(P_{\text{TOTAL}} - I_a) - S \cdot F_a$$

$$F_a(P_{\text{TOTAL}} - I_a + S) = S(P_{\text{TOTAL}} - I_a)$$

$$F_a = S \frac{P_{\text{TOTAL}} - I_a}{P_{\text{TOTAL}} - I_a + S}$$

- 4) Cálculo de la precipitación efectiva acumulada en cada bloque como:

$$P_{\text{EFFECTIVA}} = P_{\text{TOTAL}} - I_a - F_a$$

- 5) Cálculo de la precipitación efectiva incremental, así como de las abstracciones (diferencia entre la precipitación total y efectiva en cada bloque).

En las gráficas de precipitación efectiva se aprecia un primer tramo en el que la lluvia efectiva es nula, espacio en el que las pérdidas potenciales son superiores a la precipitación total; superado el umbral de escorrentía de la cuenca, comienzan a darse valores crecientes de la lluvia efectiva hasta alcanzar el pico, momento en el cual comienza a decrecer (sigue, lógicamente, la misma pauta que la lluvia de diseño). Estos valores serán, por tanto, los que darán lugar a escorrentía directa en la cuenca, por lo que serán los empleados posteriormente para el cálculo del hidrograma de salida de la misma.

En el Apéndice N°1 pueden consultarse los diferentes hietogramas de lluvia efectiva obtenidos para cada cuenca objeto de estudio y los diferentes períodos de retorno analizados.

7.5. CARACTERIZACIÓN DE LA ESCORRENTÍA

La metodología seguida para el cálculo del número de curva está basada en la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales permiten trabajar con datos de muy diversa índole que se den en una misma localización geográfica. La generación de mapas a escala regional del número de curva se realiza mediante la aplicación de tablas de reclasificación y operaciones de superposición de las distintas capas de información de las que depende.

La escorrentía se caracteriza, generalmente, a partir del umbral de escorrentía o a partir del número de curva, parámetros que se relacionan según las siguientes expresiones:

$$P_0 = \frac{5000}{CN} - 50 \rightarrow NC = \frac{5000}{P_0 + 50}$$

Para la obtención del parámetro característico de escorrentía, se ha consultado la **cobertura ráster de umbral de escorrentía de la aplicación CAUMAX**, realizada en mayo de 2014 por el CEDEX.

La metodología seguida para obtener el valor medio en cada una de las cuencas del estudio consiste en:

- 1) Recorte de la capa ráster completa dentro de los límites de la cuenca hidrográfica que drena a través de la zona de estudio.
- 2) Tratamiento estadístico del recorte resultante para la obtención de un valor medio en toda la superficie de la cuenca.

El valor medio del **Número de Curva (CN)** obtenido para cada una de las cuencas que afectan a la zona de estudio, en condiciones medias de humedad, por cada una de las coberturas consultadas, se muestra en la siguiente tabla:

El valor medio del **Número de Curva (CN)** obtenido para cada una de las cuencas que afectan a la zona de estudio, en condiciones medias de humedad, por cada una de las coberturas consultadas, se muestra en la tabla de la página siguiente.

CUENCA	CAUMAX	
	P ₀ (mm)	CN
A. Innominado 1	10,36	82,84
Barranco Fuente del Berraco	12,74	79,69

Tabla 5 – Número de curva medio en las cuencas hidrológicas del estudio.

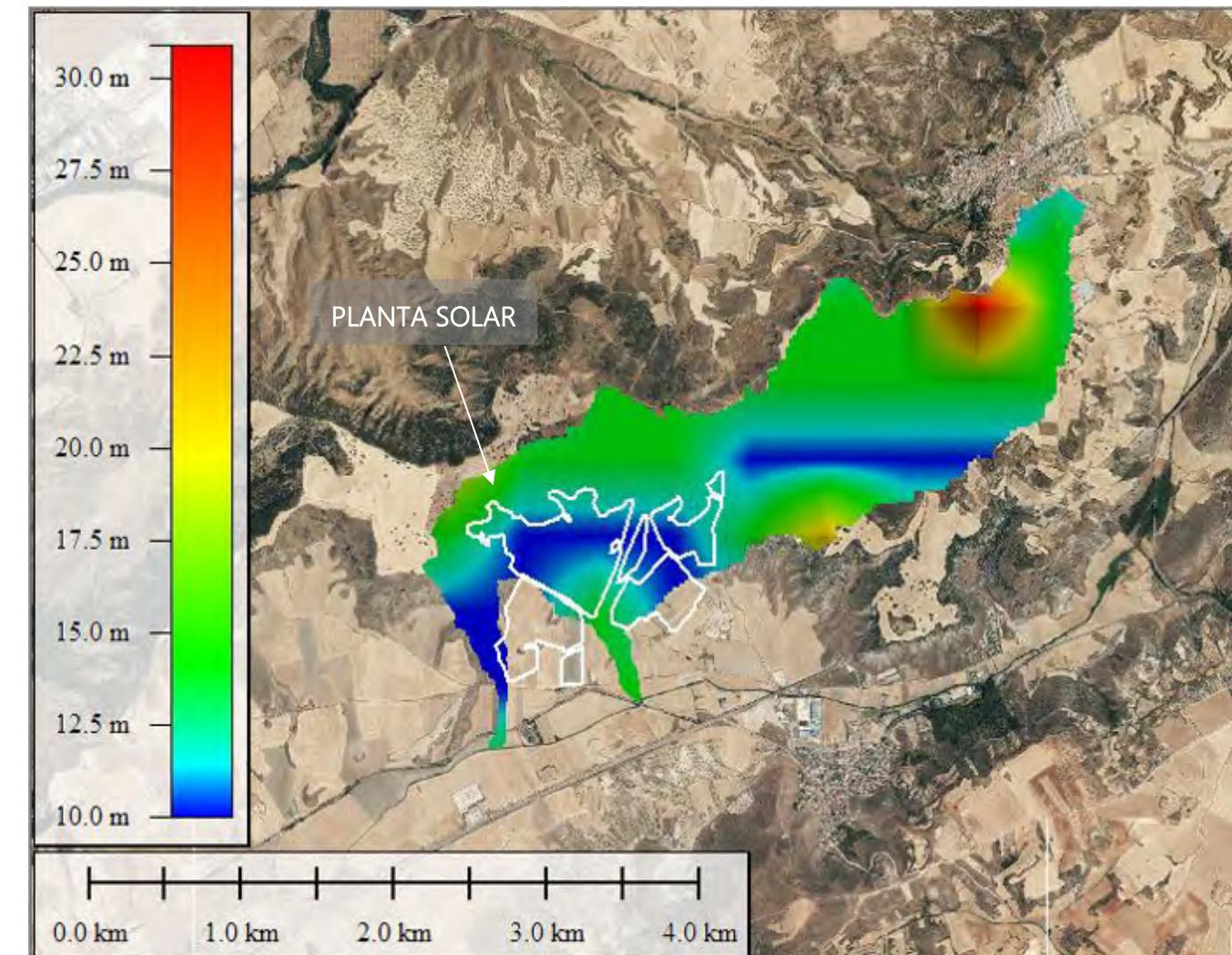


Imagen 17 – Valor del umbral de escorrentía en cada una de las cuencas de estudio.

7.6. CÁLCULO DE CAUDALES E HIDROGRAMAS

La precipitación efectiva calculada anteriormente dará lugar a un caudal de escorrentía que se corresponderá con la salida de la cuenca.

Para el cálculo de caudales, se siguen los siguientes criterios:

- Si el tiempo de concentración (T_c) es menor a 6 horas, el método empleado para el cálculo del caudal es el Método Racional o el Método Racional Modificado, donde la precipitación es constante en el espacio y en el tiempo.
- Si el tiempo de concentración (T_c) se encuentra entre 6 y 24 horas, se utiliza para el cálculo del caudal el Método Racional Modificado o el Método del Hidrograma Unitario, dando mayor o menor peso a cada método según se obtenga un valor más cercano a las 6 horas. En este caso la precipitación es constante en el espacio y variable en el tiempo.
- Si el tiempo de concentración es mayor a 24 horas, el método a utilizar es el Método del Hidrograma Unitario o el Método de Circulación del Hidrograma Unitario, dando mayor o menor peso a cada método según se obtenga un valor más cercano a las 24 horas. En este caso la precipitación es variable en el espacio y en el tiempo.

En este apartado se muestra el cálculo realizado a tal efecto, exponiendo en primer lugar el método racional para el cálculo del caudal punta, en segundo lugar, el modelo de hidrograma unitario considerado y, por último, el hidrograma de salida de la cuenca.

7.6.1. MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

El método racional mejorado y generalizado por J.R. Témez Peláez fue elaborado para la Dirección General de Carreteras de España.

La fórmula considerada es la siguiente:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3,6} \times K$$

Donde:

- Q (m^3/s): Caudal punta en el punto de desagüe correspondiente a un período de retorno dado.
- C : Coeficiente de escorrentía de la cuenca drenada.
- I (mm/h): Intensidad media de precipitación correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.
- A (km^2): Superficie de la cuenca.
- K : Coeficiente de uniformidad.

7.6.1.1. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía se ha calculado de acuerdo con la fórmula que se indica en el método hidrometeorológico propuesto por la Instrucción 5.2-IC:

$$C = \frac{(P_d - P_o) \cdot (P_d + 23P_o)}{(P_d + 11P_o)^2}$$

Dónde P_d es la máxima precipitación total diaria para el período de retorno considerado y P_o es el umbral de escorrentía correspondiente a las características de las cuencas.

Para el estudio del valor del umbral de escorrentía se ha tomado un coeficiente corrector de 1 para estar del lado de la seguridad, ya que de esta forma se obtienen caudales más conservadores.

7.6.1.2. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración se define como el necesario para que las precipitaciones caídas en las zonas más alejadas de la cuenca puedan llegar al punto de desagüe. Este tiempo es independiente de la configuración y magnitudes del aguacero, dependiendo sólo de las características morfológicas de la cuenca. Para estimarlo se emplean las siguientes fórmulas obtenidas de la Guía Técnica *Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local* (març 2003), de la Agència Catalana de l'Aigua.

- **Cuenca rural**, con un grado de urbanización no superior al 4% del área de la cuenca:

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

- **Cuenca urbanizada**, con un grado de urbanización superior al 4% del área de la cuenca y con urbanizaciones independientes que tengan un alcantarillado de pluviales no unificado o incompleto. Curso principal no revertido de material impermeable y de escasa rugosidad como el hormigón:

$$T_c = \frac{1}{1 + \sqrt{\mu}(2 - \mu)} 0,3 \left(\frac{L}{J^{0,25}} \right)^{0,76}$$

- **Cuenca urbana**, con un grado de urbanización superior al 4% del área de la cuenca, con alcantarillado completo y/o curso principal canalizado, impermeable y de escasa rugosidad:

$$T_c = \frac{1}{1 + 3\sqrt{\mu}(2 - \mu)} 0,3 \left(\frac{L}{J^{0,25}} \right)^{0,76}$$

Donde:

- T_c : Tiempo de concentración expresado en horas.
- L : Longitud del curso principal expresado en km.
- J : Pendiente media del curso principal expresado en tanto por uno, m/m.
- μ : Grado de urbanización de la cuenca expresado en tanto por uno, km^2/km^2 .

7.6.1.3. Intensidad de precipitación

La intensidad de precipitación se ha obtenido a partir de la **curva Intensidad-Duración-Frecuencia de Témez**, cuya expresión es la siguiente:

$$I_t = I_{24} \left(\frac{I_1}{I_{24}} \right)^{\frac{28^{0,1}-t^{0,1}}{28^{0,1}-1^{0,1}}}$$

Dónde:

- I_t es la intensidad media máxima asociada a la tormenta, en mm/h.
- t es la duración de la lluvia, en horas, que en este caso se considera igual al tiempo de concentración.
- I_{24} es la intensidad media diaria en mm/h, calculada como:

$$I_{24} = \frac{P_{24}}{24} = \frac{P_{DC}}{24}$$

- I_1/I_{24} es el factor de torrencialidad, que en la zona de estudio adopta un valor de 10.



Imagen 18 – Factor de torrencialidad en la zona de estudio.

7.6.1.4. Coeficiente de uniformidad

Es un factor corrector del supuesto reparto uniforme de la escorrentía dentro del intervalo del cálculo de duración T_c .

El coeficiente de uniformidad varía de un aguacero a otro, pero su valor medio en una cuenca concreta depende principalmente del valor de su tiempo de concentración. Según los trabajos realizados por J.R. Témez (1982), promovidos por la Dirección General de Carreteras, y expuestos en el XXIV Congreso Internacional de la IAHR, el valor de K puede estimarse de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$K = 1 + \frac{T_c^{1,25}}{T_c^{1,25} + 14}$$

7.6.1.5. Caudales obtenidos a través del Método Racional Modificado

CUENCA	μ (%)	P_{0c} (mm)	T (años)	P_{dc} (mm)	P_{dc}/P_{0c}	C	T_c (h)	I_d (mm/h)	I_t (mm/h)	K_u	Q (m³/s)
A. Innominado 1	0	10,36	5	45	4,34	0,39	0,61	1,88	24,17	1,04	0,66
			100	81	7,82	0,59		3,38	43,50		1,82
			500	103	9,94	0,67		4,29	55,31		2,61
Barranco Fuente del Berraco	3	12,74	5	42,92	3,37	0,30	1,80	1,79	12,28	1,13	5,75
			100	77,26	6,06	0,51		3,22	22,10		17,29
			500	98,24	7,71	0,59		4,09	28,11		25,61

Tabla 6 – Resultados del Método Racional Modificado.

7.6.2. MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO

La precipitación efectiva calculada anteriormente dará lugar a un caudal de escorrentía que se corresponderá con la salida de la cuenca. En este apartado se muestra el cálculo realizado a tal efecto, exponiendo en primer lugar el modelo de hidrograma unitario considerado y posteriormente el hidrograma de salida de la cuenca.

7.6.2.1. Definición del hidrograma unitario

El hidrograma unitario representa la escorrentía directa causada por una lluvia efectiva de valor unitario de intensidad constante a lo largo de la duración de la lluvia y distribuida uniformemente sobre la cuenca. Suponiendo una respuesta lineal de la cuenca, se pueden aplicar los principios de proporcionalidad y superposición para obtener el hidrograma debido a una precipitación mayor.

Para el presente caso de estudio, se ha considerado el hidrograma unitario del SCS (definido para una lluvia efectiva de 1 cm), en el que los parámetros que lo definen son los siguientes:

- Relación entre el caudal punta (Q_p) y el tiempo a la punta (T_p), la cual viene dada por la siguientes expresión:

$$Q_p = C \cdot \frac{A}{T_p}$$

Dónde C es un parámetro de conversión de unidades (2,08 para unidades en el sistema internacional), y A es el área de la cuenca en km^2 . Introduciendo el tiempo a la punta T_p en horas, se obtiene el caudal punta Q_p en m^3/s .

- Tiempo a la punta, T_p , que es el tiempo en el que se produce el caudal máximo del hidrograma; su valor se puede estimar mediante la siguiente expresión:

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + T_{lag}$$

Dónde Δt es la duración de un bloque de lluvia (duración de un bloque del hietograma) y T_{lag} es el tiempo de retardo, calculado según la siguiente expresión (propuesta por Témez para cuencas españolas):

$$T_{lag} = 0,35 \cdot T_c$$

Dónde T_c es el tiempo de concentración de la cuenca, calculado de la siguiente forma (dónde L es la longitud del cauce principal en km, y J es la pendiente del cauce principal en tanto por uno):

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

Así, conocidos los parámetros característicos del hidrograma (caudal punta Q_p y tiempo a la punta T_p), es posible obtener el hidrograma unitario multiplicando por el hidrograma unitario adimensional que se define en la Tabla 7.

t/T_p	Q/Q_p
0,0	0,000
0,1	0,030
0,2	0,100
0,3	0,190
0,4	0,310

t/T_p	Q/Q_p
0,5	0,470
0,6	0,660
0,7	0,820
0,8	0,930
0,9	0,990
1,0	1,000
1,1	0,990
1,2	0,930
1,3	0,860
1,4	0,780
1,5	0,680
1,6	0,560
1,7	0,460
1,8	0,390
1,9	0,330
2,0	0,280
2,2	0,207
2,4	0,147
2,6	0,107
2,8	0,077
3,0	0,055
3,2	0,040
3,4	0,029
3,6	0,021
3,8	0,015
4,0	0,011
4,5	0,005
5,0	0,000

Tabla 7 – Valores del hidrograma unitario adimensional del SCS.

7.6.2.2. Caudales obtenidos a través del Método del Hidrograma Unitario

Cada uno de los bloques de precipitación efectiva que caen sobre la cuenca dará lugar a un hidrograma unitario como el descrito en el punto anterior, pero proporcional al valor de la lluvia. La superposición en el tiempo del hidrograma unitario asociado a cada bloque de lluvia dará lugar al hidrograma de salida real de la cuenca. Para el caso de estudio, todos los hidrogramas obtenidos en cada cuenca para cada período de retorno analizado se pueden consultar de manera tabular y gráfica en el *Apéndice Nº1* que acompaña a este documento.

El valor del caudal punta de cada hidrograma unitario en cada cuenca se recoge en la siguiente tabla.

CUENCA	T (años)	Q (HU) m ³ /s
	5 (MCO)	0,83
A. Innominado 1	100	2,46
	500	3,54
	5 (MCO)	6,51
	100	23,01
Barranco Fuente del Berraco	500	34,56

Tabla 8 – Caudal punta del hidrograma de cada cuenca de estudio para el período de retorno considerado obtenido por el Método del Hidrograma Unitario.

7.7. CAUDALES DE DISEÑO

Debido a que los caudales punta obtenidos mediante el Método del Hidrograma Unitario son mayores (para todos los períodos de retorno estudiados) y, por lo tanto más desfavorables, son éstos los elegidos como caudales de diseño.

A modo resumen, a continuación, se muestra una tabla con los caudales punta para cada cuenca de estudio y cada período de retorno considerado (correspondientes con la metodología del Hidrograma Unitario):

CUENCA	T (años)	Q racional m ³ /s	Q (HU) m ³ /s
	5 (MCO)	0,66	0,83
A. Innominado 1	100	1,82	2,46
	500	2,61	3,54
	5 (MCO)	5,75	6,51
	100	17,29	23,01
Barranco Fuente del Berraco	500	25,61	34,56

Tabla 9 – Tabla resumen de caudales punta de diseño.

8. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Los cálculos hidráulicos se han realizado mediante **HEC-RAS 2D (versión 5.0.7)**, del inglés Hydrologic Engineering Center - River Analysis System. Este modelo matemático es una versión actualizada del modelo HEC-2, "Water Surface Profiles", desarrollado en el "Hydrologic Engineering Center" del "U.S. Army Corps of Engineers". Se ha desarrollado un modelo bidimensional de toda la zona de cálculo, utilizando como datos de entrada los hidrogramas de caudales anteriormente expuestos.

Se han realizado las siguientes simulaciones hidráulicas:

- **Simulación Estado Actual para T = 5 años**
- **Simulación Estado Actual para T = 100 años**
- **Simulación Estado Actual para T = 500 años**

A lo largo del presente apartado se detallan los diferentes aspectos de los modelos desarrollados (parámetros, tipos de modelización realizados, condiciones, etc.), para finalmente analizar los resultados obtenidos.

8.1. DESCRIPCIÓN Y DEFINICIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO BIDIMENSIONAL DE HEC-RAS

8.1.1. INTRODUCCIÓN

Las capacidades en las que se basa el flujo bidimensional en HEC-RAS han sido desarrolladas para permitir trabajar de manera combinada en modelizaciones 1D/2D. El algoritmo de modelización de flujo 2D presenta las siguientes características:

- **Puede efectuar simulaciones 1D, 2D y combinaciones de ambas.** HEC-RAS puede realizar simulaciones unidimensionales, bidimensionales y combinar ambas posibilidades. Poder efectuar modelizaciones combinadas en el mismo modelo en régimen no permanente facilita el trabajo en ríos de cierta longitud usando la modelización 1D y modelizar en 2D las zonas que requieran una mayor precisión en la computación hidrodinámica.
- **Resolución en 2D por ecuaciones completas de Saint Venant o por onda difusiva.** El programa resuelve en 2D indistintamente a través de las ecuaciones completas de Saint Venant o mediante las de onda difusiva. En general las ecuaciones de la onda difusiva computan más rápidamente y presentan mayor estabilidad. Las ecuaciones completas de Saint Venant pueden aplicarse a una gama más amplia de situaciones, requiriendo un mayor esfuerzo computacional.
- **Solución de algoritmo implícito de volúmenes finitos.** Para la solución de las ecuaciones de flujo 2D no permanente el programa usa un algoritmo implícito de volúmenes finitos que permite mayores intervalos computacionales que los métodos explícitos, y ofrece mayor estabilidad respecto de otros más tradicionales como, por ejemplo, el de elementos finitos, consiguiendo que la determinación de mojado o seco de un elemento 2D sea muy fiable. De este modo, las zonas de flujo 2D pueden iniciarse completamente secas y resolver una situación de crecida, ya sea mediante régimen subcrítico, supercrítico o mixto.
- **Resolución sincronizada 1D y 2D del algoritmo.** En la computación paso a paso la resolución de los algoritmos 1D y 2D se encuentran íntimamente conectados, con la opción de iteración de transferencia de flujo 1D a 2D en un mismo paso computacional, de manera que siempre existe una sincronización y correlación directa entre elementos 1D y 2D en cada paso de cálculo.
- **Mallas estructuradas y no estructuradas.** El software está diseñado para resolver tanto mallas estructuradas como no estructuradas, ya que su tratamiento es idéntico, pero la eficiencia es mayor si las celdas son ortogonales entre sí. Las celdas pueden ser triangulares, cuadradas, rectangulares o

poligonales hasta un máximo de 8 lados. Estas mallas están perimetralmente delimitadas por un polígono en cuyo interior se distribuyen celdas de diferente tamaño y forma.

- **Clasificación de características hidráulicas detalladas para celdas y sus aristas.** Las celdas no tienen por qué conformar una superficie plana, ni sus aristas ni bordes tiene por qué ser líneas rectas con una sola cota o elevación. Al contrario, cada celda y aristas se amoldan al terreno que yace bajo ella. A este tipo de modelos se les suele referir en la literatura como "modelos de subentramado de alta resolución". El término subentramado significa que se usa una información detallada subyacente o de "fondo" del terreno para establecer mediante un pre-proceso unas tablas de propiedades geométricas e hidráulicas que caractericen las celdas y sus aristas basándose en el terreno. El pre-proceso de la zona 2D genera una relación elevación-volumen en cada celda basada en los datos de detalle del MDE. Por consiguiente, una celda puede estar parcialmente mojada según sea el volumen de agua para una elevación de superficie de agua determinada basado en la parrilla o entramado de 0,5 m. Complementariamente, cada arista de celda funciona como una sección transversal y se clasifica según sus propias características hidráulicas (rugosidad, área, perímetro mojado, etc.). El flujo a través de una arista (y en consecuencia entre dos celdas) se basa en estos datos de detalles. Esto permite modelizar con celdas de gran tamaño sin perder demasiada información de detalle sobre el terreno subyacente y que rige el movimiento del flujo. Adicionalmente, la ubicación de aristas a lo largo de la parte superior de elementos de control de terreno (carreteras, terraplenes, muros, etc.) mejoran considerablemente los cálculos hidráulicos usando pocas celdas.

Cada arista es una sección transversal de detalle del terreno subyacente. Este proceso permite al flujo moverse entre celdas a partir de los datos del terreno según se representan por las aristas y el volumen que queda contenido en cada celda. Por consiguiente, un pequeño canal que atraviesa una celda sigue representándose por la relación elevación-volumen de la misma y las características hidráulicas de las aristas. Así, el agua puede fluir a través de celdas de gran tamaño, pero seguir siendo representada con sus características habituales de canal. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo en el que aparecen canales de menos de 30 m de ancho en una malla con 150 m de lado:

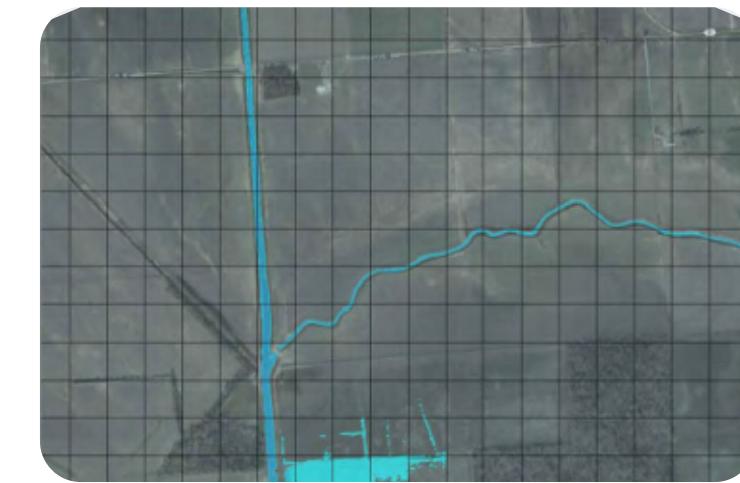


Imagen 19 – Ejemplo de flujo en canales pequeños circulando por celdas de gran tamaño.

8.1.2. CONTORNO DE LA SIMULACIÓN

En la siguiente imagen se muestra el contorno elegido para llevar a cabo la simulación hidráulica. En este caso, y dada la extensión de la futura planta solar, se han dividido la red hidrográfica de estudio en dos modelos hidráulicos con el motivo de repartir así el peso computacional de cálculo y no realizar un único modelo muy pesado.

Es por ello que, tal y como se muestra en las siguientes imágenes, la hidráulica queda dividida en una zona norte, y zona este. Para la definición de cada una de estas zonas se ha adoptado una distancia suficiente entre las zonas por las que entra y sale el flujo de agua de forma que el modelo pueda estabilizarse adecuadamente en la zona de mayor interés para el análisis.



Imagen 20 – Contorno de la simulación hidráulica en el modelo

8.1.3. MODELIZACIÓN DEL TERRENO

Para la modelización del terreno se ha tomado el Modelo Digital del Terreno (MDT) del vuelo Lidar, proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). Dicho modelo, obtenido a partir de una nube de puntos con densidad de 0,5 puntos por metro cuadrado, se ha dividido nuevamente en zona norte y este, como se observa en las siguientes imágenes:

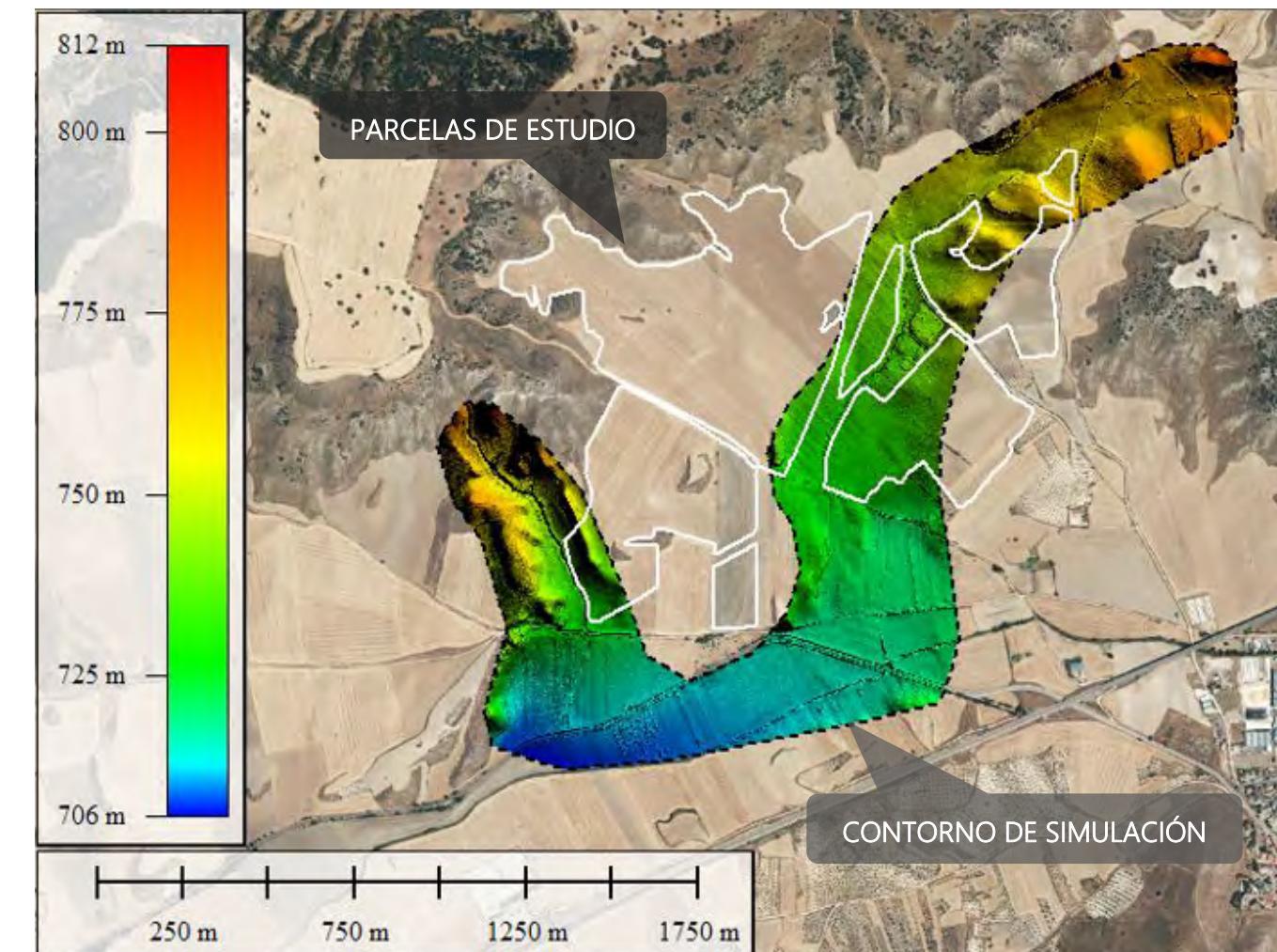


Imagen 21 – Modelo Digital del Terreno en la zona de estudio

8.1.4. MODELIZACIÓN DE LA RUGOSIDAD

Las pérdidas por rozamiento se calculan a través de la ecuación de Manning. Al tratarse de un modelo bidimensional, el propio modelo tiene en cuenta factores como la sinuosidad y la irregularidad en las secciones. La determinación de la rugosidad del terreno se ha realizado en base a los usos del suelo recogidos en el Sistema de Información de Ocupación del Suelo de España (SIOSE- 2013) llevado a cabo por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). De esta forma, se ha obtenido la cobertura de usos del suelo dentro del dominio de cálculo.

Los valores de los coeficientes de rugosidad de Manning aplicados se han obtenido de la tabla expuesta en la Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. En el Apéndice Nº2 se detalla el procedimiento seguido para su obtención. Asimismo, se han revisado dichos valores en base a la ortofoto de máxima actualidad del PNOA editada por el Instituto Geográfico Nacional y disponible en el centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica con vistas a identificar cambios del uso del suelo posteriores a la fecha de publicación del SIOSE que se traduzcan en una variación de la rugosidad.

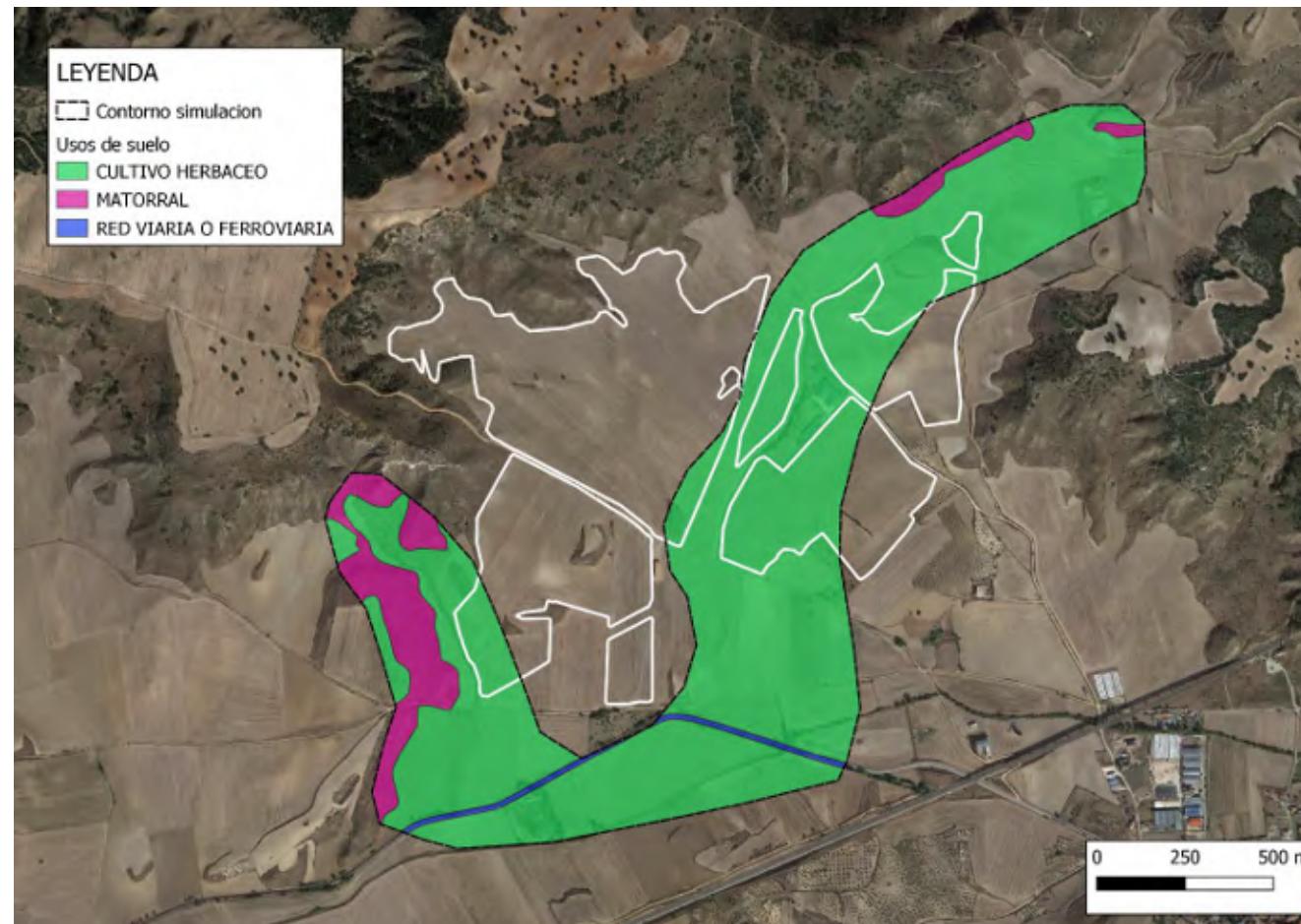


Imagen 22.- Mapa de usos del suelo en la zona de estudio

8.1.5. MODELIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

De cara a la modelización de las infraestructuras hidráulicas se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipología, forma y dimensiones de la obra.
- Pérdidas de entrada y salida en la misma (en general, se ha definido un coeficiente de pérdidas de 0,5 a la entrada y de 1 a la salida).
- Número de Manning para caracterizar la rugosidad.

Las diferentes infraestructuras hidráulicas existentes en el entorno de estudio se han modelizado de acuerdo a los parámetros indicados en la siguiente tabla:

ID	CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES	MODELIZACION
8	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Marco ▪ Material: HA ▪ Dimensiones: 1,10 H : 0,65 V m 	

Tabla 10 – Parámetros para la modelización de las obras de drenaje del entorno.

8.1.6. CONDICIONES DEL MODELO

Las condiciones de un modelo se corresponden con los valores iniciales en el dominio y en los contornos del mismo. A tal efecto, se distingue entre condiciones iniciales, como es el calado inicial en el dominio de cálculo, y condiciones de contorno e internas, como es la zona de entrada del flujo (y los valores del mismo en función del tiempo) y la zona de salida del flujo del modelo.

8.1.6.1. Condiciones iniciales

Se ha introducido como condición inicial un calado nulo en todo el dominio de cálculo.

8.1.6.2. Condiciones de contorno e internas

La definición de las condiciones de contorno del modelo pasa por el establecimiento de las zonas de entrada de flujo al dominio de cálculo (y el correspondiente valor del mismo) y las zonas de salida del flujo. En la siguiente imagen se muestran dichas zonas para el caso de estudio:

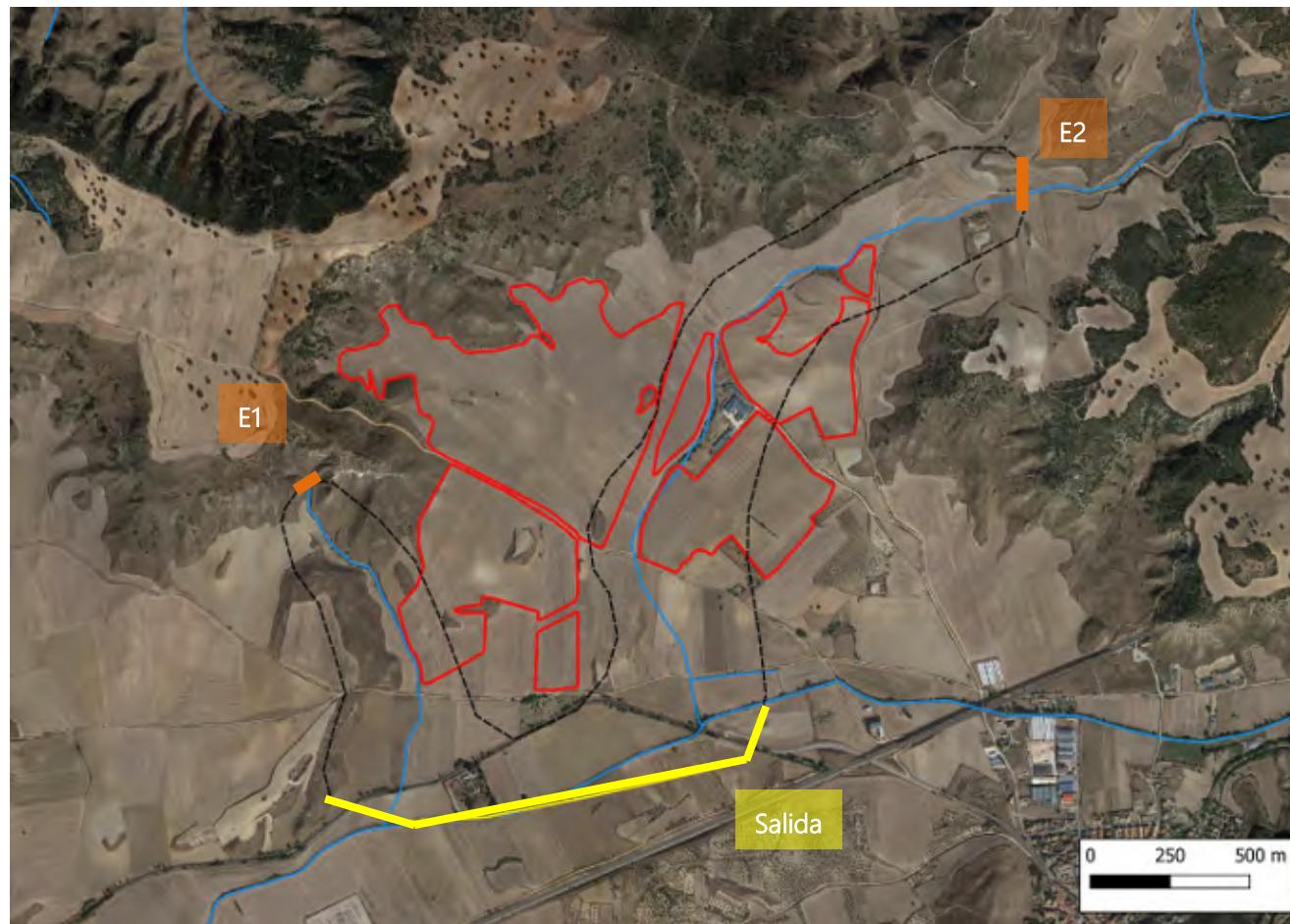


Imagen 23 – Condiciones de contorno del modelo de cálculo hidráulico en la zona norte

ENTRADAS			
E1	Arroyo Innominado 1	E2	A. Barranco Fuente del Berraco

Tabla 11.-Entradas introducidas en el modelo de la zona norte

A continuación, se describen las características de los tipos de condiciones de contorno implementadas en el modelo.

8.1.6.2.1. Condiciones de contorno e internas de entrada

Las condiciones de contorno de entrada al modelo se corresponden con el hidrograma obtenido para cada una de las subcuencas del arroyo objeto de estudio, calculado anteriormente para cada uno de los períodos de retorno de cálculo considerados. Todos los hidrogramas de las cuencas implicadas se han implementado como una condición de contorno de entrada en el perímetro.

La situación de las citadas entradas queda recogida en la imagen recogida en el apartado 8.1.6.2.

8.1.6.2.2. Condiciones de contorno e internas de salida

Se introduce como condición de salida en la zona baja del modelo la opción de calado normal o de flujo permanente, colocándose suficientemente aguas abajo de la zona de estudio para que la simulación pueda estabilizarse hacia aguas arriba y adoptar el calado que corresponda.

8.1.7. PARÁMETROS DE LA SIMULACIÓN

8.1.7.1. Parámetros generales

Los parámetros generales de la simulación realizada se muestran en la siguiente tabla:

PARÁMETRO	VALOR
Número de procesadores	Todos los disponibles
Ecuaciones	Ecuaciones completas
Máximas iteraciones	30
Tolerancia de la superficie libre (m)	0,01
Tolerancia en volumen (m)	0,01
Factor θ	1,00

Tabla 12 – Parámetros generales de la simulación.

8.1.7.2. Parámetros de la malla

La **malla de cálculo** utilizada tiene una resolución general de celda de **5 x 5 m** (celdas cuadradas, ajustadas en los contornos hasta celdas irregulares de 8 lados) y se puede observar en la siguiente imagen:

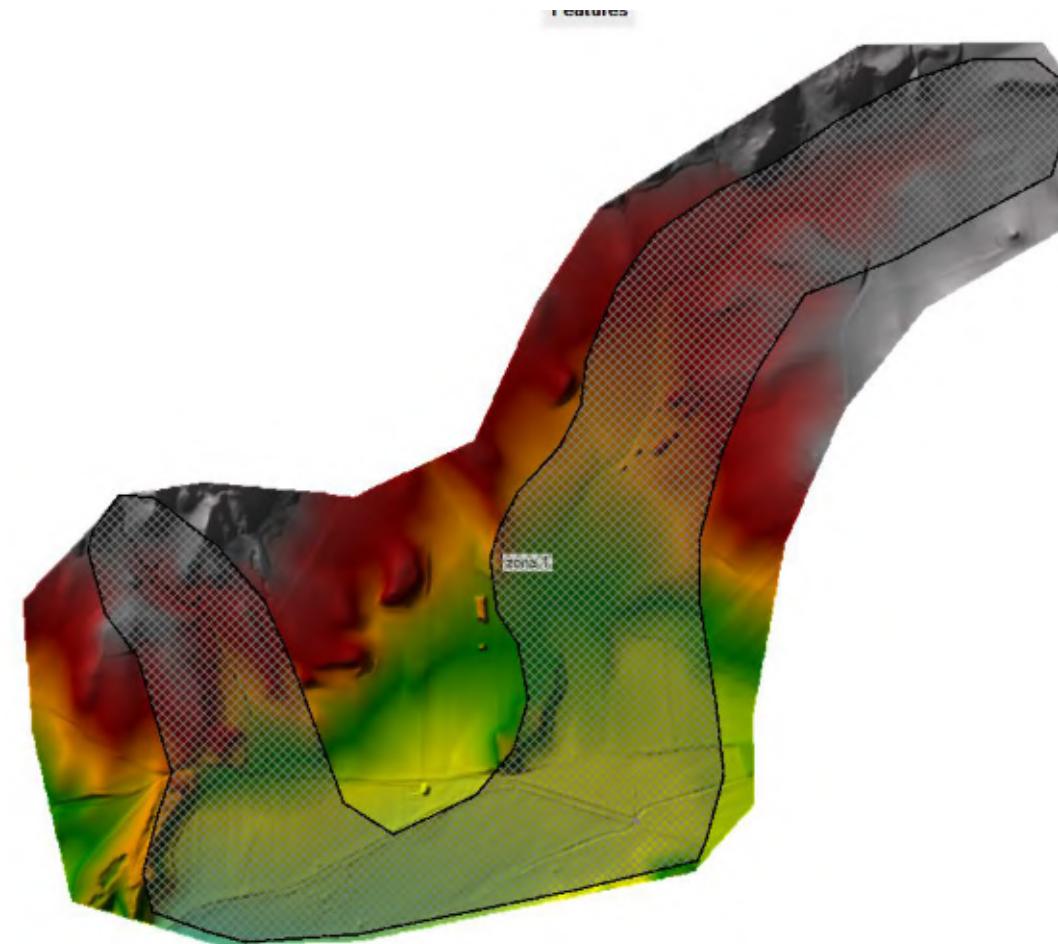


Imagen 24 – Malla de cálculo hidráulica



Imagen 25.- Zonas con refinamiento de la malla

De forma complementaria, se ha llevado a cabo un **refinado de la malla** en las zonas correspondientes a márgenes de arroyos y gavias, terraplenes de carreteras, coronación de explanadas, etc., con objeto de obtener una mayor precisión de cálculo en las áreas de mayor interés para el estudio. En algunos casos, en estas zonas se ha utilizado un tamaño de celda menor al de la malla general (lados de celda entre 2 y 5 m), con vistas a la mejora de la precisión del cálculo y orientación de las celdas de la malla de manera perpendicular al flujo.

8.1.7.3. Parámetros de tiempo

El tamaño de celda y el tiempo de cálculo utilizados deben ser consistentes, de tal modo que se satisfaga la condición de Courant en los términos necesarios para que el cálculo sea estable y preciso. Para el caso del presente estudio, en el que se emplean las ecuaciones completas de Saint-Venant, se debe cumplir lo siguiente:

$$C = \frac{\Delta t \cdot v}{\Delta x} \approx 1$$

Dónde:

- C : Número de Courant.
- Δt : Paso temporal de cálculo, en segundos.
- Δx : Tamaño medio de malla, en metros.
- v : velocidad de onda de avenida, en m/s.

El software HEC-RAS permite que el paso de tiempo se ajuste en cada iteración para satisfacer la condición de Courant impuesta. De este modo, se puede imponer una condición de Courant conservadora que permite un cálculo estable, pero con menor coste computacional que un cálculo con paso de tiempo fijo. La condición impuesta se corresponde con un valor mínimo del número de Courant de 0,45, y un valor máximo de 2. Los parámetros de tiempo de la simulación realizada se muestran en la siguiente tabla:

PARÁMETRO	VALOR
Instante inicial (s)	0
Tiempo máximo de simulación (horas)*	10 h (T500) 9 h (T100) 8 h (T5)
Intervalo de resultados (s)	300
Paso de cálculo (s)	Adaptativo (variable entre 0,06 s y 16 s)

Tabla 13 – Parámetros de tiempo de la simulación.

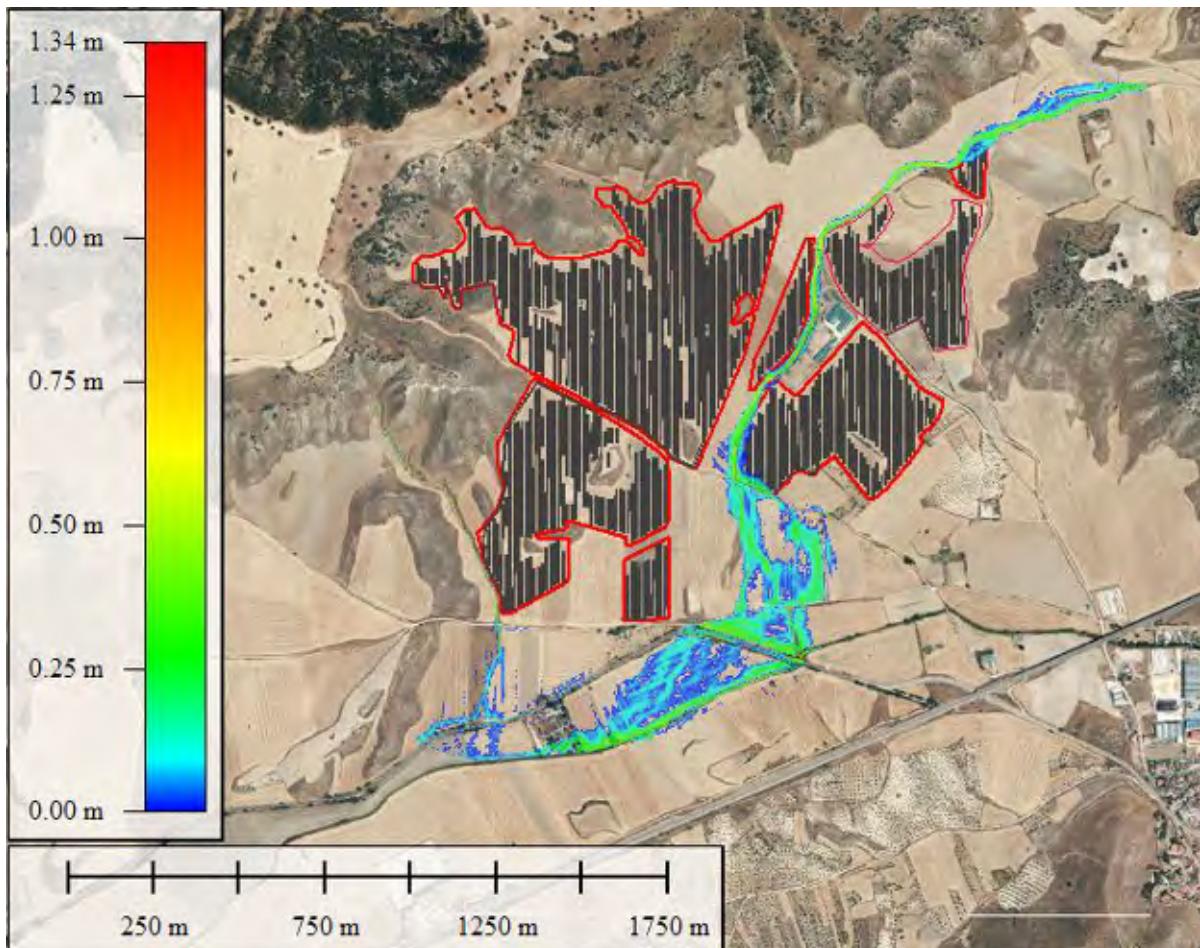
*NOTA: Se han considerado los valores de entrada de los hidrogramas a partir del instante temporal en el que dejan de tener valor nulo, manteniéndose el desfase existente entre los hidrogramas de las diferentes cuencas, con objeto de no simular un periodo sin entrada de caudal.

8.2. RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO

A continuación, se analizan los resultados obtenidos para los períodos de retorno analizados ($T = 5, 100$ y 500 años) en términos de calados y velocidades. Para mayor nivel de detalle, toda la información gráfica recogida en este apartado se puede consultar en los **Planos** que acompañan a este documento.

8.2.1. AVENIDA ASOCIADA AL PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS (MCO)

8.2.1.1. Mapa de calados máximos



Para el primero de los períodos de retorno analizados T=5, se observan unos calados mayores para el Barranco Fuente del Berraco, con valores en torno a 0,50-1 m, y máximos de 1,34 m en el entorno de la ODT-8. También se observa en este cauce una llanura en planta más amplia que para el caso del Arroyo Innominado 1. En concreto, es en el tramo final de estudio (zona sur) donde se detectan unos flujos más dispersos, puesto que el terreno en esta zona presenta una pendiente muy suave, con unos cauces poco encajados.

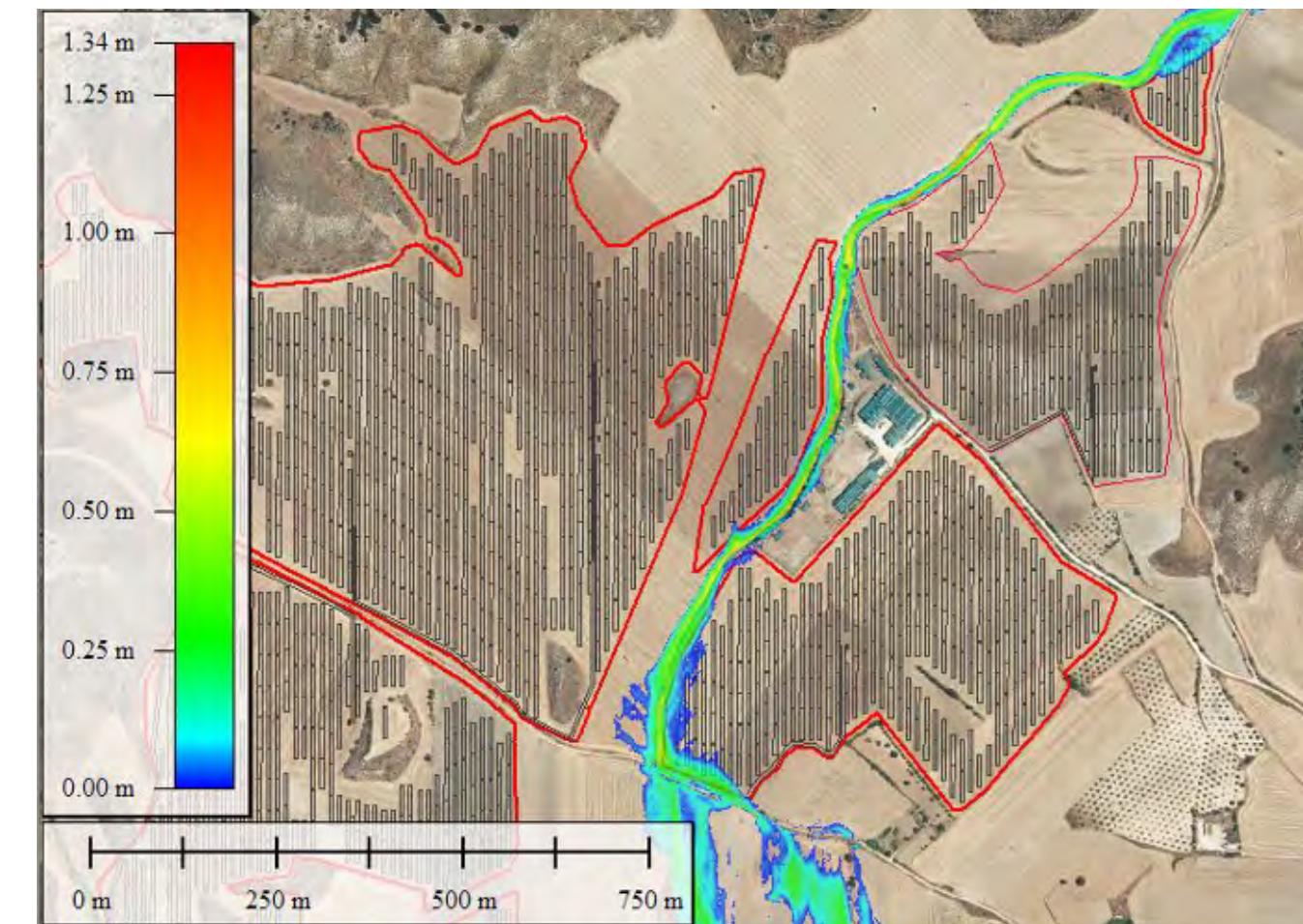
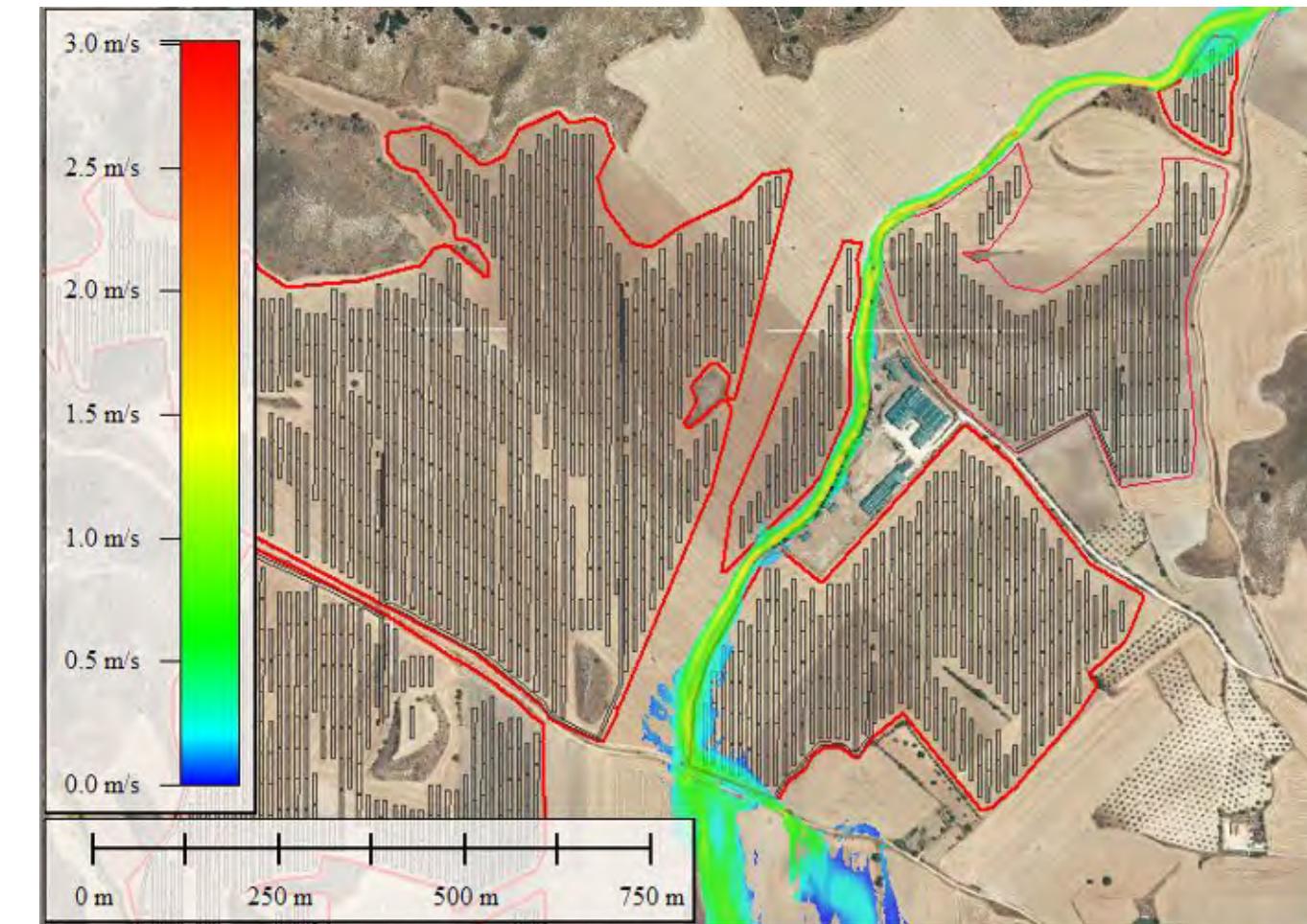
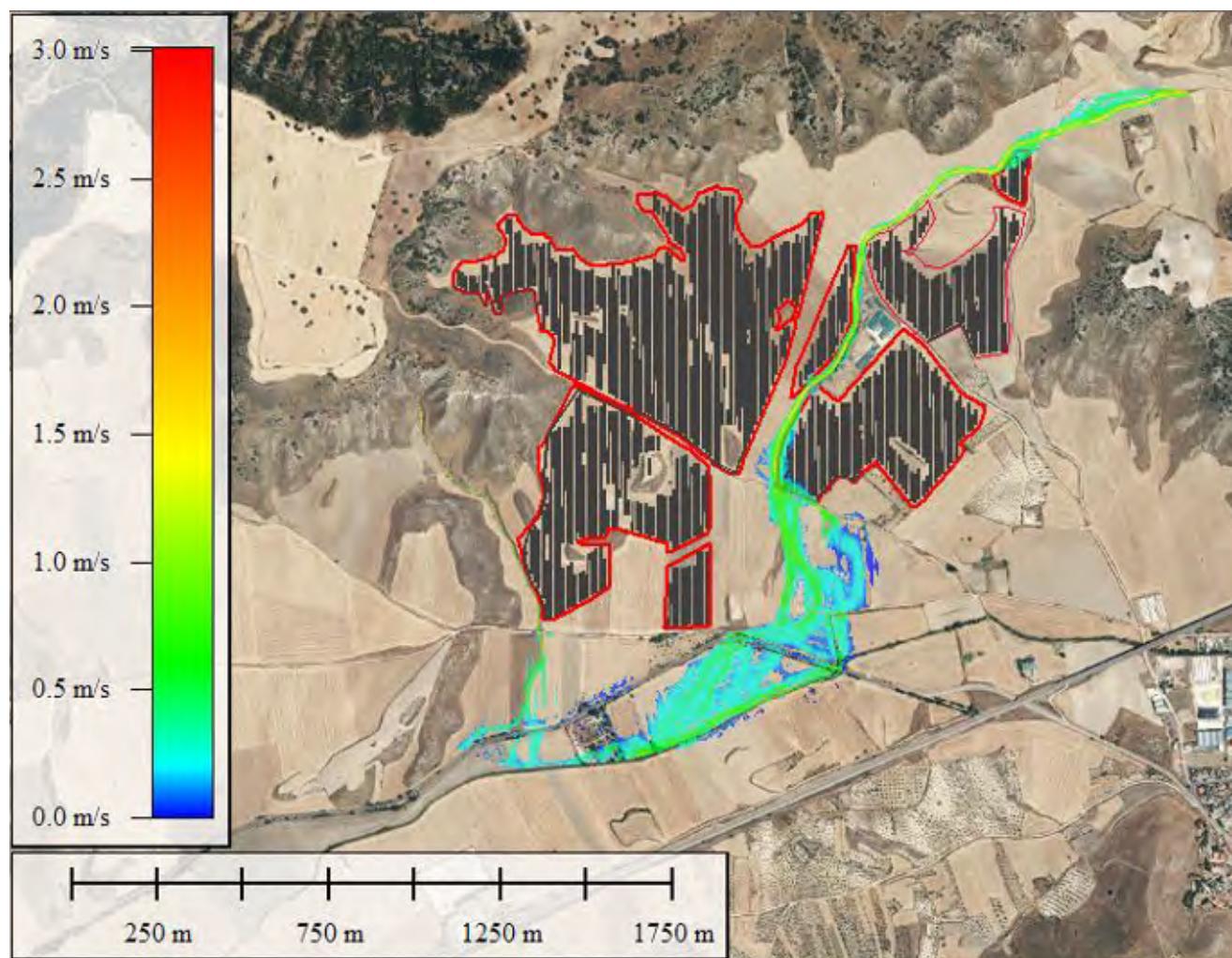


Imagen 27.- Máximos calados obtenidos en el entorno de la planta Cornamusa Solar para T=5 años, con mayor detalle

Si nos centramos en la zona central del tramo estudiado para el Barranco Fuente del Berraco, vemos como para este periodo de retorno la llanura de inundación afectaría ligeramente al contorno de las parcelas destinadas a la futura planta solar, sobretodo en la esquina noreste y esquina suroeste.

8.2.1.2. Mapa de velocidades máximas

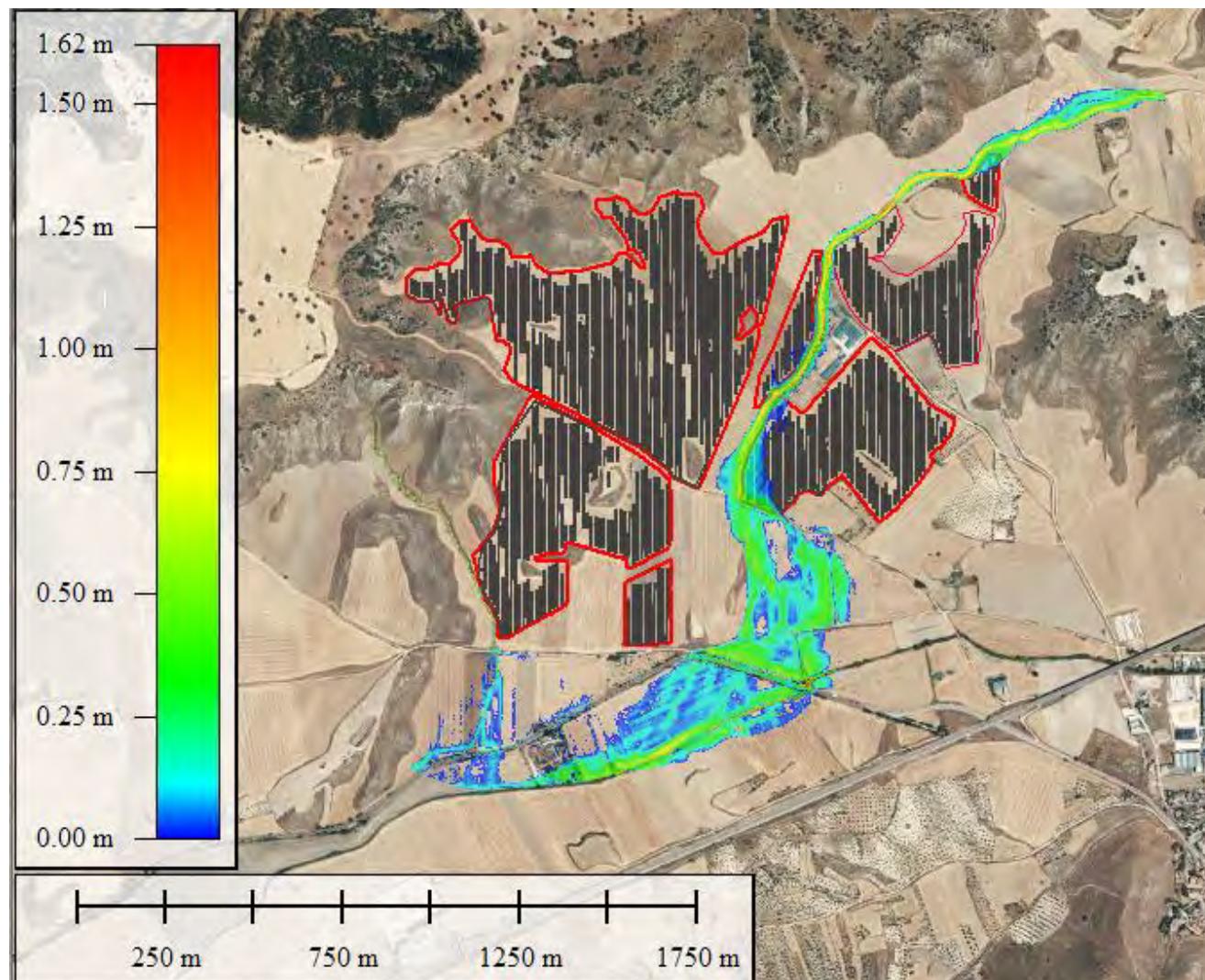


Si nos centramos en la zona de las parcelas más afectada por la llanura de inundación, observamos unos calados dentro de la media anterior, 0,50-1 m/s, alejados de valores erosivos.

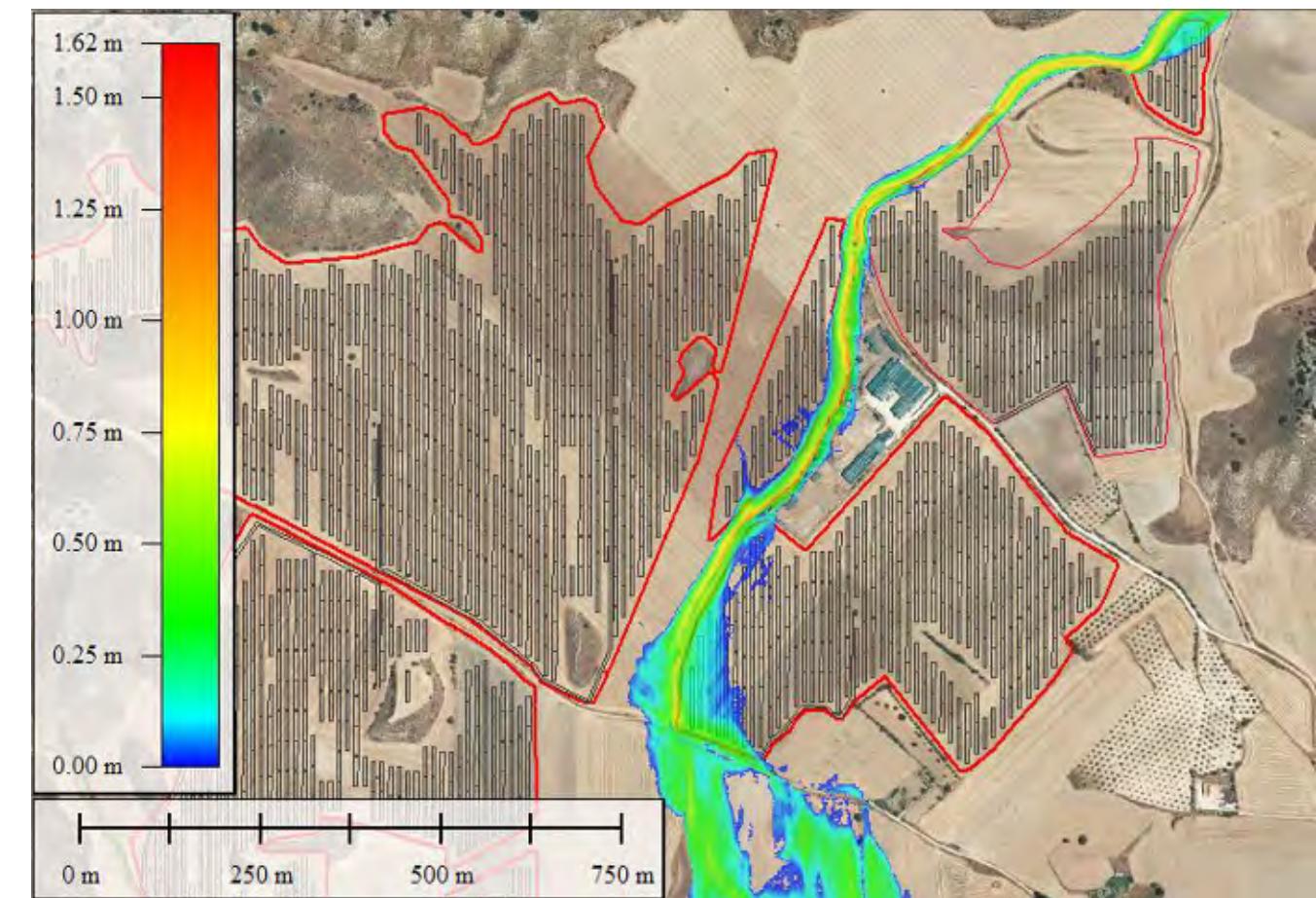
En cuanto a las velocidades, éstas se sitúan en ambos arroyos de estudio en torno a un valor medio de 0,50-1 m/s. Valor muy suave y poco erosivo, debido a la suave pendiente del terreno. Se alcanzan máximos de 3 m en zonas puntuales y aisladas.

8.2.2. AVENIDA ASOCIADA AL PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

8.2.2.1. Mapa de calados máximos



Para este nuevo periodo de retorno, T100, las llanuras de inundación aumentan ligeramente en planta, sobre todo en el tramo final del Barranco Fuente del Berraco, debido a la poca pendiente del terreno, como ya se ha comentado. En cuanto a los calados, los valores también aumentan de manera general a 0,75-1 m, alcanzándose ahora un valor máximo de 1,62 m en el entorno de la ODT-8.



Si nos centramos de nuevo en el tramo central del Barranco Fuente del Berraco, observamos que el valor de los calados aumenta (hasta 1,20 m) y que la llanura de inundación en planta también es ligeramente mayor al periodo de retorno anterior, por lo que habría una mayor afección en las parcelas destinadas a la futura planta solar en las esquinas ya destacadas (esquina noreste y esquina suroeste).

8.2.2.2. Mapa de velocidades máximas

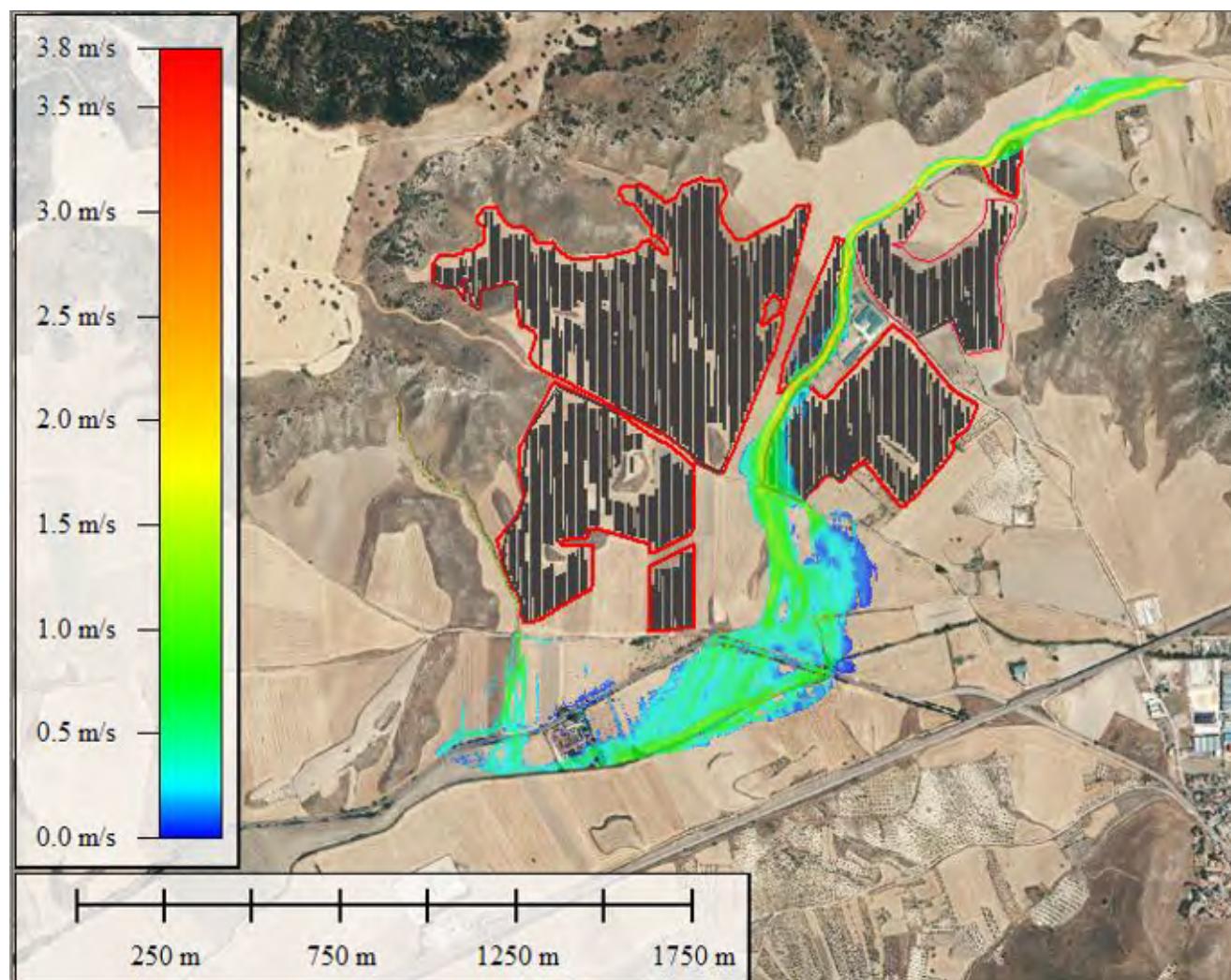


Imagen 32.- Máximas velocidades obtenidas en el entorno de la planta Cornamusa solar para $T=100$ años

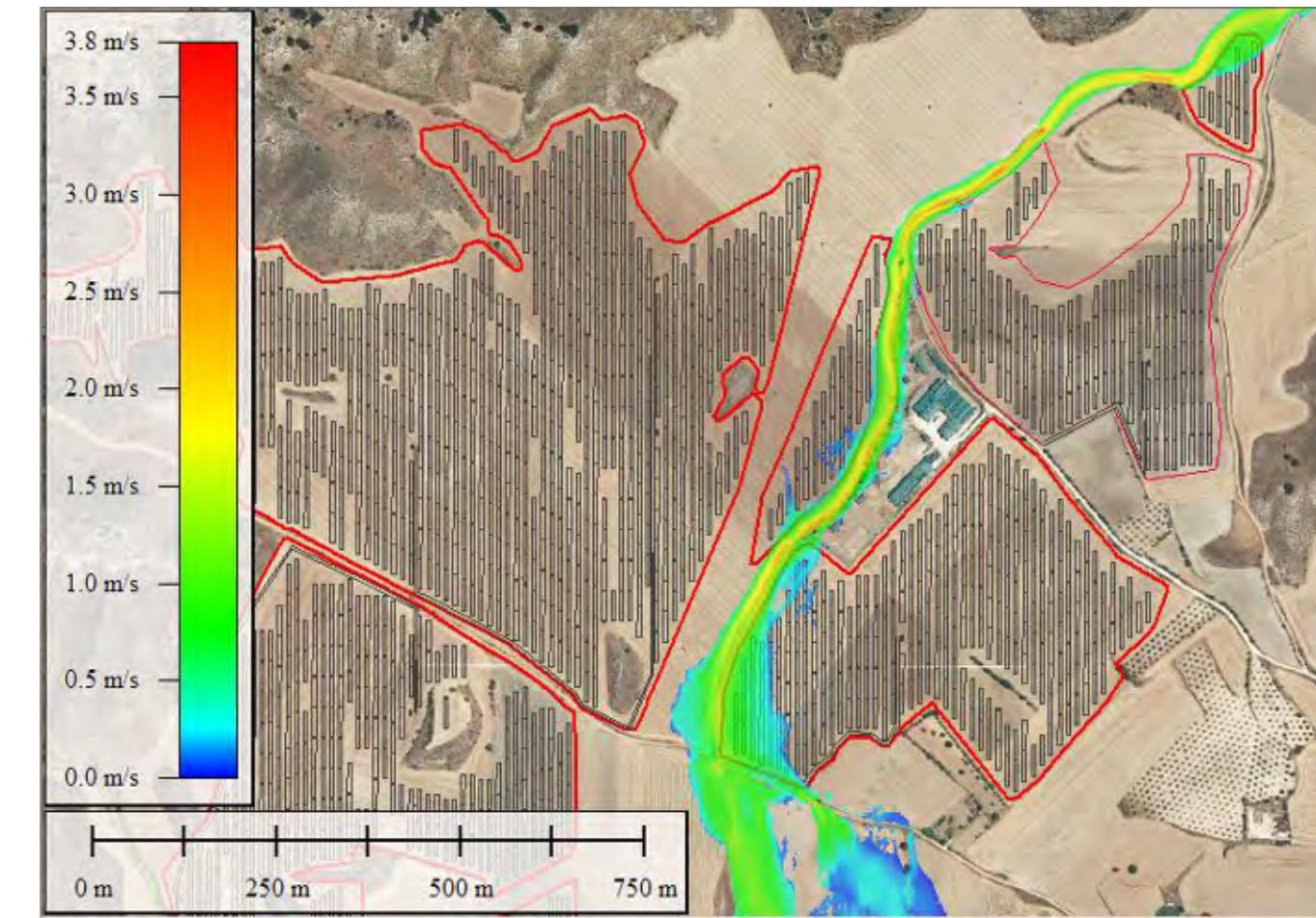


Imagen 33.- Máximas velocidades obtenidas en el entorno de la planta Cornamusa Solar para $T=100$ años, con mayor detalle

Las velocidades suben de valor ligeramente en general, con una media de 1-2 m/s. Sin embargo, siguen siendo valores suaves para ambos arroyos de estudio, a excepción de algunas zonas puntuales y aisladas detectadas sobre todo en el arroyo innombrado 1, donde se alcanzan valores máximos de 3,80 m/s.

8.2.3. AVENIDA ASOCIADA AL PERIODO DE RETORNO DE 500 AÑOS

8.2.3.1. Mapa de calados máximos

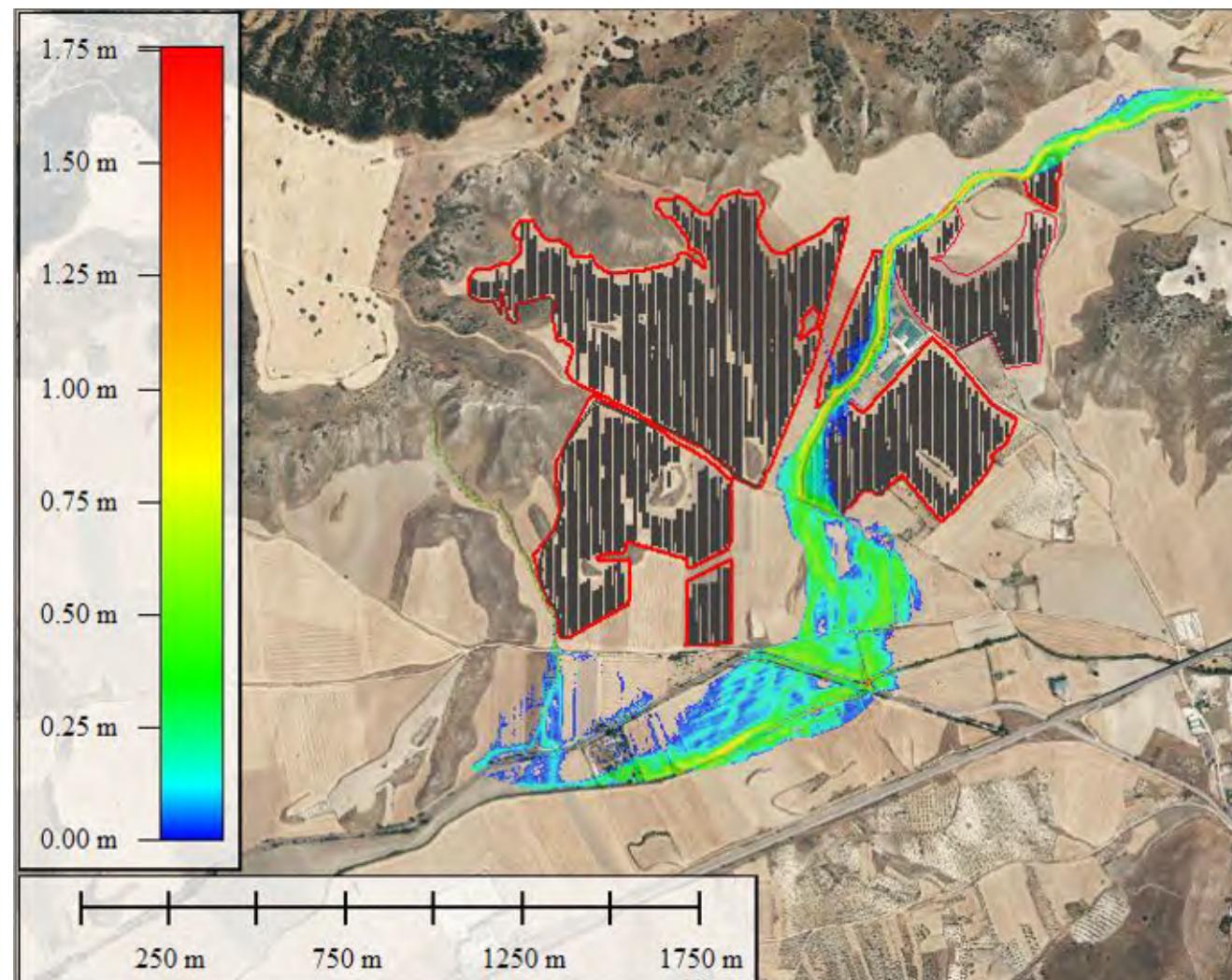


Imagen 34.- Máximos calados obtenidos en el entorno de la planta Cornamusa Solar para T=500 años

Finalmente, para el periodo de retorno más desfavorable T=500, los calados presentan un aspecto similar al anterior (T=100). Sus llanuras de inundación son dispersas en planta, en especial en el tramo final del Barranco Fuente del Berraco y tramo final del Arroyo Innominado 1, debido a la poca pendiente del terreno en esta zona. En cuanto a los valores máximos, se alcanzaría 1,75 m de nuevo en el entorno de la ODT-8.

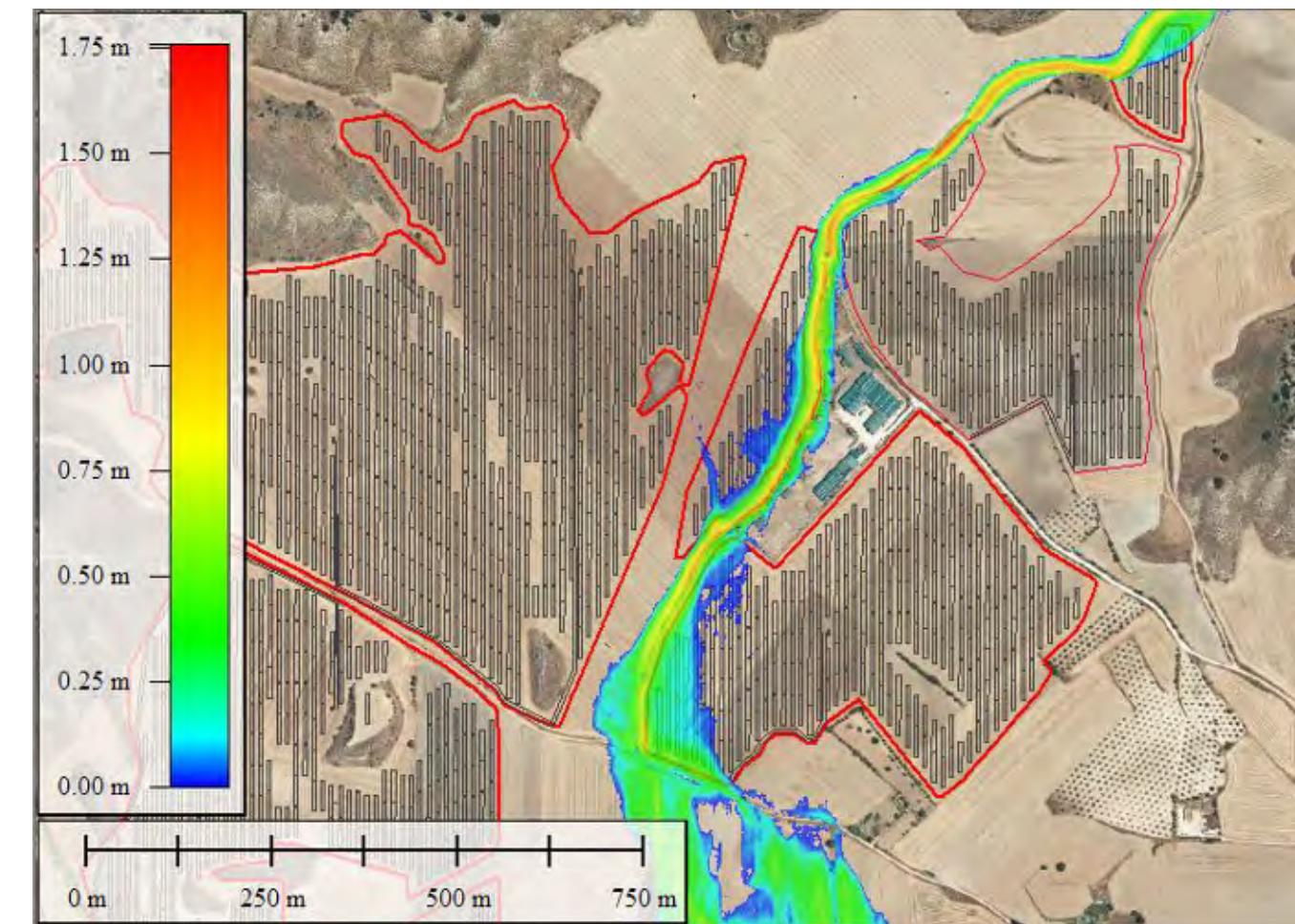
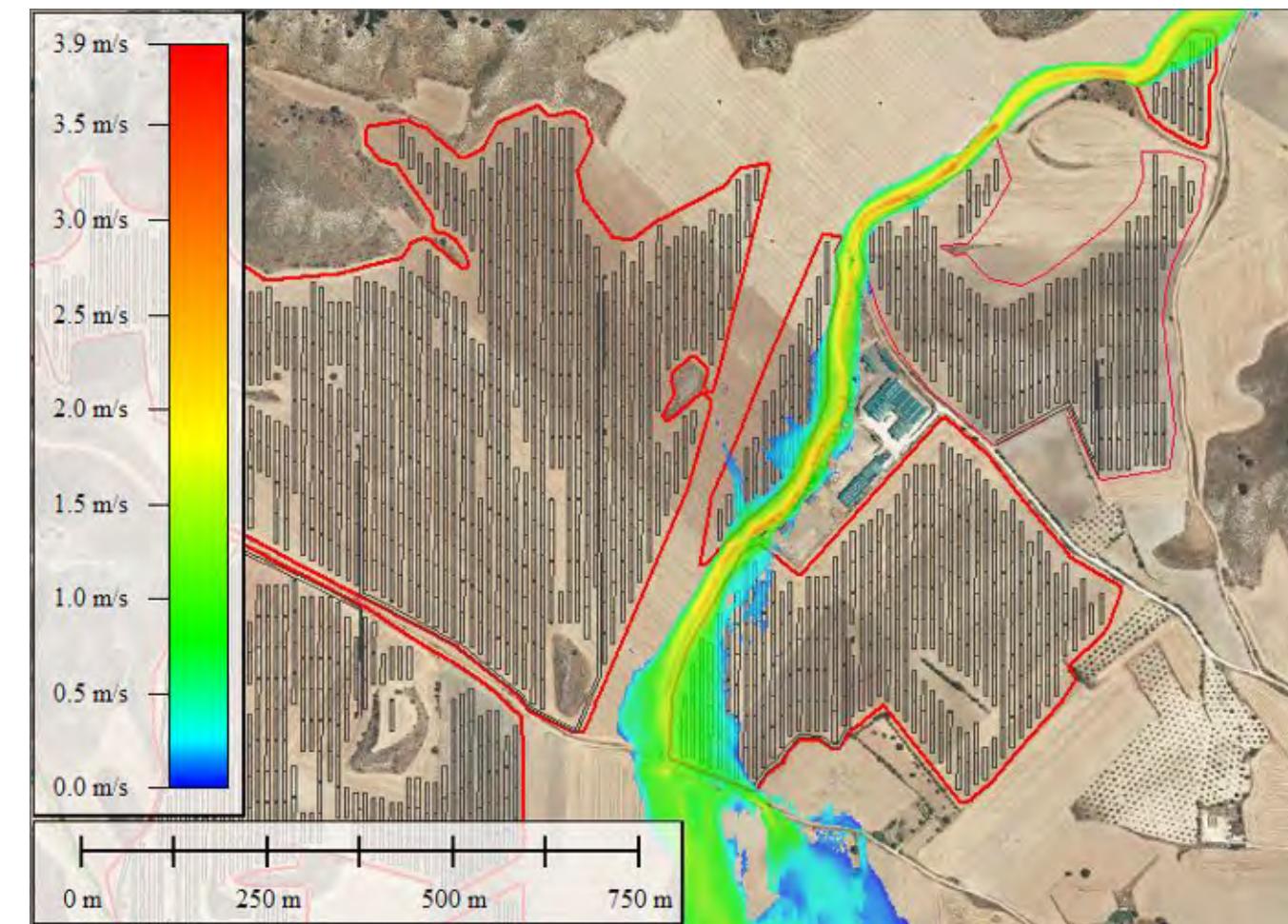
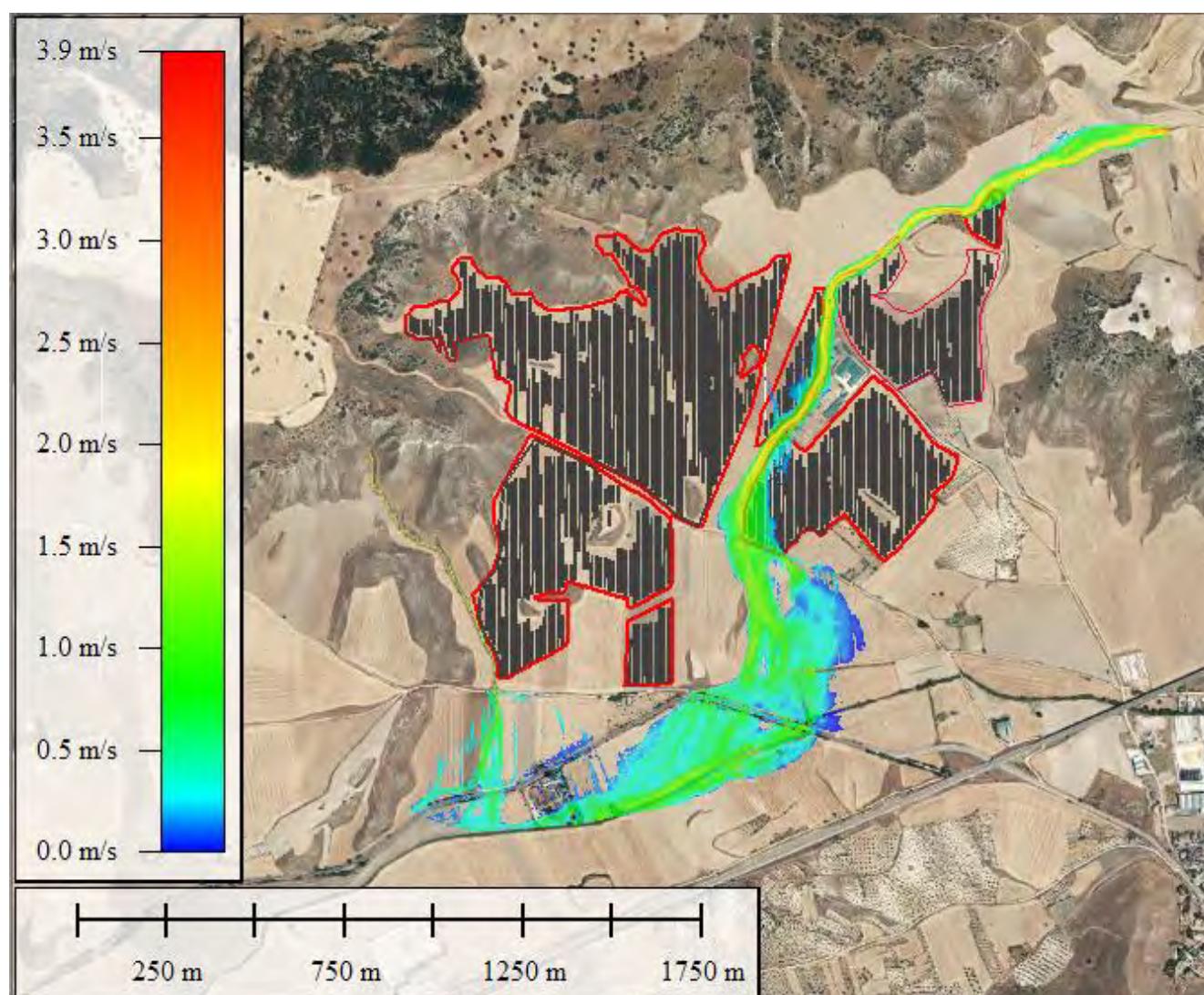


Imagen 35.- Máximos calados obtenidos en el entorno de la planta Cornamusa Solar para T=500 años

Si nos centramos en la zona más afectada de la futura planta solar, observamos este aumento de calados y una mayor dispersión de la llanura de inundación en planta en el interior de las parcelas. Sin embargo, ese aumento de calados en planta parece presentar valores por debajo de 0,50 m, como se analizará en el siguiente apartado.

8.2.3.2. Mapa de velocidades máximas



Por último, las velocidades se mantienen en el rango de lo anterior, sin importantes modificaciones. Valores medios de 1 - 2 m/s con zonas puntuales y aisladas ligeramente mayores (3,90 m/s).

8.2.3.3. Mapa de calados para T500 por encima de 0,50 metros

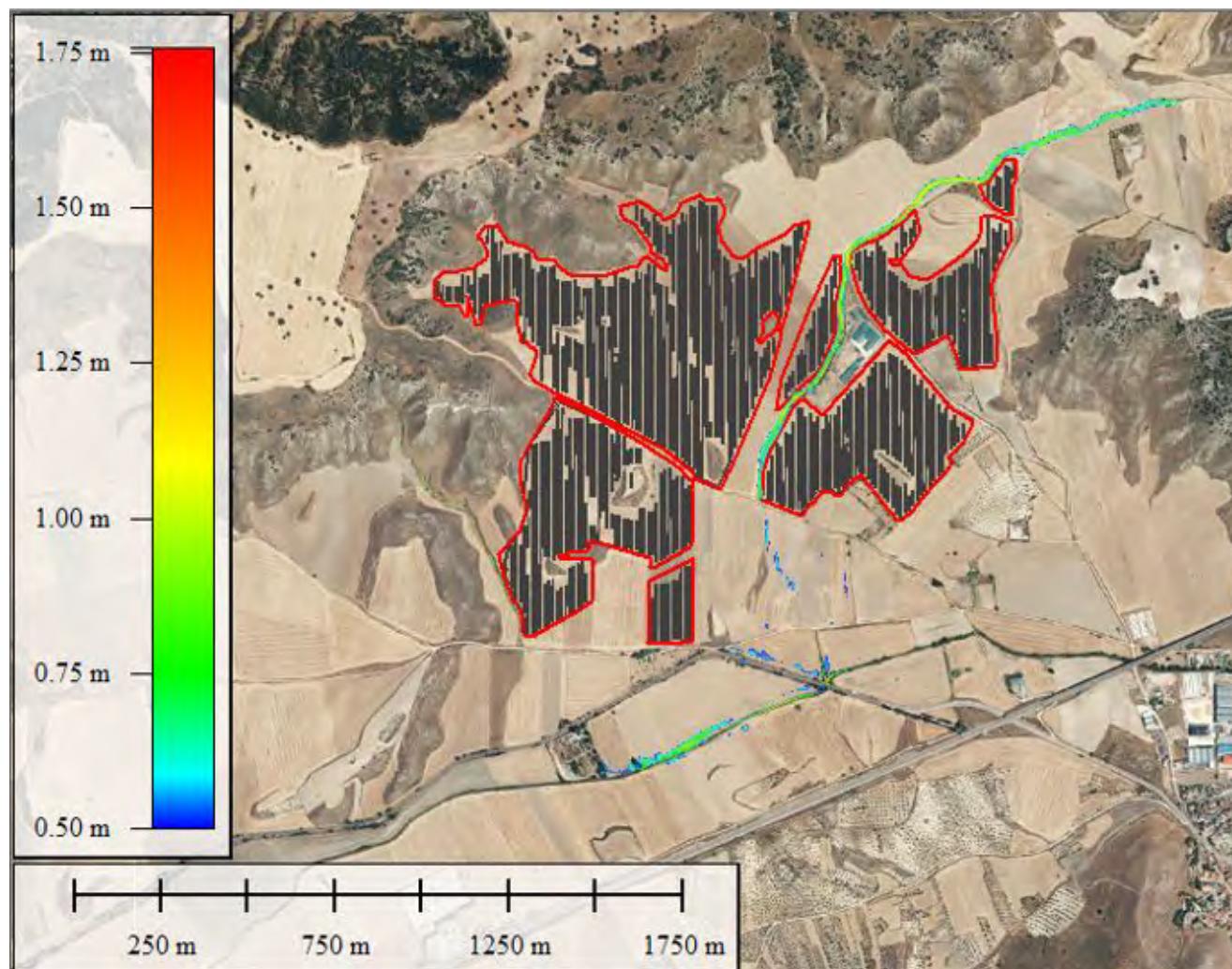


Imagen 38.- Máximos calados por encima de 50 cm, obtenidos en el entorno de la planta Cornamusa Solar, para T=500 años

Como se observa, si representamos los calados para T500 por encima de 50 centímetros toda la llanura de inundación queda prácticamente contenida en los cauces de estudio. En especial se elimina gran parte de los calados dispersos en el tramo estudiado para el Barranco Fuente del Berraco.

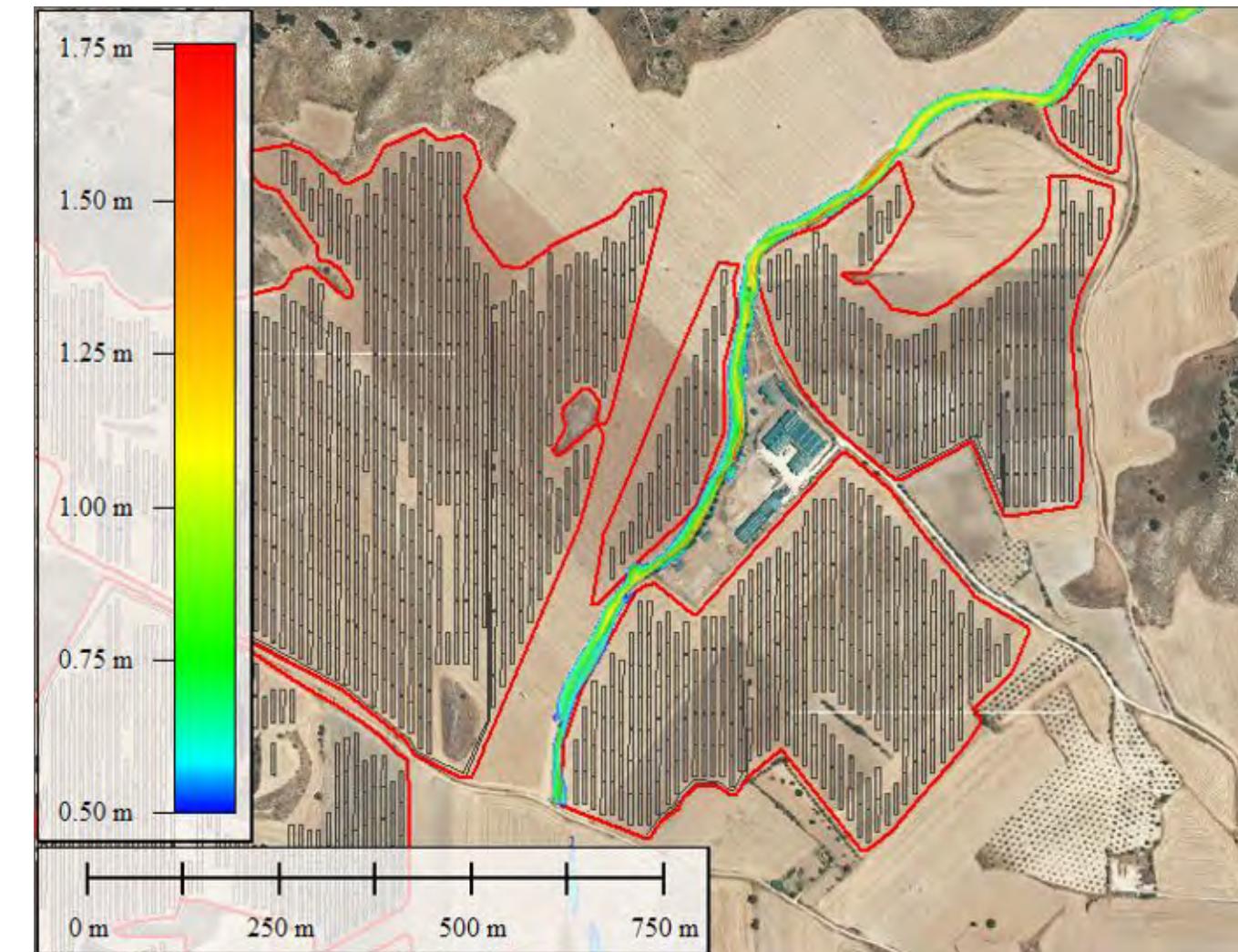


Imagen 39.- Máximos calados por encima de 50 cm, obtenidos en el entorno de la planta Cornamusa Solar, para T=500 años

En base a esto, los seguidores que se ejecutarán cuentan con una altura libre al terreno por encima de 50 cm, correspondiéndose este límite inferior con la posición más vertical del seguidor.

Un detalle tipo de los seguidores a colocar es el siguiente:

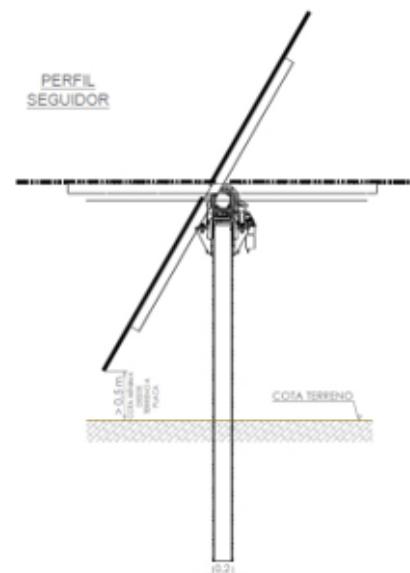


Imagen 40 – Detalle de los seguidores

9. PROPUESTA DE DELIMITACIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO, ZONA DE SERVIDUMBRE Y ZONA DE POLICÍA

La propuesta de delimitación del Dominio Público Hidráulico (DPH) de los cauces se ha realizado atendiendo a las características geomorfológicas y ecológicas del entorno de los mismos, y teniendo en cuenta la información hidrológica, hidráulica (contorno para el periodo de retorno de 5 años, asociado a la Máxima Crecida Ordinaria), fotográfica y cartográfica disponible, así como las referencias históricas y la delimitación catastral.

A partir del límite del Dominio Público Hidráulico, se ha generado la Zona de Servidumbre y la Zona de Policía mediante equidistancias a 5 y 100 m, respectivamente, del DPH. En base al criterio expuesto, se ha delimitado la zona de Dominio Público Hidráulico, la Zona de Servidumbre y la Zona de Policía, tal y como se muestra en la siguiente imagen:

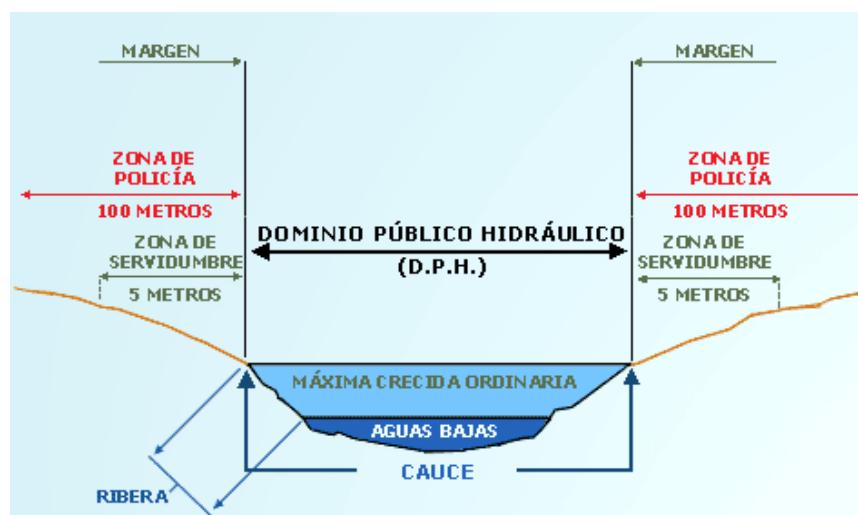


Imagen 41 – Criterio para la delimitación del Dominio Público Hidráulico, la Zona de Servidumbre y la Zona de Policía.

Se muestra a continuación la propuesta de delimitación del DPH:

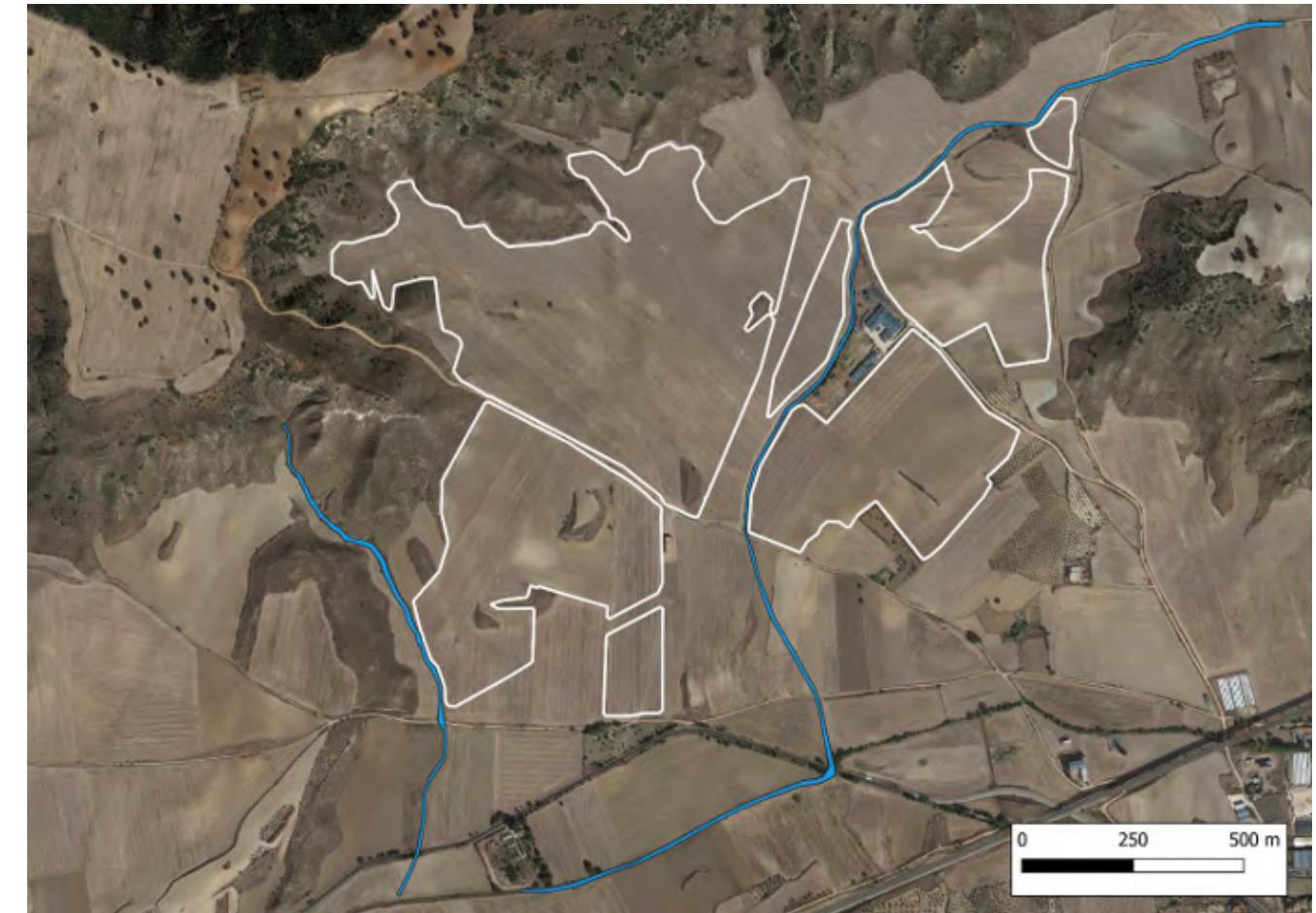


Imagen 42 – Propuesta de Dominio Público Hidráulico (DPH)

A partir de ella se ha delimitado la Zona de Servidumbre (5 metros más amplia que este contorno) y la Zona de Policía (100 metros más amplia que este contorno). Como resultado, se obtienen los contornos que se adjuntan a continuación:

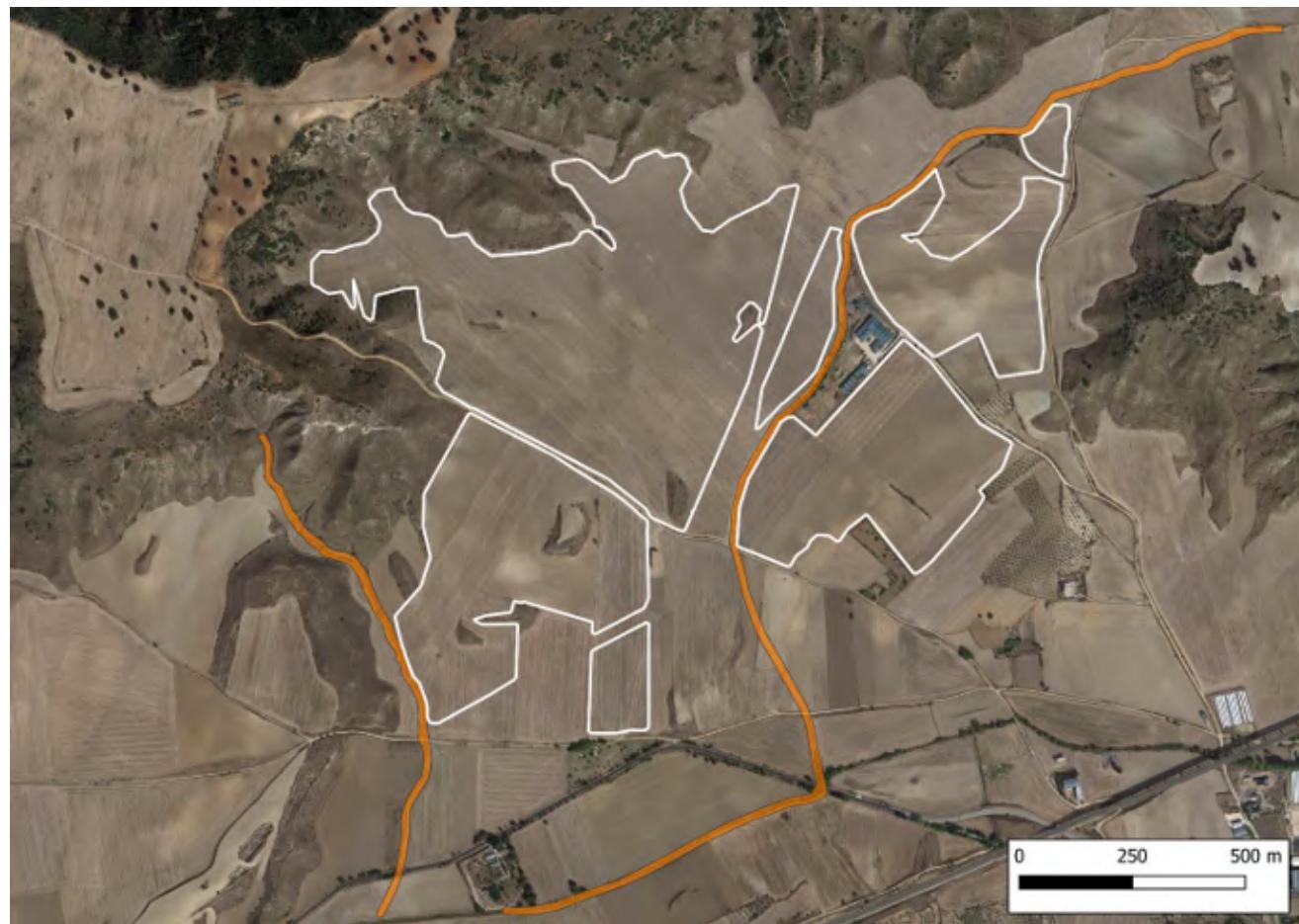


Imagen 43 – Zona de Servidumbre (ZS)

Como se observa, la Zona de Servidumbre afectaría a algunas zonas de las parcelas, pues los arroyos objeto de estudio discurren por el límite Oeste de las mismas y la zona central.

Estas zonas también se verán afectadas por la delimitación de la Zona de Policía, como se observa en la siguiente imagen.

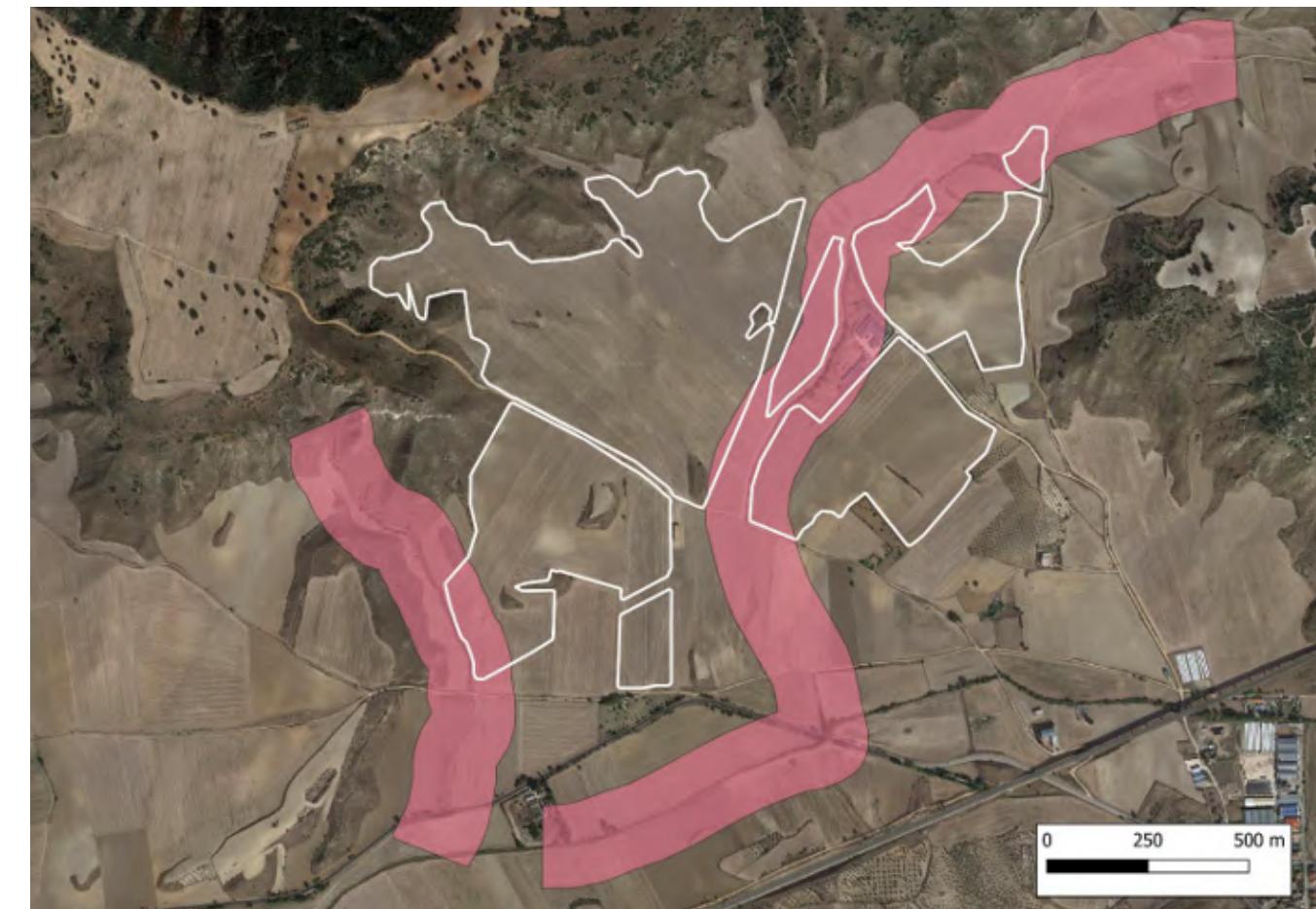


Imagen 44 – Zona de Policía (ZP)

10. DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE FLUJO PREFERENTE

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.

Zonas Inundables – SNCZI (2011)
Reg. DPH (Art.9.2 – 2008)

Zona Preferente de Flujo (ZPF) = VID + ZIP

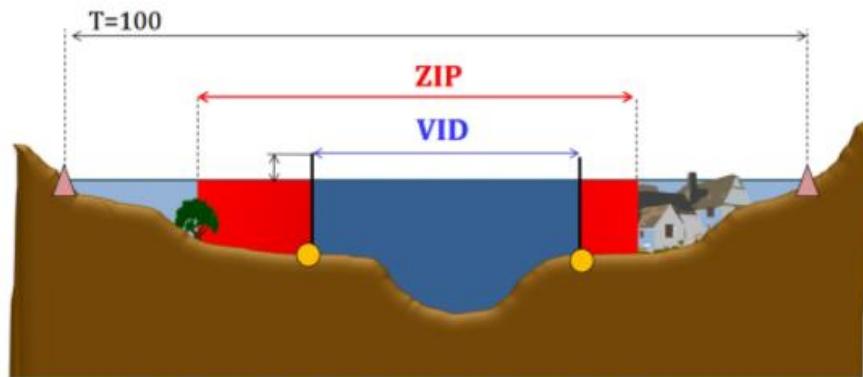


Imagen 45 – Definición de la Zona de Flujo Preferente (ZFP).

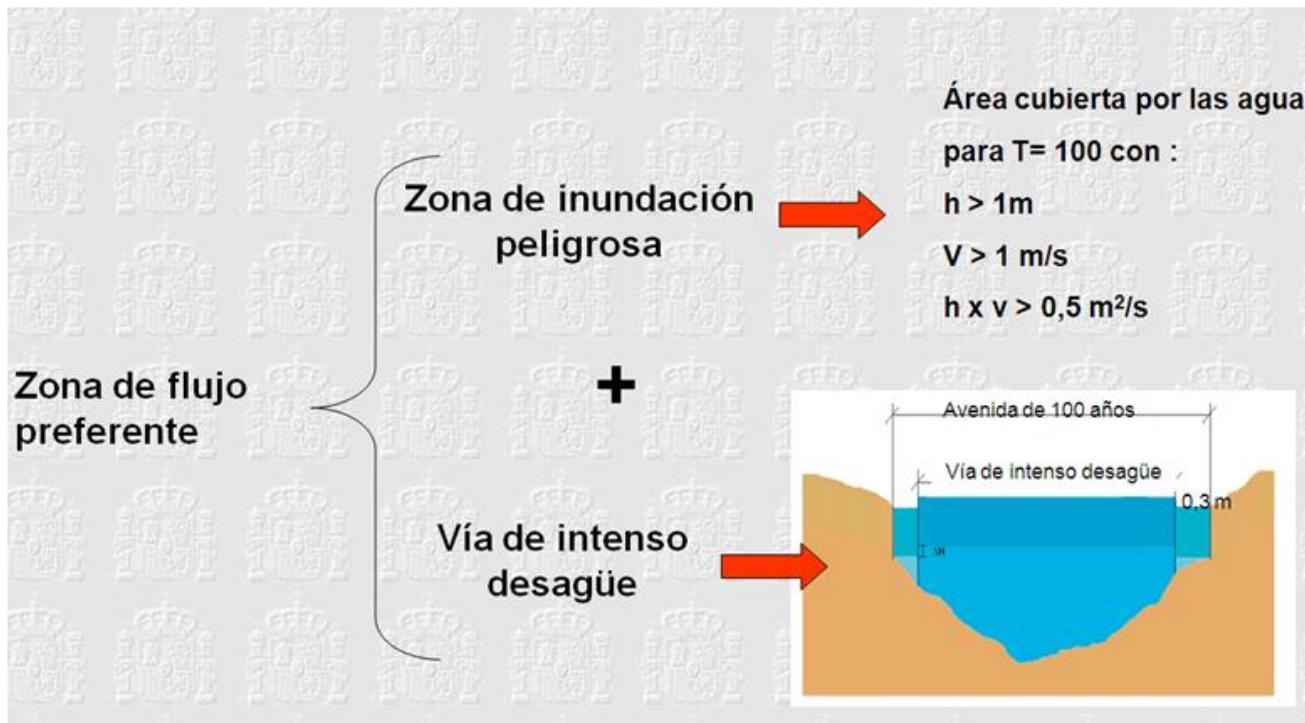


Imagen 46 – Criterios para la obtención de la Zona de Flujo Preferente.

10.1. ZONA DE INUNDACIÓN PELIGROSA

A los efectos de 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:

- Calado superior a 1 m.
- Velocidad superior a 1 m/s.
- Producto de la velocidad por el calado superior a 0,5 m²/s.

La Zona de Inundación Peligrosa (ZIP) corresponde a la superficie cubierta por la avenida de 100 años de periodo de retorno en la que se dé algunas de las condiciones anteriormente expuestas. La ZIP obtenida en el área de estudio se muestra en la imagen siguiente:

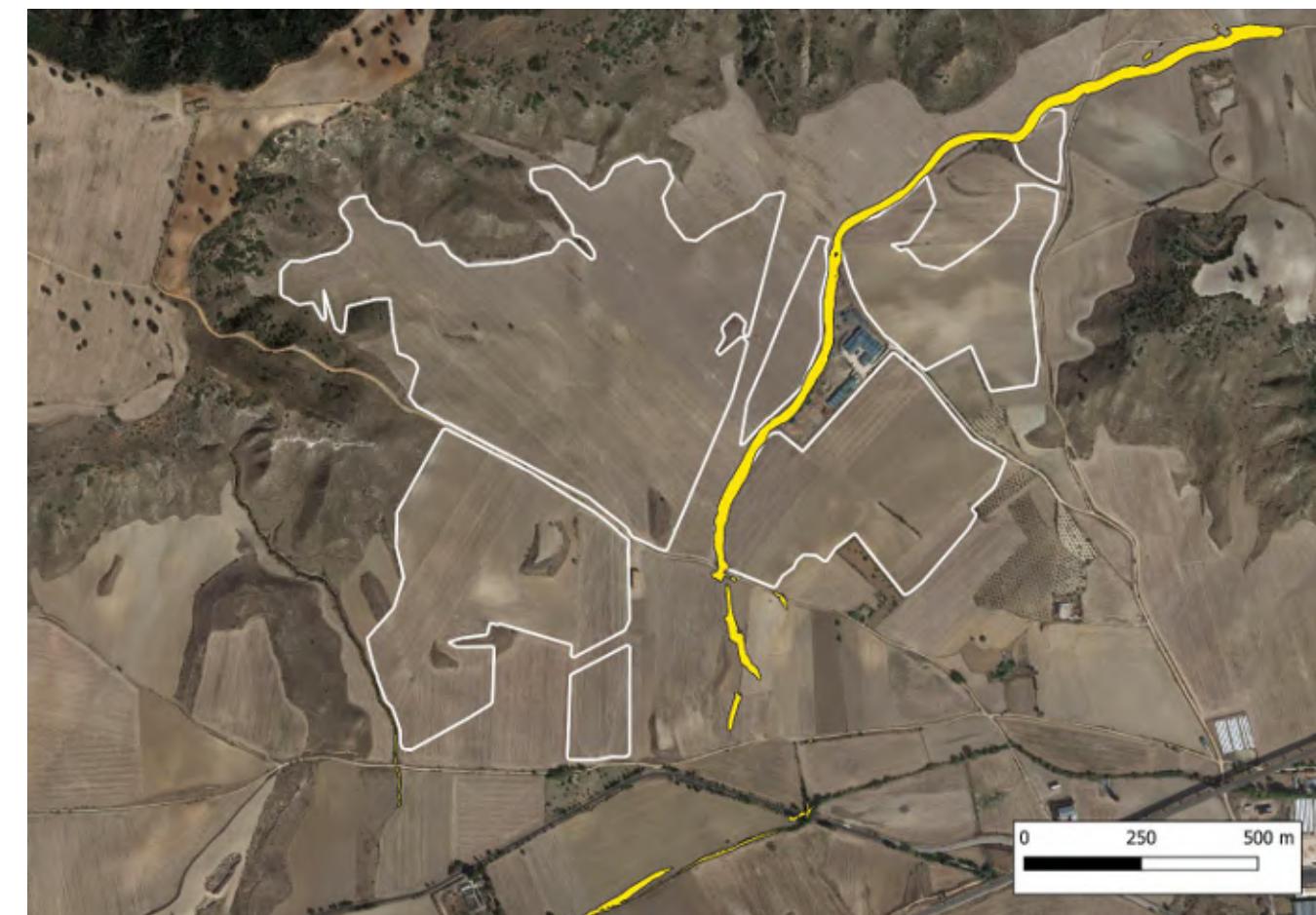


Imagen 47 – Delimitación de Zona de Inundación Peligrosa (ZIP)

10.2. VÍA DE INTENSO DESAGÜE

Se entiende por Vía de Intenso Desagüe (VID) 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; gráficamente, la definición anterior se muestra en la siguiente imagen:

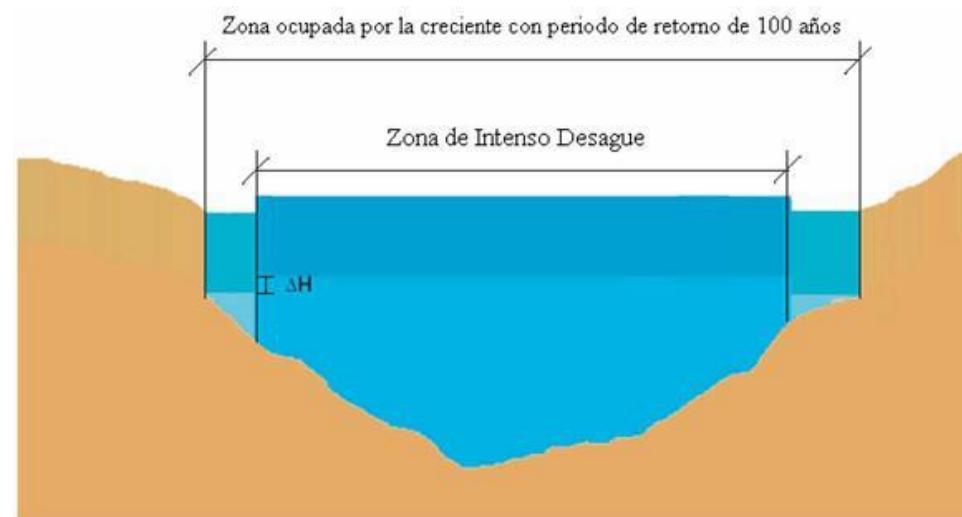


Imagen 48 – Esquema de cálculo de la Vía de Intenso Desagüe.

Con objeto de determinar la Vía de Intenso Desagüe, se ha llevado a cabo una simulación en la que se ha permitido circular al agua únicamente por el espacio correspondiente a la Zona de Inundación Peligrosa. Con esta hipótesis de cálculo, se pueden dar las siguientes casuísticas:

- Si la sobreelevación obtenida con respecto a la llanura de inundación calculada para $T = 100$ años es superior a 0,30 m, se deben ampliar los límites del contorno para la obtención de la VID.
- Si la sobreelevación obtenida con respecto a la llanura de inundación calculada para $T = 100$ años es inferior a 0,30 m, no es necesario modificar los límites del contorno ya que la VID estará contenida en la propia ZIP.

Tras la realización de los cálculos hidráulicos correspondientes, se ha obtenido una **sobreelevación mayor a 0,30 m** (restringiendo el flujo al contorno de la ZIP) con respecto a lámina de agua de la avenida de 100 años de periodo de retorno considerando el total de la llanura de inundación. A tal efecto, se da la primera casuística de las expuestas anteriormente, por lo que la **Vía de Intenso Desagüe (VID)** no queda contenida en la **Zona de Inundación Peligrosa (ZIP)** y, por lo tanto, se deben ampliar los límites del contorno para la obtención de la VID.

Se ha ampliado la primera delimitación propuesta para la Vía de Intenso Desagüe de manera progresiva desde el contorno de la Zona de Inundación Peligrosa hasta un valor cercano a la llanura completa de 100 años de periodo de retorno hasta que se ha cumplido con la delimitación de una sobreelevación inferior a los 0,30 metros. Así, Vía de Intenso Desagüe obtenida en la zona de estudio es la mostrada en la siguiente imagen:

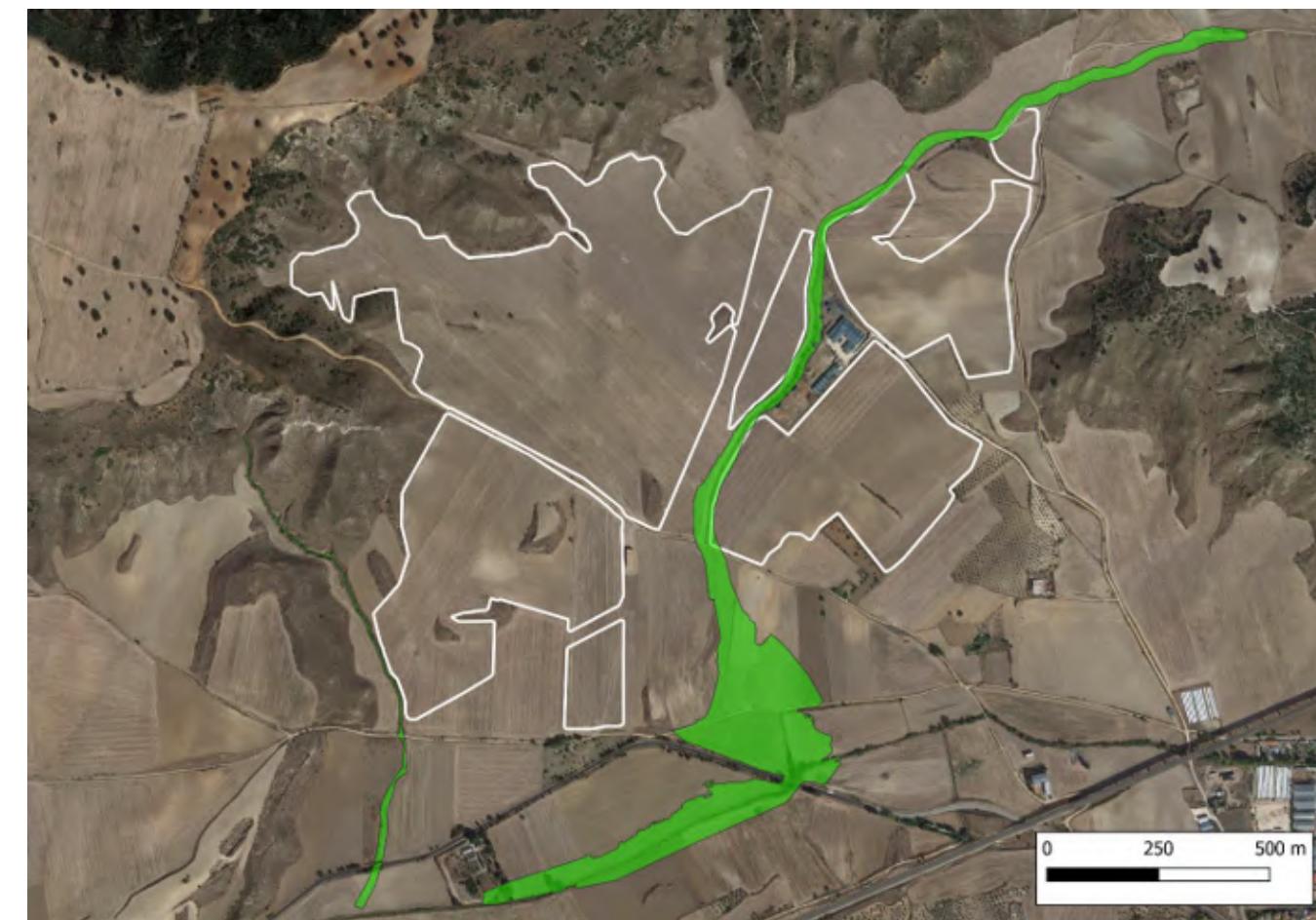


Imagen 49 – Delimitación de la Vía de Intenso Desagüe (VID)

10.3. ZONA DE FLUJO PREFERENTE

Cabe mencionar que la ZIP obtenida es resultado de la realización de una serie de cálculos sobre los ráster de resultados de calados y velocidades asociados a la avenida de 100 años de periodo de retorno, de acuerdo con los criterios que definen la ZIP. La ZIP, que es una de las capas base para la obtención de la Zona de Flujo Preferente, puede contener a veces puntos que cumplen alguno de los criterios anteriores pero que deben excluirse ya que se producen por pequeños defectos, errores o incertidumbres del modelo hidráulico como pueden ser la inundación fragmentada, errores de tolerancia, pequeños defectos en el MDT, inestabilidades en las inmediaciones de una condición de contorno o precisión de la malla. Por tanto, para la obtención de la ZFP se eliminarán aquellas zonas pertenecientes a la ZIP como consecuencia del razonamiento expuesto.

Las zonas eliminadas para la obtención de la Zona de Flujo Preferente se muestran en la imagen a continuación y se justifican en lo siguiente:

1. Saltos de agua por celdas de la malla y cercanía a la condición de contorno de entrada.
2. Saltos de agua por tamaño de malla.
3. Saltos de agua hacia depresiones del terreno sin continuidad.

De acuerdo con lo expuesto en los apartados anteriores, la Zona de Flujo Preferente (ZFP) obtenida en la zona de estudio es la mostrada en la siguiente imagen:

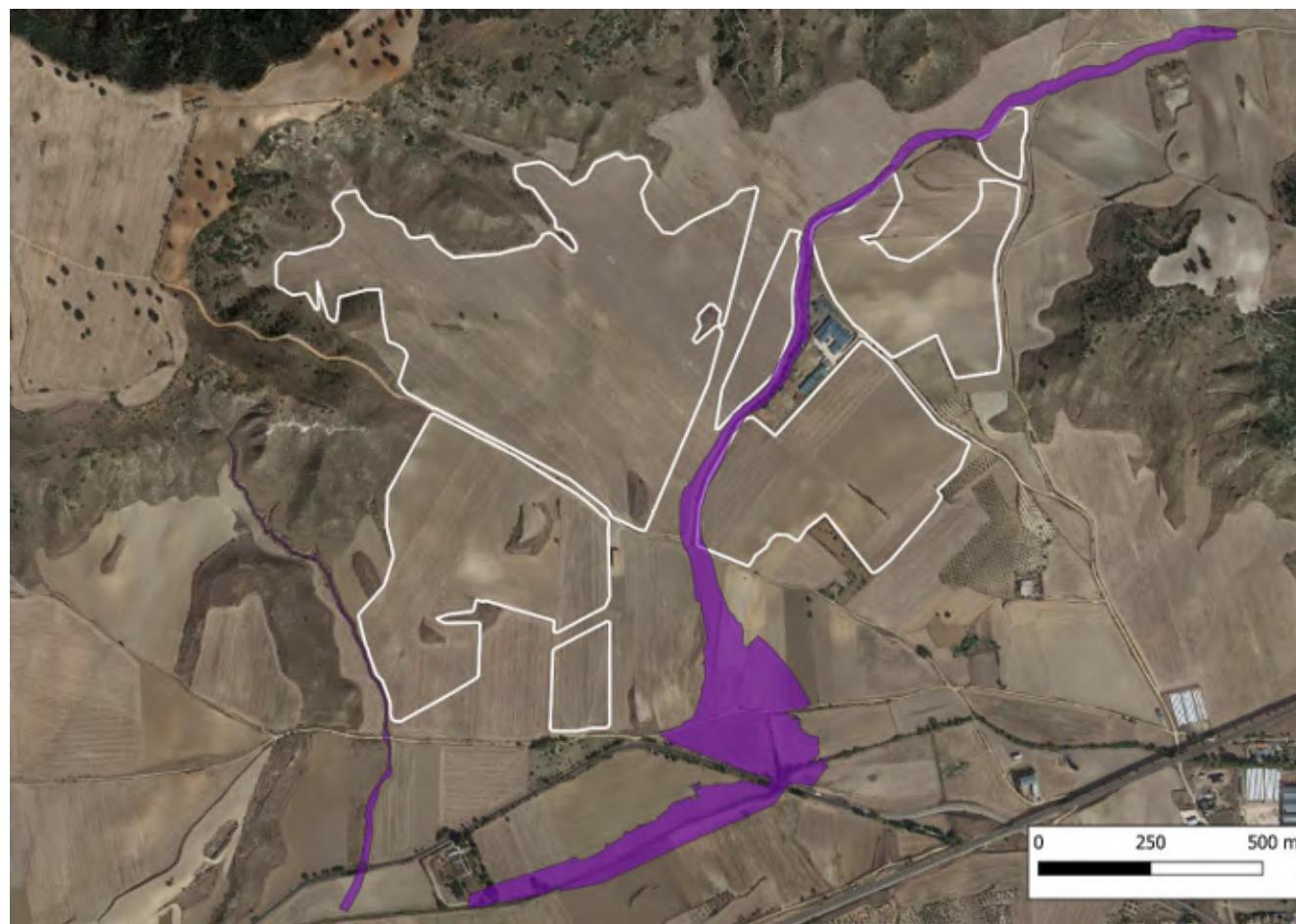


Imagen 50 – Zona de Flujo Preferente en la zona de estudio para la situación actual

Como se observa, la Zona de Flujo Preferente afectaría levemente al límite Oeste de las parcelas y a la zona central de las mismas, por donde discurre el Barranco Fuente del Berraco.

11. ZONAS LIMITANTES A LA IMPLANTACIÓN

Atendiendo a las limitaciones de usos aplicables a nivel estatal definidas en *los Artículos 9 bis, 9 ter, 9 quáter y 4 bis del Reglamento de Dominio Público Hidráulico*, la implantación de la futura planta solar fotovoltaica atiende a las siguientes limitaciones:

- La zona de Dominio Público Hidráulico, la Zona de Servidumbre y la Zona de Flujo Preferente quedará libre de cualquier tipo de instalación.
- En lo referente a las construcciones e instalaciones en zonas inundables ($T=500$ años), fuera de las zonas definidas anteriores, éstas no deberán suponer un obstáculo al flujo.

Por lo tanto, la **superficie ocupada por el Dominio Público Hidráulico y la Zona de Servidumbre** de los arroyos, y la **Zona de Flujo Preferente** queda excluida del área útil para la implantación de la planta solar fotovoltaica. La **ocupación de las zonas inundables asociadas a los períodos de retorno de $T=500$ años, fuera de las zonas anteriores, se limita a paneles fotovoltaicos garantizando la no obstrucción del flujo** (mediante su colocación sobre perfiles hincados en el terreno que permitan situar la placa a una altura de 0,50 m sobre el terreno, y situándolas fuera de la llanura de inundación de 500 años con calados superiores a 0,50 m).

Si se realiza una comparativa entre la Zona de Flujo Preferente, la Zona de Servidumbre, el Dominio Público Hidráulico y la zona inundable para $T=500$ por encima de 0,50 metros se extrae que la zona de restricción será la

envolvente de todas ellas. **Fuera de dicha zona de restricción se han situado paneles fotovoltaicos por no suponer un obstáculo al flujo.**

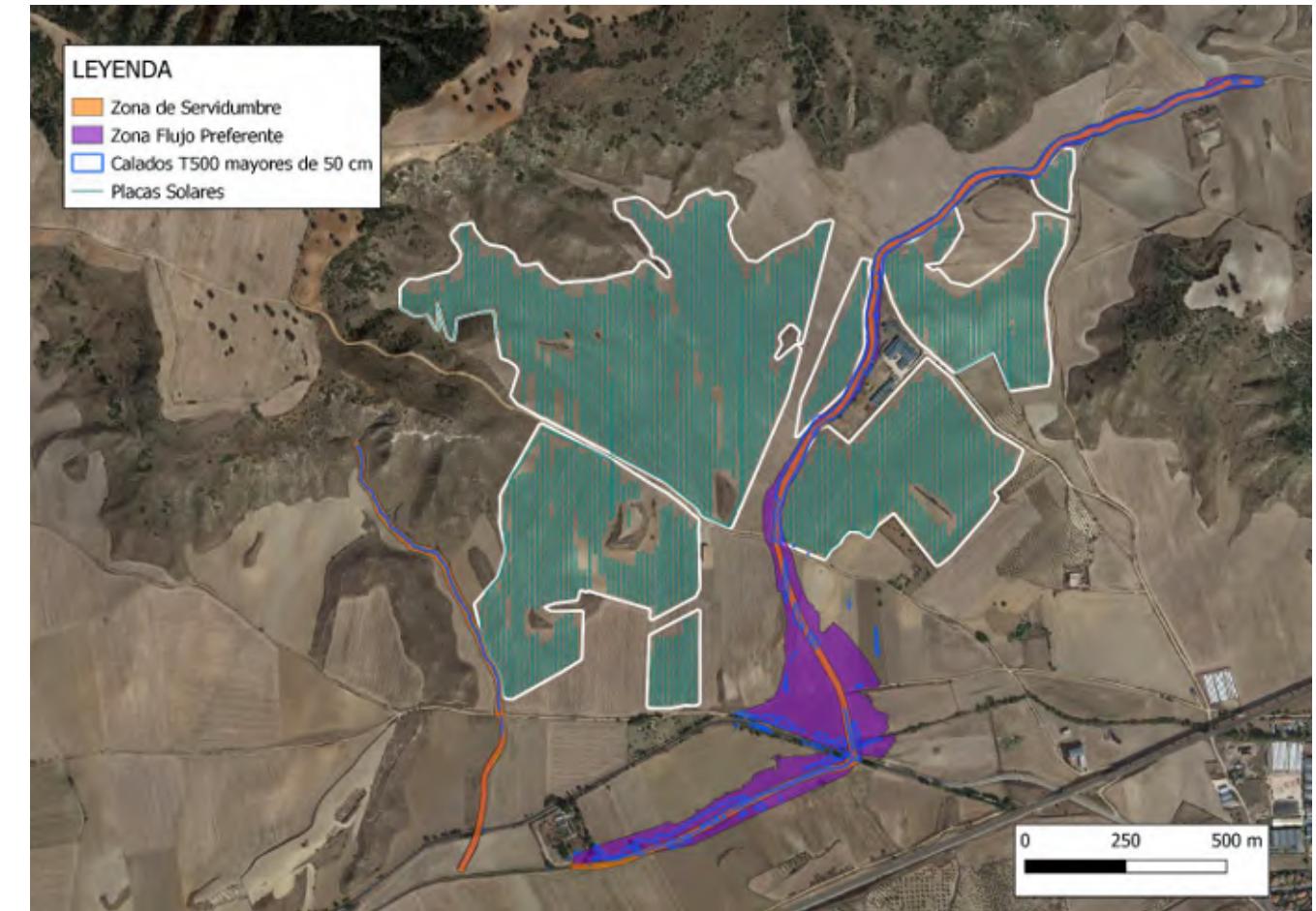


Imagen 51.-Delimitación de la zona más restrictiva (entre Zona de Flujo Preferente, Zona de Servidumbre, Dominio Público Hidráulico y zonas con calado superior a 0,50 metros para $T=500$) para la distribución de las placas solares

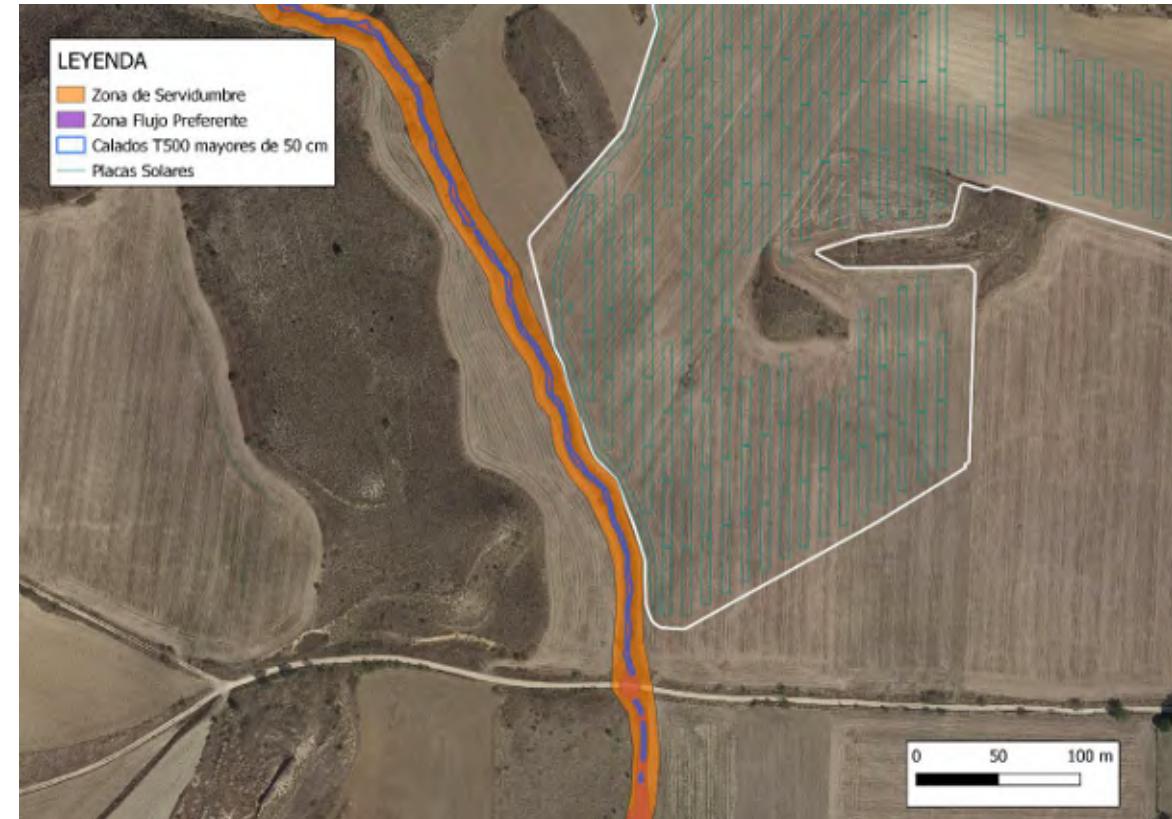
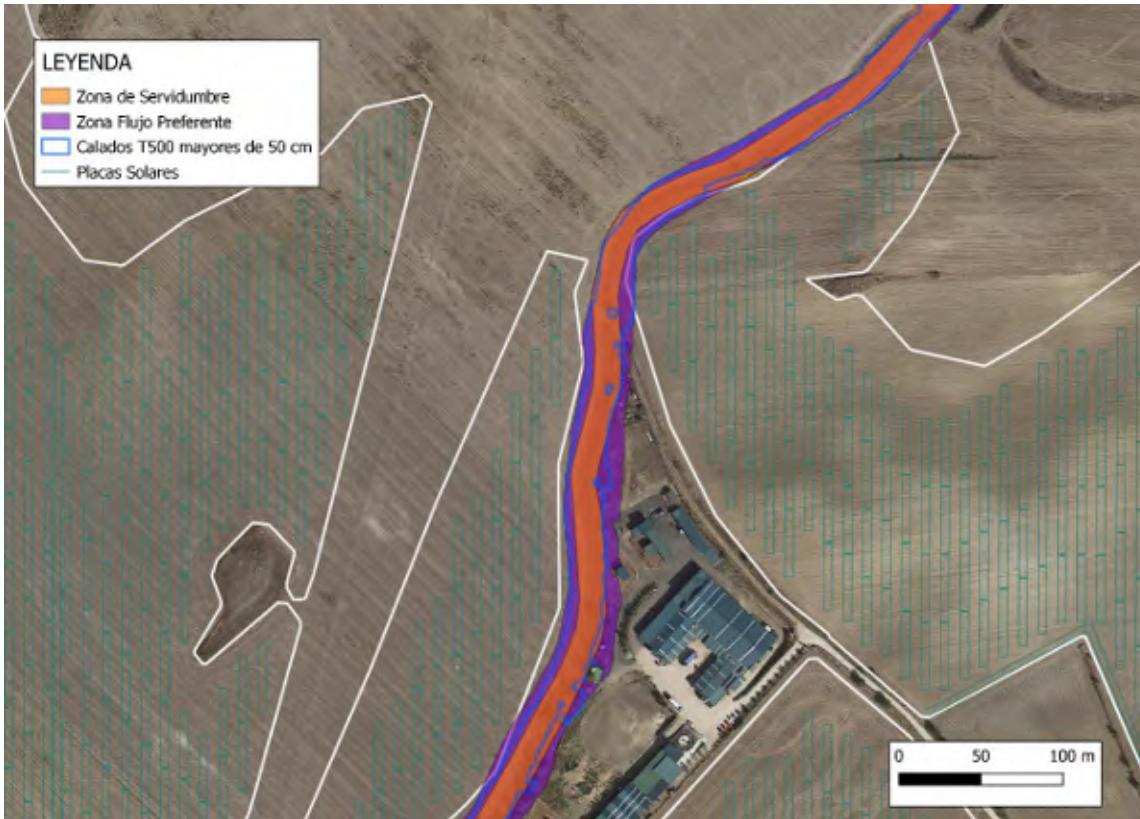
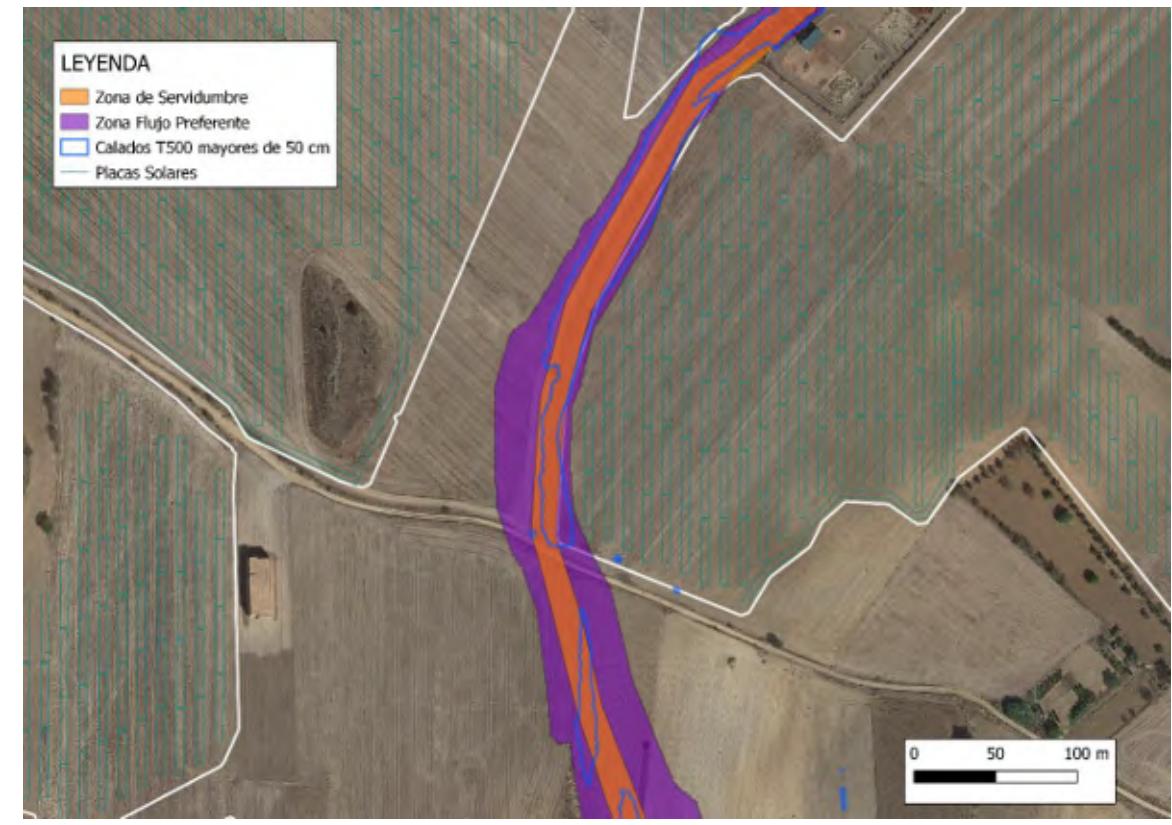
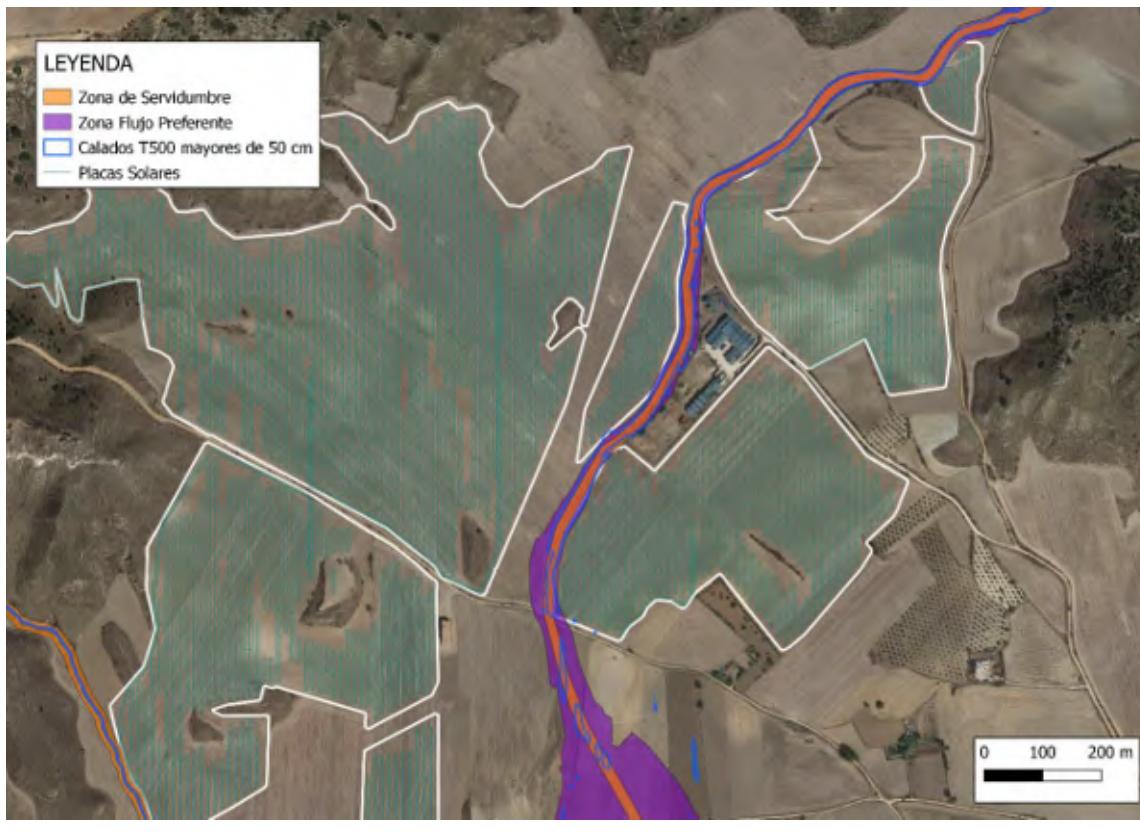


Imagen 52.-Delimitación de la zona más restrictiva (entre Zona de Flujo Preferente, Zona de Servidumbre, Dominio Público Hidráulico y zonas con calado superior a 0,50 metros para T500) para la distribución de las placas solares con mayor detalle

Imagen 53.-Delimitación de la zona más restrictiva (entre Zona de Flujo Preferente, Zona de Servidumbre, Dominio Público Hidráulico y zonas con calado superior a 0,50 metros para T500) para la distribución de las placas solares con mayor detalle

12. CONCLUSIONES

Atendiendo a las limitaciones de usos aplicables a nivel estatal definidas en *los Artículos 9 bis, 9 ter, 9 quáter y 4 bis del Reglamento de Dominio Público Hidráulico*, las implantaciones de las futuras instalaciones fotovoltaicas atienden a las siguientes limitaciones:

- La zona de Dominio Público Hidráulico, la Zona de Servidumbre y la Zona de Flujo Preferente queda libre de cualquier tipo de instalación.
- En lo referente a las construcciones e instalaciones en zonas inundables ($T=500$ años), fuera de las zonas definidas anteriores, éstas no suponen un obstáculo al flujo.

Por lo tanto, **la superficie ocupada por el Dominio Público Hidráulico y la Zona de Servidumbre** de los arroyos, **y la Zona de Flujo Preferente queda excluida del área útil para la implantación de la planta fotovoltaica**. La **ocupación de las zonas inundables asociadas a los períodos de retorno de $T=500$ años, fuera de las zonas anteriores, se limita a paneles fotovoltaicos garantizando la no obstrucción del flujo** (mediante su colocación sobre perfiles hincados en el terreno suficientemente separados que garanticen que la cota mínima de los paneles supera la de las avenidas).

Ante lo expuesto en la presente memoria y sus diferentes apéndices, se determina que el estudio se considera suficiente y completo para la delimitación de las llanuras de inundación de los cauces estudiados asociadas a los períodos de retorno de 5, 100 y 500 años, así como para la propuesta de delimitación del Dominio Público Hidráulico, la Zona de Servidumbre y la Zona de Policía del cauce histórico y actual del arroyo innombrado y la Zona de Flujo Preferente.

Por lo tanto, se somete el estudio a la aprobación del organismo competente.

Y, para que así conste, se firma la presente a:

Madrid, enero de 2022

El Ingeniero Autor del Informe:



Fdo.: Javier Merino Crespín

Ingeniero Agrónomo, N.º Col. 2.382

Ingeniero Civil, N.º Col. 19.615

El Ingeniero Autor del Informe:



Fdo.: Rafael Ordóñez Pereira

Ingeniero de Montes, N.º Col. 4.748

Ingeniero Civil, N.º Col. 25.319

APÉNDICE Nº1: HIETOGRAMAS E HIDROGRAMAS DE CÁLCULO

1. HIETOGRAMAS							
1.1. PERÍODO DE RETORNO DE 5 AÑOS							
1.1.1. CUENCA A. INNOMINADO 1							
Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
5	0.0354	0.0354	0.0354	-	-	-	0.0354
10	0.0357	0.0712	0.0712	-	-	-	0.0357
15	0.0360	0.1072	0.1072	-	-	-	0.0360
20	0.0363	0.1436	0.1436	-	-	-	0.0363
25	0.0367	0.1802	0.1802	-	-	-	0.0367
30	0.0370	0.2172	0.2172	-	-	-	0.0370
35	0.0373	0.2545	0.2545	-	-	-	0.0373
40	0.0376	0.2921	0.2921	-	-	-	0.0376
45	0.0379	0.3301	0.3301	-	-	-	0.0379
50	0.0383	0.3684	0.3684	-	-	-	0.0383
55	0.0386	0.4070	0.4070	-	-	-	0.0386
60	0.0390	0.4459	0.4459	-	-	-	0.0390
65	0.0393	0.4852	0.4852	-	-	-	0.0393
70	0.0397	0.5249	0.5249	-	-	-	0.0397
75	0.0400	0.5649	0.5649	-	-	-	0.0400
80	0.0404	0.6053	0.6053	-	-	-	0.0404
85	0.0408	0.6461	0.6461	-	-	-	0.0408
90	0.0411	0.6872	0.6872	-	-	-	0.0411
95	0.0415	0.7287	0.7287	-	-	-	0.0415
100	0.0419	0.7706	0.7706	-	-	-	0.0419
105	0.0423	0.8129	0.8129	-	-	-	0.0423
110	0.0427	0.8556	0.8556	-	-	-	0.0427
115	0.0431	0.8987	0.8987	-	-	-	0.0431
120	0.0435	0.9422	0.9422	-	-	-	0.0435
125	0.0439	0.9861	0.9861	-	-	-	0.0439
130	0.0444	1.0305	1.0305	-	-	-	0.0444
135	0.0448	1.0753	1.0753	-	-	-	0.0448
140	0.0452	1.1205	1.1205	-	-	-	0.0452
145	0.0457	1.1662	1.1662	-	-	-	0.0457
150	0.0461	1.2123	1.2123	-	-	-	0.0461
155	0.0466	1.2589	1.2589	-	-	-	0.0466
160	0.0471	1.3060	1.3060	-	-	-	0.0471
165	0.0475	1.3535	1.3535	-	-	-	0.0475
170	0.0480	1.4016	1.4016	-	-	-	0.0480
175	0.0485	1.4501	1.4501	-	-	-	0.0485
180	0.0490	1.4991	1.4991	-	-	-	0.0490
185	0.0495	1.5487	1.5487	-	-	-	0.0495

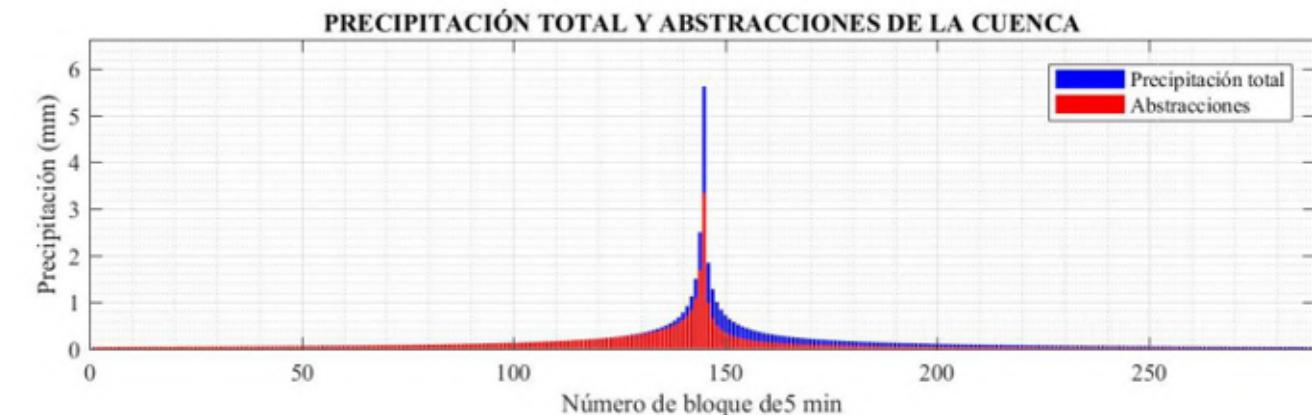
Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
190	0.0501	1.5987	1.5987	-	-	-	0.0501
195	0.0506	1.6493	1.6493	-	-	-	0.0506
200	0.0511	1.7005	1.7005	-	-	-	0.0511
205	0.0517	1.7522	1.7522	-	-	-	0.0517
210	0.0523	1.8044	1.8044	-	-	-	0.0523
215	0.0528	1.8572	1.8572	-	-	-	0.0528
220	0.0534	1.9107	1.9107	-	-	-	0.0534
225	0.0540	1.9647	1.9647	-	-	-	0.0540
230	0.0546	2.0193	2.0193	-	-	-	0.0546
235	0.0552	2.0745	2.0745	-	-	-	0.0552
240	0.0559	2.1304	2.1304	-	-	-	0.0559
245	0.0565	2.1869	2.1869	-	-	-	0.0565
250	0.0572	2.2440	2.2440	-	-	-	0.0572
255	0.0578	2.3018	2.3018	-	-	-	0.0578
260	0.0585	2.3603	2.3603	-	-	-	0.0585
265	0.0592	2.4195	2.4195	-	-	-	0.0592
270	0.0599	2.4794	2.4794	-	-	-	0.0599
275	0.0606	2.5401	2.5401	-	-	-	0.0606
280	0.0614	2.6015	2.6015	-	-	-	0.0614
285	0.0621	2.6636	2.6636	-	-	-	0.0621
290	0.0629	2.7265	2.7265	-	-	-	0.0629
295	0.0637	2.7902	2.7902	-	-	-	0.0637
300	0.0645	2.8547	2.8547	-	-	-	0.0645
305	0.0653	2.9200	2.9200	-	-	-	0.0653
310	0.0662	2.9862	2.9862	-	-	-	0.0662
315	0.0670	3.0533	3.0533	-	-	-	0.0670
320	0.0679	3.1212	3.1212	-	-	-	0.0679
325	0.0688	3.1900	3.1900	-	-	-	0.0688
330	0.0698	3.2598	3.2598	-	-	-	0.0698
335	0.0707	3.3305	3.3305	-	-	-	0.0707
340	0.0717	3.4022	3.4022	-	-	-	0.0717
345	0.0727	3.4749	3.4749	-	-	-	0.0727
350	0.0737	3.5485	3.5485	-	-	-	0.0737
355	0.0747	3.6233	3.6233	-	-	-	0.0747
360	0.0758	3.6991	3.6991	-	-	-	0.0758
365	0.0769	3.7760	3.7760	-	-	-	0.0769
370	0.0780	3.8541	3.8541	-	-	-	0.0780
375	0.0792	3.9333	3.9333	-	-	-	0.0792
380	0.0804	4.0137	4.0137	-	-	-	0.0804
385	0.0816	4.0953	4.0953	-	-	-	0.0816
390	0.0829	4.1782	4.1782	-	-	-	0.0829
395	0.0842	4.2624	4.2624	-	-	-	0.0842

Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)	Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
400	0.0855	4.3479	4.3479	-	-	-	0.0855	610	0.2280	10.1033	10.1033	-	-	-	0.2280
405	0.0869	4.4347	4.4347	-	-	-	0.0869	615	0.2370	10.3404	10.3404	-	-	-	0.2370
410	0.0883	4.5230	4.5230	-	-	-	0.0883	620	0.2468	10.5871	10.5230	0.0640	0.0001	0.0001	0.2467
415	0.0897	4.6127	4.6127	-	-	-	0.0897	625	0.2574	10.8445	10.5230	0.3195	0.0020	0.0019	0.2555
420	0.0912	4.7039	4.7039	-	-	-	0.0912	630	0.2689	11.1134	10.5230	0.5838	0.0065	0.0046	0.2643
425	0.0928	4.7967	4.7967	-	-	-	0.0928	635	0.2815	11.3949	10.5230	0.8576	0.0142	0.0077	0.2738
430	0.0943	4.8911	4.8911	-	-	-	0.0943	640	0.2954	11.6903	10.5230	1.1419	0.0253	0.0111	0.2843
435	0.0960	4.9870	4.9870	-	-	-	0.0960	645	0.3108	12.0010	10.5230	1.4376	0.0404	0.0151	0.2957
440	0.0977	5.0847	5.0847	-	-	-	0.0977	650	0.3279	12.3289	10.5230	1.7459	0.0599	0.0195	0.3083
445	0.0994	5.1841	5.1841	-	-	-	0.0994	655	0.3470	12.6759	10.5230	2.0682	0.0846	0.0247	0.3223
450	0.1012	5.2854	5.2854	-	-	-	0.1012	660	0.3686	13.0445	10.5230	2.4062	0.1153	0.0307	0.3380
455	0.1031	5.3885	5.3885	-	-	-	0.1031	665	0.3933	13.4378	10.5230	2.7618	0.1530	0.0377	0.3556
460	0.1050	5.4935	5.4935	-	-	-	0.1050	670	0.4217	13.8595	10.5230	3.1375	0.1990	0.0460	0.3757
465	0.1070	5.6005	5.6005	-	-	-	0.1070	675	0.4547	14.3142	10.5230	3.5364	0.2548	0.0559	0.3989
470	0.1091	5.7096	5.7096	-	-	-	0.1091	680	0.4939	14.8081	10.5230	3.9624	0.3227	0.0679	0.4260
475	0.1112	5.8208	5.8208	-	-	-	0.1112	685	0.5411	15.3492	10.5230	4.4207	0.4055	0.0828	0.4583
480	0.1134	5.9343	5.9343	-	-	-	0.1134	690	0.5993	15.9485	10.5230	4.9183	0.5072	0.1017	0.4976
485	0.1158	6.0500	6.0500	-	-	-	0.1158	695	0.6733	16.6218	10.5230	5.4653	0.6335	0.1263	0.5469
490	0.1181	6.1682	6.1682	-	-	-	0.1181	700	0.7711	17.3928	10.5230	6.0764	0.7934	0.1599	0.6112
495	0.1206	6.2888	6.2888	-	-	-	0.1206	705	0.9080	18.3009	10.5230	6.7762	1.0017	0.2083	0.6997
500	0.1232	6.4120	6.4120	-	-	-	0.1232	710	1.1177	19.4186	10.5230	7.6091	1.2865	0.2848	0.8329
505	0.1259	6.5379	6.5379	-	-	-	0.1259	715	1.4939	20.9124	10.5230	8.6762	1.7132	0.4267	1.0671
510	0.1287	6.6667	6.6667	-	-	-	0.1287	720	2.4961	23.4085	10.5230	10.3506	2.5349	0.8217	1.6744
515	0.1317	6.7983	6.7983	-	-	-	0.1317	725	5.6260	29.0345	10.5230	13.6937	4.8178	2.2829	3.3431
520	0.1347	6.9330	6.9330	-	-	-	0.1347	730	1.8385	30.8730	10.5230	14.6744	5.6756	0.8578	0.9807
525	0.1379	7.0709	7.0709	-	-	-	0.1379	735	1.2735	32.1465	10.5230	15.3252	6.2983	0.6227	0.6509
530	0.1412	7.2122	7.2122	-	-	-	0.1412	740	1.0003	33.1468	10.5230	15.8210	6.8028	0.5045	0.4958
535	0.1447	7.3569	7.3569	-	-	-	0.1447	745	0.8332	33.9801	10.5230	16.2240	7.2330	0.4302	0.4030
540	0.1484	7.5053	7.5053	-	-	-	0.1484	750	0.7185	34.6985	10.5230	16.5645	7.6110	0.3780	0.3405
545	0.1522	7.6576	7.6576	-	-	-	0.1522	755	0.6339	35.3324	10.5230	16.8596	7.9498	0.3387	0.2952
550	0.1563	7.8138	7.8138	-	-	-	0.1563	760	0.5686	35.9010	10.5230	17.1203	8.2577	0.3079	0.2607
555	0.1605	7.9744	7.9744	-	-	-	0.1605	765	0.5163	36.4174	10.5230	17.3538	8.5406	0.2829	0.2334
560	0.1650	8.1394	8.1394	-	-	-	0.1650	770	0.4735	36.8908	10.5230	17.5651	8.8027	0.2621	0.2114
565	0.1697	8.3091	8.3091	-	-	-	0.1697	775	0.4375	37.3284	10.5230	17.7582	9.0471	0.2444	0.1931
570	0.1747	8.4839	8.4839	-	-	-	0.1747	780	0.4070	37.7353	10.5230	17.9359	9.2764	0.2293	0.1777
575	0.1800	8.6639	8.6639	-	-	-	0.1800	785	0.3805	38.1159	10.5230	18.1005	9.4924	0.2160	0.1645
580	0.1856	8.8495	8.8495	-	-	-	0.1856	790	0.3575	38.4734	10.5230	18.2536	9.6967	0.2043	0.1531
585	0.1916	9.0411	9.0411	-	-	-	0.1916	795	0.3372	38.8105	10.5230	18.3968	9.8907	0.1940	0.1432
590	0.1979	9.2390	9.2390	-	-	-	0.1979	800	0.3191	39.1296	10.5230	18.5312	10.0753	0.1846	0.1344
595	0.2047	9.4437	9.4437	-	-	-	0.2047	805	0.3029	39.4324	10.5230	18.6579	10.2516	0.1762	0.1266
600	0.2119	9.6556	9.6556	-	-	-	0.2119	810	0.2883	39.7207	10.5230	18.7775	10.4202	0.1686	0.1197
605	0.2197	9.8753	9.8753	-	-	-	0.2197	815	0.2750	39.9958	10.5230	18.8909	10.5819	0.1617	0.1134

Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)	Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
820	0.2630	40.2588	10.5230	18.9986	10.7371	0.1553	0.1077	1030	0.0905	46.4055	10.5230	21.3335	14.5490	0.0585	0.0320
825	0.2520	40.5107	10.5230	19.1011	10.8866	0.1494	0.1025	1035	0.0890	46.4945	10.5230	21.3649	14.6066	0.0576	0.0314
830	0.2418	40.7525	10.5230	19.1989	11.0305	0.1440	0.0978	1040	0.0876	46.5821	10.5230	21.3958	14.6633	0.0567	0.0309
835	0.2324	40.9850	10.5230	19.2924	11.1695	0.1389	0.0935	1045	0.0862	46.6683	10.5230	21.4261	14.7191	0.0559	0.0303
840	0.2238	41.2087	10.5230	19.3820	11.3038	0.1343	0.0895	1050	0.0848	46.7531	10.5230	21.4559	14.7742	0.0551	0.0298
845	0.2157	41.4245	10.5230	19.4678	11.4337	0.1299	0.0858	1055	0.0835	46.8366	10.5230	21.4851	14.8285	0.0543	0.0293
850	0.2082	41.6327	10.5230	19.5502	11.5594	0.1258	0.0824	1060	0.0822	46.9189	10.5230	21.5139	14.8819	0.0535	0.0288
855	0.2012	41.8340	10.5230	19.6295	11.6814	0.1220	0.0793	1065	0.0810	46.9999	10.5230	21.5422	14.9347	0.0527	0.0283
860	0.1947	42.0287	10.5230	19.7059	11.7998	0.1184	0.0763	1070	0.0798	47.0797	10.5230	21.5700	14.9867	0.0520	0.0278
865	0.1886	42.2172	10.5230	19.7795	11.9147	0.1150	0.0736	1075	0.0786	47.1583	10.5230	21.5973	15.0379	0.0513	0.0273
870	0.1828	42.4000	10.5230	19.8505	12.0265	0.1117	0.0710	1080	0.0775	47.2358	10.5230	21.6242	15.0885	0.0506	0.0269
875	0.1773	42.5773	10.5230	19.9191	12.1352	0.1087	0.0686	1085	0.0764	47.3121	10.5230	21.6507	15.1384	0.0499	0.0265
880	0.1722	42.7495	10.5230	19.9855	12.2410	0.1058	0.0664	1090	0.0753	47.3874	10.5230	21.6767	15.1876	0.0492	0.0260
885	0.1673	42.9169	10.5230	20.0497	12.3441	0.1031	0.0642	1095	0.0742	47.4616	10.5230	21.7024	15.2362	0.0486	0.0256
890	0.1627	43.0796	10.5230	20.1120	12.4446	0.1005	0.0622	1100	0.0732	47.5348	10.5230	21.7276	15.2841	0.0479	0.0252
895	0.1584	43.2380	10.5230	20.1723	12.5427	0.0981	0.0603	1105	0.0722	47.6070	10.5230	21.7525	15.3315	0.0473	0.0249
900	0.1542	43.3922	10.5230	20.2308	12.6384	0.0957	0.0585	1110	0.0712	47.6782	10.5230	21.7770	15.3782	0.0467	0.0245
905	0.1503	43.5425	10.5230	20.2877	12.7318	0.0935	0.0568	1115	0.0702	47.7484	10.5230	21.8011	15.4243	0.0461	0.0241
910	0.1465	43.6891	10.5230	20.3429	12.8232	0.0913	0.0552	1120	0.0693	47.8177	10.5230	21.8248	15.4698	0.0455	0.0237
915	0.1430	43.8320	10.5230	20.3966	12.9124	0.0893	0.0537	1125	0.0684	47.8861	10.5230	21.8482	15.5148	0.0450	0.0234
920	0.1396	43.9716	10.5230	20.4488	12.9997	0.0873	0.0522	1130	0.0675	47.9535	10.5230	21.8713	15.5593	0.0444	0.0231
925	0.1363	44.1079	10.5230	20.4997	13.0852	0.0854	0.0509	1135	0.0666	48.0202	10.5230	21.8940	15.6031	0.0439	0.0227
930	0.1332	44.2411	10.5230	20.5492	13.1688	0.0836	0.0495	1140	0.0658	48.0859	10.5230	21.9164	15.6465	0.0434	0.0224
935	0.1302	44.3712	10.5230	20.5975	13.2507	0.0819	0.0483	1145	0.0649	48.1508	10.5230	21.9385	15.6893	0.0428	0.0221
940	0.1273	44.4985	10.5230	20.6446	13.3309	0.0802	0.0471	1150	0.0641	48.2149	10.5230	21.9602	15.7316	0.0423	0.0218
945	0.1246	44.6231	10.5230	20.6905	13.4096	0.0786	0.0459	1155	0.0633	48.2782	10.5230	21.9817	15.7735	0.0418	0.0215
950	0.1219	44.7450	10.5230	20.7353	13.4867	0.0771	0.0448	1160	0.0625	48.3407	10.5230	22.0029	15.8148	0.0413	0.0212
955	0.1194	44.8644	10.5230	20.7791	13.5623	0.0756	0.0438	1165	0.0618	48.4025	10.5230	22.0238	15.8557	0.0409	0.0209
960	0.1169	44.9813	10.5230	20.8218	13.6365	0.0742	0.0428	1170	0.0610	48.4635	10.5230	22.0444	15.8961	0.0404	0.0206
965	0.1146	45.0959	10.5230	20.8636	13.7093	0.0728	0.0418	1175	0.0603	48.5238	10.5230	22.0647	15.9360	0.0399	0.0203
970	0.1123	45.2083	10.5230	20.9045	13.7808	0.0715	0.0409	1180	0.0596	48.5833	10.5230	22.0848	15.9755	0.0395	0.0201
975	0.1101	45.3184	10.5230	20.9444	13.8509	0.0702	0.0400	1185	0.0589	48.6422	10.5230	22.1046	16.0146	0.0390	0.0198
980	0.1080	45.4264	10.5230	20.9835	13.9199	0.0689	0.0391	1190	0.0582	48.7004	10.5230	22.1241	16.0532	0.0386	0.0195
985	0.1060	45.5325	10.5230	21.0218	13.9876	0.0677	0.0383	1195	0.0575	48.7578	10.5230	22.1434	16.0914	0.0382	0.0193
990	0.1040	45.6365	10.5230	21.0593	14.0542	0.0666	0.0375	1200	0.0568	48.8147	10.5230	22.1625	16.1291	0.0378	0.0190
995	0.1022	45.7387	10.5230	21.0960	14.1197	0.0654	0.0367	1205	0.0562	48.8708	10.5230	22.1813	16.1665	0.0374	0.0188
1000	0.1003	45.8390	10.5230	21.1319	14.1840	0.0644	0.0360	1210	0.0555	48.9264	10.5230	22.1999	16.2035	0.0370	0.0186
1005	0.0985	45.9375	10.5230	21.1672	14.2473	0.0633	0.0352	1215	0.0549	48.9813	10.5230	22.2182	16.2401	0.0366	0.0183
1010	0.0968	46.0343	10.5230	21.2017	14.3096	0.0623	0.0346	1220	0.0543	49.0356	10.5230	22.2363	16.2763	0.0362	0.0181
1015	0.0952	46.1295	10.5230	21.2356	14.3709										

Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
1240	0.0520	49.2469	10.5230	22.3066	16.4173	0.0347	0.0173
1245	0.0514	49.2983	10.5230	22.3237	16.4517	0.0344	0.0171
1250	0.0509	49.3492	10.5230	22.3405	16.4857	0.0340	0.0169
1255	0.0503	49.3995	10.5230	22.3572	16.5194	0.0337	0.0167
1260	0.0498	49.4493	10.5230	22.3736	16.5527	0.0333	0.0165
1265	0.0493	49.4986	10.5230	22.3899	16.5857	0.0330	0.0163
1270	0.0488	49.5474	10.5230	22.4060	16.6184	0.0327	0.0161
1275	0.0483	49.5957	10.5230	22.4219	16.6508	0.0324	0.0159
1280	0.0478	49.6435	10.5230	22.4376	16.6828	0.0321	0.0157
1285	0.0473	49.6908	10.5230	22.4532	16.7146	0.0318	0.0156
1290	0.0468	49.7376	10.5230	22.4686	16.7460	0.0314	0.0154
1295	0.0464	49.7840	10.5230	22.4838	16.7772	0.0312	0.0152
1300	0.0459	49.8299	10.5230	22.4988	16.8080	0.0309	0.0150
1305	0.0455	49.8753	10.5230	22.5137	16.8386	0.0306	0.0149
1310	0.0450	49.9203	10.5230	22.5284	16.8689	0.0303	0.0147
1315	0.0446	49.9649	10.5230	22.5430	16.8989	0.0300	0.0146
1320	0.0441	50.0091	10.5230	22.5574	16.9286	0.0297	0.0144
1325	0.0437	50.0528	10.5230	22.5717	16.9581	0.0295	0.0143
1330	0.0433	50.0961	10.5230	22.5858	16.9873	0.0292	0.0141
1335	0.0429	50.1390	10.5230	22.5997	17.0162	0.0289	0.0140
1340	0.0425	50.1815	10.5230	22.6136	17.0449	0.0287	0.0138
1345	0.0421	50.2236	10.5230	22.6272	17.0733	0.0284	0.0137
1350	0.0417	50.2653	10.5230	22.6408	17.1015	0.0282	0.0135
1355	0.0413	50.3066	10.5230	22.6542	17.1294	0.0279	0.0134
1360	0.0409	50.3475	10.5230	22.6675	17.1570	0.0277	0.0133
1365	0.0406	50.3881	10.5230	22.6806	17.1845	0.0274	0.0131
1370	0.0402	50.4283	10.5230	22.6936	17.2117	0.0272	0.0130
1375	0.0398	50.4682	10.5230	22.7065	17.2386	0.0270	0.0129
1380	0.0395	50.5076	10.5230	22.7192	17.2654	0.0267	0.0128
1385	0.0391	50.5468	10.5230	22.7319	17.2919	0.0265	0.0126
1390	0.0388	50.5856	10.5230	22.7444	17.3182	0.0263	0.0125
1395	0.0384	50.6240	10.5230	22.7568	17.3442	0.0261	0.0124
1400	0.0381	50.6621	10.5230	22.7690	17.3701	0.0258	0.0123
1405	0.0378	50.6999	10.5230	22.7812	17.3957	0.0256	0.0122
1410	0.0375	50.7374	10.5230	22.7932	17.4211	0.0254	0.0120
1415	0.0371	50.7745	10.5230	22.8052	17.4463	0.0252	0.0119
1420	0.0368	50.8113	10.5230	22.8170	17.4713	0.0250	0.0118
1425	0.0365	50.8478	10.5230	22.8287	17.4961	0.0248	0.0117
1430	0.0362	50.8840	10.5230	22.8403	17.5207	0.0246	0.0116
1435	0.0359	50.9199	10.5230	22.8518	17.5451	0.0244	0.0115
1440	0.0356	50.9555	10.5230	22.8631	17.5693	0.0242	0.0114

Tabla 14.-Valores del hietograma de cálculo en la cuenca A. Innominado 1 para el Tr=5 años



1.1.2. CUENCA BARRANCO FUENTE DEL BERRACO

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
5	0.0338	0.0338	0.0338	-	-	-	0.0338
10	0.0341	0.0679	0.0679	-	-	-	0.0341
15	0.0344	0.1023	0.1023	-	-	-	0.0344
20	0.0347	0.1369	0.1369	-	-	-	0.0347
25	0.0350	0.1719	0.1719	-	-	-	0.0350
30	0.0353	0.2072	0.2072	-	-	-	0.0353
35	0.0356	0.2427	0.2427	-	-	-	0.0356
40	0.0359	0.2786	0.2786	-	-	-	0.0359
45	0.0362	0.3148	0.3148	-	-	-	0.0362
50	0.0365	0.3513	0.3513	-	-	-	0.0365
55	0.0368	0.3882	0.3882	-	-	-	0.0368
60	0.0372	0.4253	0.4253	-	-	-	0.0372
65	0.0375	0.4628	0.4628	-	-	-	0.0375
70	0.0378	0.5007	0.5007	-	-	-	0.0378
75	0.0382	0.5388	0.5388	-	-	-	0.0382
80	0.0385	0.5773	0.5773	-	-	-	0.0385
85	0.0389	0.6162	0.6162	-	-	-	0.0389
90	0.0392	0.6555	0.6555	-	-	-	0.0392
95	0.0396	0.6950	0.6950	-	-	-	0.0396
100	0.0400	0.7350	0.7350	-	-	-	0.0400
105	0.0403	0.7754	0.7754	-	-	-	0.0403
110	0.0407	0.8161	0.8161	-	-	-	0.0407
115	0.0411	0.8572	0.8572	-	-	-	0.0411
120	0.0415	0.8987	0.8987	-	-	-	0.0415
125	0.0419	0.9406	0.9406	-	-	-	0.0419
130	0.0423	0.9829	0.9829	-	-	-	0.0423
135	0.0427	1.0256	1.0256	-	-	-	0.0427
140	0.0431	1.0688	1.0688	-	-	-	0.0431

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	la acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
145	0.0436	1.1123	1.1123	-	-	-	0.0436
150	0.0440	1.1563	1.1563	-	-	-	0.0440
155	0.0444	1.2008	1.2008	-	-	-	0.0444
160	0.0449	1.2457	1.2457	-	-	-	0.0449
165	0.0453	1.2910	1.2910	-	-	-	0.0453
170	0.0458	1.3368	1.3368	-	-	-	0.0458
175	0.0463	1.3831	1.3831	-	-	-	0.0463
180	0.0468	1.4299	1.4299	-	-	-	0.0468
185	0.0473	1.4771	1.4771	-	-	-	0.0473
190	0.0478	1.5249	1.5249	-	-	-	0.0478
195	0.0483	1.5731	1.5731	-	-	-	0.0483
200	0.0488	1.6219	1.6219	-	-	-	0.0488
205	0.0493	1.6712	1.6712	-	-	-	0.0493
210	0.0498	1.7211	1.7211	-	-	-	0.0498
215	0.0504	1.7714	1.7714	-	-	-	0.0504
220	0.0509	1.8224	1.8224	-	-	-	0.0509
225	0.0515	1.8739	1.8739	-	-	-	0.0515
230	0.0521	1.9260	1.9260	-	-	-	0.0521
235	0.0527	1.9787	1.9787	-	-	-	0.0527
240	0.0533	2.0319	2.0319	-	-	-	0.0533
245	0.0539	2.0858	2.0858	-	-	-	0.0539
250	0.0545	2.1403	2.1403	-	-	-	0.0545
255	0.0552	2.1955	2.1955	-	-	-	0.0552
260	0.0558	2.2513	2.2513	-	-	-	0.0558
265	0.0565	2.3078	2.3078	-	-	-	0.0565
270	0.0571	2.3649	2.3649	-	-	-	0.0571
275	0.0578	2.4227	2.4227	-	-	-	0.0578
280	0.0585	2.4813	2.4813	-	-	-	0.0585
285	0.0593	2.5405	2.5405	-	-	-	0.0593
290	0.0600	2.6005	2.6005	-	-	-	0.0600
295	0.0608	2.6613	2.6613	-	-	-	0.0608
300	0.0615	2.7228	2.7228	-	-	-	0.0615
305	0.0623	2.7851	2.7851	-	-	-	0.0623
310	0.0631	2.8483	2.8483	-	-	-	0.0631
315	0.0639	2.9122	2.9122	-	-	-	0.0639
320	0.0648	2.9770	2.9770	-	-	-	0.0648
325	0.0657	3.0426	3.0426	-	-	-	0.0657
330	0.0665	3.1092	3.1092	-	-	-	0.0665
335	0.0674	3.1766	3.1766	-	-	-	0.0674
340	0.0684	3.2450	3.2450	-	-	-	0.0684
345	0.0693	3.3143	3.3143	-	-	-	0.0693
350	0.0703	3.3846	3.3846	-	-	-	0.0703

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	la acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
355	0.0713	3.4559	3.4559	-	-	-	0.0713
360	0.0723	3.5282	3.5282	-	-	-	0.0723
365	0.0734	3.6016	3.6016	-	-	-	0.0734
370	0.0744	3.6760	3.6760	-	-	-	0.0744
375	0.0755	3.7516	3.7516	-	-	-	0.0755
380	0.0767	3.8282	3.8282	-	-	-	0.0767
385	0.0779	3.9061	3.9061	-	-	-	0.0779
390	0.0791	3.9851	3.9851	-	-	-	0.0791
395	0.0803	4.0654	4.0654	-	-	-	0.0803
400	0.0816	4.1470	4.1470	-	-	-	0.0816
405	0.0829	4.2298	4.2298	-	-	-	0.0829
410	0.0842	4.3140	4.3140	-	-	-	0.0842
415	0.0856	4.3996	4.3996	-	-	-	0.0856
420	0.0870	4.4866	4.4866	-	-	-	0.0870
425	0.0885	4.5751	4.5751	-	-	-	0.0885
430	0.0900	4.6651	4.6651	-	-	-	0.0900
435	0.0916	4.7566	4.7566	-	-	-	0.0916
440	0.0932	4.8498	4.8498	-	-	-	0.0932
445	0.0948	4.9446	4.9446	-	-	-	0.0948
450	0.0965	5.0412	5.0412	-	-	-	0.0965
455	0.0983	5.1395	5.1395	-	-	-	0.0983
460	0.1002	5.2397	5.2397	-	-	-	0.1002
465	0.1021	5.3417	5.3417	-	-	-	0.1021
470	0.1040	5.4458	5.4458	-	-	-	0.1040
475	0.1061	5.5519	5.5519	-	-	-	0.1061
480	0.1082	5.6601	5.6601	-	-	-	0.1082
485	0.1104	5.7705	5.7705	-	-	-	0.1104
490	0.1127	5.8832	5.8832	-	-	-	0.1127
495	0.1151	5.9982	5.9982	-	-	-	0.1151
500	0.1175	6.1158	6.1158	-	-	-	0.1175
505	0.1201	6.2359	6.2359	-	-	-	0.1201
510	0.1228	6.3587	6.3587	-	-	-	0.1228
515	0.1256	6.4842	6.4842	-	-	-	0.1256
520	0.1285	6.6127	6.6127	-	-	-	0.1285
525	0.1315	6.7443	6.7443	-	-	-	0.1315
530	0.1347	6.8790	6.8790	-	-	-	0.1347
535	0.1380	7.0170	7.0170	-	-	-	0.1380
540	0.1415	7.1586	7.1586	-	-	-	0.1415
545	0.1452	7.3038	7.3038	-	-	-	0.1452
550	0.1491	7.4528	7.4528	-	-	-	0.1491
555	0.1531	7.6060	7.6060	-	-	-	0.1531
560	0.1574	7.7633	7.7633	-	-	-	0.1574

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
565	0.1619	7.9252	7.9252	-	-	-	0.1619
570	0.1667	8.0919	8.0919	-	-	-	0.1667
575	0.1717	8.2636	8.2636	-	-	-	0.1717
580	0.1770	8.4406	8.4406	-	-	-	0.1770
585	0.1827	8.6234	8.6234	-	-	-	0.1827
590	0.1888	8.8121	8.8121	-	-	-	0.1888
595	0.1952	9.0074	9.0074	-	-	-	0.1952
600	0.2021	9.2095	9.2095	-	-	-	0.2021
605	0.2095	9.4190	9.4190	-	-	-	0.2095
610	0.2175	9.6365	9.6365	-	-	-	0.2175
615	0.2261	9.8626	9.8626	-	-	-	0.2261
620	0.2354	10.0980	10.0980	-	-	-	0.2354
625	0.2455	10.3434	10.3434	-	-	-	0.2455
630	0.2565	10.5999	10.5999	-	-	-	0.2565
635	0.2685	10.8684	10.8684	-	-	-	0.2685
640	0.2817	11.1501	11.1501	-	-	-	0.2817
645	0.2964	11.4465	11.4465	-	-	-	0.2964
650	0.3127	11.7593	11.7593	-	-	-	0.3127
655	0.3310	12.0902	12.0902	-	-	-	0.3310
660	0.3516	12.4418	12.4418	-	-	-	0.3516
665	0.3751	12.8170	12.8170	-	-	-	0.3751
670	0.4022	13.2191	12.9470	0.2710	0.0011	0.0011	0.4010
675	0.4337	13.6529	12.9470	0.6982	0.0076	0.0065	0.4273
680	0.4711	14.1240	12.9470	1.1559	0.0210	0.0134	0.4577
685	0.5161	14.6401	12.9470	1.6499	0.0432	0.0221	0.4940
690	0.5716	15.2117	12.9470	2.1881	0.0765	0.0334	0.5382
695	0.6422	15.8538	12.9470	2.7819	0.1249	0.0484	0.5938
700	0.7354	16.5893	12.9470	3.4482	0.1940	0.0691	0.6663
705	0.8661	17.4554	12.9470	4.2148	0.2935	0.0995	0.7666
710	1.0660	18.5214	12.9470	5.1324	0.4420	0.1484	0.9176
715	1.4248	19.9462	12.9470	6.3163	0.6829	0.2410	1.1839
720	2.3808	22.3270	12.9470	8.1928	1.1871	0.5042	1.8765
725	5.3661	27.6931	12.9470	12.0102	2.7358	1.5487	3.8174
730	1.7536	29.4466	12.9470	13.1484	3.3512	0.6154	1.1381
735	1.2147	30.6613	12.9470	13.9084	3.8059	0.4547	0.7600
740	0.9541	31.6154	12.9470	14.4898	4.1786	0.3727	0.5814
745	0.7947	32.4101	12.9470	14.9640	4.4991	0.3205	0.4743
750	0.6853	33.0954	12.9470	15.3659	4.7825	0.2835	0.4018
755	0.6046	33.7000	12.9470	15.7150	5.0380	0.2555	0.3492
760	0.5423	34.2423	12.9470	16.0240	5.2713	0.2333	0.3090
765	0.4925	34.7348	12.9470	16.3013	5.4865	0.2152	0.2773
770	0.4516	35.1864	12.9470	16.5528	5.6866	0.2001	0.2515

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
775	0.4173	35.6037	12.9470	16.7829	5.8739	0.1872	0.2301
780	0.3882	35.9919	12.9470	16.9949	6.0500	0.1761	0.2120
785	0.3630	36.3549	12.9470	17.1915	6.2163	0.1664	0.1966
790	0.3410	36.6958	12.9470	17.3747	6.3741	0.1578	0.1832
795	0.3216	37.0174	12.9470	17.5462	6.5242	0.1501	0.1715
800	0.3043	37.3217	12.9470	17.7074	6.6674	0.1432	0.1612
805	0.2889	37.6106	12.9470	17.8593	6.8043	0.1369	0.1520
810	0.2750	37.8856	12.9470	18.0031	6.9355	0.1312	0.1437
815	0.2623	38.1479	12.9470	18.1394	7.0615	0.1260	0.1363
820	0.2508	38.3987	12.9470	18.2690	7.1828	0.1212	0.1296
825	0.2403	38.6391	12.9470	18.3925	7.2996	0.1168	0.1235
830	0.2306	38.8697	12.9470	18.5103	7.4123	0.1127	0.1179
835	0.2217	39.0914	12.9470	18.6231	7.5213	0.1089	0.1128
840	0.2134	39.3048	12.9470	18.7312	7.6267	0.1054	0.1080
845	0.2058	39.5106	12.9470	18.8348	7.7287	0.1021	0.1037
850	0.1986	39.7092	12.9470	18.9345	7.8277	0.0990	0.0996
855	0.1919	39.9012	12.9470	19.0304	7.9238	0.0961	0.0959
860	0.1857	40.0869	12.9470	19.1227	8.0171	0.0933	0.0924
865	0.1798	40.2667	12.9470	19.2119	8.1078	0.0907	0.0891
870	0.1743	40.4411	12.9470	19.2979	8.1961	0.0883	0.0860
875	0.1691	40.6102	12.9470	19.3811	8.2821	0.0860	0.0832
880	0.1642	40.7744	12.9470	19.4616	8.3659	0.0838	0.0805
885	0.1596	40.9340	12.9470	19.5395	8.4475	0.0817	0.0779
890	0.1552	41.0893	12.9470	19.6150	8.5272	0.0797	0.0755
895	0.1511	41.2403	12.9470	19.6883	8.6050	0.0778	0.0733
900	0.1471	41.3874	12.9470	19.7594	8.6810	0.0760	0.0711
905	0.1434	41.5308	12.9470	19.8285	8.7553	0.0743	0.0691
910	0.1398	41.6706	12.9470	19.8957	8.8279	0.0726	0.0672
915	0.1364	41.8069	12.9470	19.9610	8.8989	0.0710	0.0653
920	0.1331	41.9400	12.9470	20.0246	8.9684	0.0695	0.0636
925	0.1300	42.0700	12.9470	20.0865	9.0365	0.0681	0.0619
930	0.1270	42.1971	12.9470	20.1468	9.1032	0.0667	0.0603
935	0.1242	42.3212	12.9470	20.2057	9.1685	0.0653	0.0588
940	0.1214	42.4426	12.9470	20.2631	9.2326	0.0640	0.0574
945	0.1188	42.5614	12.9470	20.3191	9.2954	0.0628	0.0560
950	0.1163	42.6777	12.9470	20.3737	9.3570	0.0616	0.0547
955	0.1139	42.7916	12.9470	20.4271	9.4174	0.0605	0.0534
960	0.1115	42.9031	12.9470	20.4793	9.4768	0.0593	0.0

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
985	0.1011	43.4288	12.9470	20.7236	9.7581	0.0543	0.0468
990	0.0992	43.5280	12.9470	20.7695	9.8115	0.0534	0.0458
995	0.0974	43.6255	12.9470	20.8144	9.8641	0.0525	0.0449
1000	0.0957	43.7211	12.9470	20.8584	9.9158	0.0517	0.0440
1005	0.0940	43.8151	12.9470	20.9015	9.9666	0.0509	0.0431
1010	0.0924	43.9075	12.9470	20.9438	10.0167	0.0500	0.0423
1015	0.0908	43.9982	12.9470	20.9853	10.0659	0.0493	0.0415
1020	0.0892	44.0875	12.9470	21.0260	10.1144	0.0485	0.0407
1025	0.0877	44.1752	12.9470	21.0660	10.1622	0.0478	0.0400
1030	0.0863	44.2615	12.9470	21.1052	10.2093	0.0471	0.0392
1035	0.0849	44.3464	12.9470	21.1437	10.2556	0.0464	0.0385
1040	0.0835	44.4299	12.9470	21.1816	10.3013	0.0457	0.0378
1045	0.0822	44.5121	12.9470	21.2187	10.3463	0.0450	0.0372
1050	0.0809	44.5930	12.9470	21.2553	10.3907	0.0444	0.0365
1055	0.0797	44.6727	12.9470	21.2912	10.4345	0.0438	0.0359
1060	0.0784	44.7511	12.9470	21.3265	10.4776	0.0431	0.0353
1065	0.0773	44.8284	12.9470	21.3612	10.5202	0.0425	0.0347
1070	0.0761	44.9045	12.9470	21.3953	10.5621	0.0420	0.0341
1075	0.0750	44.9795	12.9470	21.4289	10.6035	0.0414	0.0336
1080	0.0739	45.0534	12.9470	21.4620	10.6444	0.0409	0.0330
1085	0.0728	45.1262	12.9470	21.4945	10.6847	0.0403	0.0325
1090	0.0718	45.1980	12.9470	21.5265	10.7245	0.0398	0.0320
1095	0.0708	45.2688	12.9470	21.5580	10.7638	0.0393	0.0315
1100	0.0698	45.3386	12.9470	21.5891	10.8025	0.0388	0.0310
1105	0.0688	45.4075	12.9470	21.6196	10.8408	0.0383	0.0306
1110	0.0679	45.4754	12.9470	21.6497	10.8786	0.0378	0.0301
1115	0.0670	45.5423	12.9470	21.6794	10.9160	0.0373	0.0297
1120	0.0661	45.6084	12.9470	21.7086	10.9528	0.0369	0.0292
1125	0.0652	45.6737	12.9470	21.7374	10.9893	0.0364	0.0288
1130	0.0644	45.7380	12.9470	21.7657	11.0252	0.0360	0.0284
1135	0.0635	45.8015	12.9470	21.7937	11.0608	0.0356	0.0280
1140	0.0627	45.8643	12.9470	21.8213	11.0959	0.0351	0.0276
1145	0.0619	45.9262	12.9470	21.8485	11.1307	0.0347	0.0272
1150	0.0611	45.9873	12.9470	21.8753	11.1650	0.0343	0.0268
1155	0.0604	46.0477	12.9470	21.9018	11.1989	0.0339	0.0265
1160	0.0596	46.1073	12.9470	21.9279	11.2325	0.0335	0.0261
1165	0.0589	46.1662	12.9470	21.9536	11.2656	0.0332	0.0257
1170	0.0582	46.2244	12.9470	21.9790	11.2984	0.0328	0.0254
1175	0.0575	46.2819	12.9470	22.0041	11.3308	0.0324	0.0251
1180	0.0568	46.3387	12.9470	22.0288	11.3629	0.0321	0.0247
1185	0.0561	46.3948	12.9470	22.0532	11.3946	0.0317	0.0244
1190	0.0555	46.4503	12.9470	22.0773	11.4260	0.0314	0.0241

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
1195	0.0548	46.5052	12.9470	22.1011	11.4570	0.0310	0.0238
1200	0.0542	46.5593	12.9470	22.1246	11.4877	0.0307	0.0235
1205	0.0536	46.6129	12.9470	22.1478	11.5181	0.0304	0.0232
1210	0.0530	46.6659	12.9470	22.1707	11.5482	0.0301	0.0229
1215	0.0524	46.7183	12.9470	22.1933	11.5779	0.0297	0.0226
1220	0.0518	46.7701	12.9470	22.2157	11.6074	0.0294	0.0224
1225	0.0512	46.8213	12.9470	22.2378	11.6365	0.0291	0.0221
1230	0.0507	46.8720	12.9470	22.2596	11.6653	0.0288	0.0218
1235	0.0501	46.9221	12.9470	22.2812	11.6939	0.0285	0.0216
1240	0.0496	46.9716	12.9470	22.3025	11.7221	0.0283	0.0213
1245	0.0490	47.0207	12.9470	22.3235	11.7501	0.0280	0.0211
1250	0.0485	47.0692	12.9470	22.3444	11.7778	0.0277	0.0208
1255	0.0480	47.1172	12.9470	22.3649	11.8053	0.0274	0.0206
1260	0.0475	47.1647	12.9470	22.3853	11.8324	0.0272	0.0203
1265	0.0470	47.2117	12.9470	22.4054	11.8593	0.0269	0.0201
1270	0.0465	47.2582	12.9470	22.4253	11.8860	0.0266	0.0199
1275	0.0460	47.3043	12.9470	22.4449	11.9123	0.0264	0.0197
1280	0.0456	47.3499	12.9470	22.4644	11.9385	0.0261	0.0194
1285	0.0451	47.3950	12.9470	22.4836	11.9644	0.0259	0.0192
1290	0.0447	47.4397	12.9470	22.5026	11.9900	0.0256	0.0190
1295	0.0442	47.4839	12.9470	22.5214	12.0154	0.0254	0.0188
1300	0.0438	47.5277	12.9470	22.5400	12.0406	0.0252	0.0186
1305	0.0434	47.5710	12.9470	22.5585	12.0655	0.0249	0.0184
1310	0.0429	47.6139	12.9470	22.5767	12.0903	0.0247	0.0182
1315	0.0425	47.6565	12.9470	22.5947	12.1147	0.0245	0.0180
1320	0.0421	47.6986	12.9470	22.6125	12.1390	0.0243	0.0178
1325	0.0417	47.7403	12.9470	22.6302	12.1631	0.0241	0.0176
1330	0.0413	47.7816	12.9470	22.6476	12.1869	0.0238	0.0175
1335	0.0409	47.8225	12.9470	22.6649	12.2105	0.0236	0.0173
1340	0.0405	47.8630	12.9470	22.6820	12.2339	0.0234	0.0171
1345	0.0402	47.9032	12.9470	22.6990	12.2572	0.0232	0.0169
1350	0.0398	47.9429	12.9470	22.7157	12.280		

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
1405	0.0360	48.3575	12.9470	22.8897	12.5208	0.0210	0.0151
1410	0.0357	48.3932	12.9470	22.9046	12.5416	0.0208	0.0149
1415	0.0354	48.4286	12.9470	22.9194	12.5622	0.0206	0.0148
1420	0.0351	48.4638	12.9470	22.9340	12.5827	0.0205	0.0146
1425	0.0348	48.4986	12.9470	22.9486	12.6030	0.0203	0.0145
1430	0.0345	48.5331	12.9470	22.9629	12.6231	0.0201	0.0144
1435	0.0342	48.5673	12.9470	22.9772	12.6431	0.0200	0.0142
1440	0.0339	48.6013	12.9470	22.9913	12.6630	0.0198	0.0141

Tabla 15.- Valores del hietograma de cálculo en la cuenca Barranco Fuente del Berraco para el Tr=5 años

PRECIPITACIÓN TOTAL Y ABSTRACCIONES DE LA CUENCA

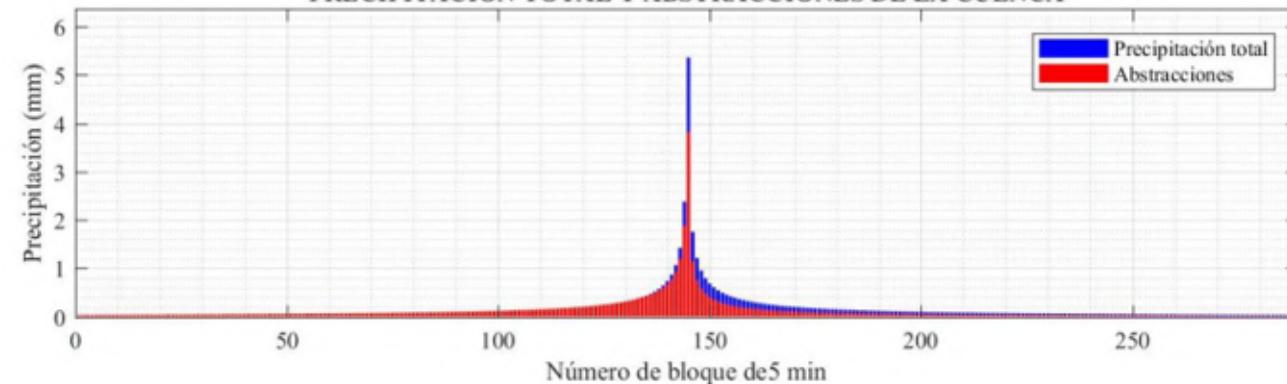


Imagen 54.-Gráfico del hietograma de cálculo en la cuenca Barranco Fuente del Berraco para el Tr=5 años

1.2. PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

1.2.1. CUENCA A. INNOMINADO 1

Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
5	0.0638	0.0638	0.0638	-	-	-	0.0638
10	0.0643	0.1281	0.1281	-	-	-	0.0643
15	0.0649	0.1930	0.1930	-	-	-	0.0649
20	0.0654	0.2584	0.2584	-	-	-	0.0654
25	0.0660	0.3244	0.3244	-	-	-	0.0660
30	0.0666	0.3910	0.3910	-	-	-	0.0666
35	0.0671	0.4581	0.4581	-	-	-	0.0671
40	0.0677	0.5258	0.5258	-	-	-	0.0677
45	0.0683	0.5941	0.5941	-	-	-	0.0683
50	0.0689	0.6630	0.6630	-	-	-	0.0689
55	0.0695	0.7325	0.7325	-	-	-	0.0695
60	0.0701	0.8027	0.8027	-	-	-	0.0701
65	0.0708	0.8734	0.8734	-	-	-	0.0708
70	0.0714	0.9448	0.9448	-	-	-	0.0714
75	0.0720	1.0169	1.0169	-	-	-	0.0720

Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
80	0.0727	1.0896	1.0896	-	-	-	0.0727
85	0.0734	1.1629	1.1629	-	-	-	0.0734
90	0.0740	1.2370	1.2370	-	-	-	0.0740
95	0.0747	1.3117	1.3117	-	-	-	0.0747
100	0.0754	1.3871	1.3871	-	-	-	0.0754
105	0.0761	1.4632	1.4632	-	-	-	0.0761
110	0.0768	1.5401	1.5401	-	-	-	0.0768
115	0.0776	1.6177	1.6177	-	-	-	0.0776
120	0.0783	1.6960	1.6960	-	-	-	0.0783
125	0.0791	1.7751	1.7751	-	-	-	0.0791
130	0.0798	1.8549	1.8549	-	-	-	0.0798
135	0.0806	1.9355	1.9355	-	-	-	0.0806
140	0.0814	2.0169	2.0169	-	-	-	0.0814
145	0.0822	2.0992	2.0992	-	-	-	0.0822
150	0.0830	2.1822	2.1822	-	-	-	0.0830
155	0.0839	2.2661	2.2661	-	-	-	0.0839
160	0.0847	2.3508	2.3508	-	-	-	0.0847
165	0.0856	2.4364	2.4364	-	-	-	0.0856
170	0.0865	2.5228	2.5228	-	-	-	0.0865
175	0.0873	2.6102	2.6102	-	-	-	0.0873
180	0.0883	2.6984	2.6984	-	-	-	0.0883
185	0.0892	2.7876	2.7876	-	-	-	0.0892
190	0.0901	2.8777	2.8777	-	-	-	0.0901
195	0.0911	2.9688	2.9688	-	-	-	0.0911
200	0.0921	3.0609	3.0609	-	-	-	0.0921
205	0.0930	3.1539	3.1539	-	-	-	0.0930
210	0.0941	3.2480	3.2480	-	-	-	0.0941
215	0.0951	3.3430	3.3430	-	-	-	0.0951
220	0.0961	3.4392	3.4392	-	-	-	0.0961
225	0.0972	3.5364	3.5364	-	-	-	0.0972
230	0.0983	3.6347	3.6347	-	-	-	0.0983
235	0.0994	3.7341	3.7341	-	-	-	0.0994
240	0.1005	3.8346	3.8346	-	-	-	0.1005
245	0.1017	3.9363	3.9363	-	-	-	0.1017
250	0.1029	4.0392	4.0392	-	-	-	0.1029
255	0.1041	4.1433	4.1433	-	-	-	0.1041
260	0.1053	4.2486	4.2486	-	-	-	0.1053
265	0.1066	4.3552	4.3552	-	-	-	0.1066
270	0.1078	4.4630	4.4630	-	-	-	0.1078
275	0.1091	4.5722	4.5722	-	-	-	0.1091
280	0.1105	4.6826	4.6826	-	-	-	0.1105
285	0.1118	4.7945	4.7945	-	-	-	0.1118

Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)	Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
290	0.1132	4.9077	4.9077	-	-	-	0.1132	500	0.2218	11.5416	10.5230	0.9993	0.0193	0.0075	0.2143
295	0.1147	5.0224	5.0224	-	-	-	0.1147	505	0.2267	11.7683	10.5230	1.2165	0.0288	0.0094	0.2172
300	0.1161	5.1385	5.1385	-	-	-	0.1161	510	0.2317	12.0000	10.5230	1.4367	0.0403	0.0115	0.2202
305	0.1176	5.2561	5.2561	-	-	-	0.1176	515	0.2370	12.2370	10.5230	1.6599	0.0541	0.0137	0.2232
310	0.1191	5.3752	5.3752	-	-	-	0.1191	520	0.2425	12.4795	10.5230	1.8863	0.0701	0.0161	0.2264
315	0.1207	5.4959	5.4959	-	-	-	0.1207	525	0.2482	12.7277	10.5230	2.1160	0.0887	0.0185	0.2297
320	0.1223	5.6182	5.6182	-	-	-	0.1223	530	0.2542	12.9819	10.5230	2.3491	0.1098	0.0211	0.2331
325	0.1239	5.7421	5.7421	-	-	-	0.1239	535	0.2605	13.2425	10.5230	2.5858	0.1336	0.0239	0.2367
330	0.1256	5.8676	5.8676	-	-	-	0.1256	540	0.2671	13.5096	10.5230	2.8261	0.1604	0.0268	0.2403
335	0.1273	5.9949	5.9949	-	-	-	0.1273	545	0.2740	13.7836	10.5230	3.0703	0.1903	0.0299	0.2442
340	0.1290	6.1239	6.1239	-	-	-	0.1290	550	0.2813	14.0649	10.5230	3.3185	0.2234	0.0331	0.2482
345	0.1308	6.2547	6.2547	-	-	-	0.1308	555	0.2890	14.3539	10.5230	3.5709	0.2600	0.0366	0.2524
350	0.1327	6.3874	6.3874	-	-	-	0.1327	560	0.2970	14.6509	10.5230	3.8276	0.3003	0.0403	0.2567
355	0.1345	6.5219	6.5219	-	-	-	0.1345	565	0.3055	14.9564	10.5230	4.0889	0.3445	0.0442	0.2613
360	0.1365	6.6584	6.6584	-	-	-	0.1365	570	0.3145	15.2709	10.5230	4.3549	0.3930	0.0485	0.2661
365	0.1385	6.7968	6.7968	-	-	-	0.1385	575	0.3240	15.5950	10.5230	4.6260	0.4459	0.0530	0.2711
370	0.1405	6.9373	6.9373	-	-	-	0.1405	580	0.3341	15.9291	10.5230	4.9023	0.5037	0.0578	0.2763
375	0.1426	7.0799	7.0799	-	-	-	0.1426	585	0.3448	16.2739	10.5230	5.1842	0.5666	0.0629	0.2819
380	0.1447	7.2246	7.2246	-	-	-	0.1447	590	0.3563	16.6302	10.5230	5.4720	0.6351	0.0685	0.2878
385	0.1469	7.3715	7.3715	-	-	-	0.1469	595	0.3684	16.9986	10.5230	5.7659	0.7096	0.0745	0.2939
390	0.1492	7.5207	7.5207	-	-	-	0.1492	600	0.3815	17.3801	10.5230	6.0664	0.7906	0.0810	0.3005
395	0.1515	7.6722	7.6722	-	-	-	0.1515	605	0.3954	17.7755	10.5230	6.3739	0.8786	0.0880	0.3075
400	0.1539	7.8261	7.8261	-	-	-	0.1539	610	0.4105	18.1860	10.5230	6.6888	0.9742	0.0956	0.3149
405	0.1564	7.9825	7.9825	-	-	-	0.1564	615	0.4267	18.6126	10.5230	7.0116	1.0780	0.1039	0.3228
410	0.1589	8.1414	8.1414	-	-	-	0.1589	620	0.4442	19.0568	10.5230	7.3428	1.1910	0.1129	0.3313
415	0.1615	8.3029	8.3029	-	-	-	0.1615	625	0.4632	19.5201	10.5230	7.6832	1.3138	0.1229	0.3404
420	0.1642	8.4671	8.4671	-	-	-	0.1642	630	0.4840	20.0040	10.5230	8.0334	1.4476	0.1338	0.3502
425	0.1670	8.6341	8.6341	-	-	-	0.1670	635	0.5067	20.5108	10.5230	8.3943	1.5934	0.1459	0.3608
430	0.1698	8.8039	8.8039	-	-	-	0.1698	640	0.5317	21.0425	10.5230	8.7667	1.7527	0.1593	0.3724
435	0.1728	8.9767	8.9767	-	-	-	0.1728	645	0.5594	21.6018	10.5230	9.1518	1.9270	0.1743	0.3851
440	0.1758	9.1525	9.1525	-	-	-	0.1758	650	0.5901	22.1920	10.5230	9.5508	2.1182	0.1911	0.3990
445	0.1790	9.3315	9.3315	-	-	-	0.1790	655	0.6246	22.8166	10.5230	9.9652	2.3284	0.2102	0.4144
450	0.1822	9.5137	9.5137	-	-	-	0.1822	660	0.6635	23.4801	10.5230	10.3968	2.5603	0.2320	0.4316
455	0.1856	9.6992	9.6992	-	-	-	0.1856	665	0.7079	24.1880	10.5230	10.8477	2.8173	0.2570	0.4509
460	0.1890	9.8883	9.8883	-	-	-	0.1890	670	0.7590	24.9470	10.5230	11.3206	3.1034	0.2861	0.4729
465	0.1926	10.0809	10.0809	-	-	-	0.1926	675	0.8185	25.7656	10.5230	11.8187	3.4239	0.3204	0.4981
470	0.1964	10.2772	10.2772	-	-	-	0.1964	680	0.8890	26.6546	10.5230	12.3463	3.7853	0.3615	0.5276
475	0.2002	10.4775	10.4775	-	-	-	0.2002	685	0.9740	27.6286	10.5230	12.9088	4.1967	0.4114	0.5625
480	0.2042	10.6817	10.5230	0.1582	0.0005	0.0005	0.2037	690	1.0787	28.7073	10.5230	13.5138	4.6705	0.4738	0.6050
485	0.2084	10.8900	10.5230	0.3644	0.0025	0.0021	0.2063	695	1.2119	29.9192	10.5230	14.1718	5.2243	0.5538	0.6580
490	0.2127	11.1027	10.5230	0.5733	0.0063	0.0038	0.2089	700	1.3879	31.3071	10.5230	14.8988	5.8853	0.6610	0.7269
495	0.2171	11.3198	10.5230	0.7849	0.0119	0.0056	0.2116	705	1.6345	32.9416	10.5230	15.7204	6.6982	0.8129	0.8216

Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)	Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
710	2.0118	34.9534	10.5230	16.6838	7.7466	1.0484	0.9634	920	0.2512	79.1489	10.5230	29.7817	38.8442	0.2038	0.0474
715	2.6889	37.6424	10.5230	17.8955	9.2238	1.4772	1.2117	925	0.2453	79.3942	10.5230	29.8278	39.0434	0.1992	0.0461
720	4.4929	42.1353	10.5230	19.7475	11.8647	2.6409	1.8520	930	0.2397	79.6339	10.5230	29.8727	39.2382	0.1948	0.0449
725	10.1268	52.2621	10.5230	23.2751	18.4639	6.5992	3.5276	935	0.2343	79.8682	10.5230	29.9163	39.4288	0.1906	0.0437
730	3.3093	55.5714	10.5230	24.2693	20.7790	2.3151	0.9942	940	0.2292	80.0974	10.5230	29.9589	39.6154	0.1866	0.0426
735	2.2924	57.8638	10.5230	24.9194	22.4213	1.6423	0.6501	945	0.2242	80.3216	10.5230	30.0004	39.7981	0.1827	0.0415
740	1.8006	59.6643	10.5230	25.4095	23.7318	1.3105	0.4901	950	0.2195	80.5410	10.5230	30.0409	39.9771	0.1790	0.0405
745	1.4998	61.1641	10.5230	25.8046	24.8364	1.1046	0.3952	955	0.2149	80.7559	10.5230	30.0804	40.1525	0.1754	0.0395
750	1.2932	62.4573	10.5230	26.1363	25.7980	0.9616	0.3316	960	0.2105	80.9664	10.5230	30.1189	40.3245	0.1719	0.0385
755	1.1410	63.5984	10.5230	26.4221	26.6532	0.8552	0.2859	965	0.2063	81.1727	10.5230	30.1566	40.4931	0.1686	0.0376
760	1.0235	64.6218	10.5230	26.6733	27.4255	0.7722	0.2512	970	0.2022	81.3749	10.5230	30.1933	40.6585	0.1654	0.0368
765	0.9294	65.5513	10.5230	26.8973	28.1309	0.7054	0.2240	975	0.1983	81.5731	10.5230	30.2293	40.8208	0.1623	0.0359
770	0.8522	66.4035	10.5230	27.0993	28.7811	0.6502	0.2020	980	0.1945	81.7676	10.5230	30.2644	40.9801	0.1593	0.0351
775	0.7876	67.1911	10.5230	27.2832	29.3848	0.6037	0.1839	985	0.1908	81.9584	10.5230	30.2988	41.1366	0.1564	0.0344
780	0.7325	67.9236	10.5230	27.4519	29.9487	0.5638	0.1687	990	0.1873	82.1457	10.5230	30.3325	41.2902	0.1536	0.0336
785	0.6850	68.6086	10.5230	27.6076	30.4779	0.5293	0.1557	995	0.1839	82.3296	10.5230	30.3654	41.4412	0.1509	0.0329
790	0.6435	69.2520	10.5230	27.7521	30.9769	0.4989	0.1445	1000	0.1806	82.5102	10.5230	30.3976	41.5895	0.1483	0.0322
795	0.6069	69.8589	10.5230	27.8869	31.4490	0.4721	0.1348	1005	0.1774	82.6875	10.5230	30.4292	41.7353	0.1458	0.0316
800	0.5743	70.4332	10.5230	28.0131	31.8971	0.4481	0.1262	1010	0.1743	82.8618	10.5230	30.4602	41.8786	0.1433	0.0309
805	0.5452	70.9784	10.5230	28.1317	32.3236	0.4266	0.1186	1015	0.1713	83.0331	10.5230	30.4905	42.0196	0.1410	0.0303
810	0.5189	71.4973	10.5230	28.2436	32.7307	0.4071	0.1118	1020	0.1684	83.2015	10.5230	30.5202	42.1582	0.1387	0.0297
815	0.4951	71.9924	10.5230	28.3493	33.1200	0.3893	0.1058	1025	0.1656	83.3671	10.5230	30.5494	42.2947	0.1364	0.0292
820	0.4734	72.4658	10.5230	28.4496	33.4931	0.3731	0.1003	1030	0.1628	83.5299	10.5230	30.5780	42.4289	0.1342	0.0286
825	0.4535	72.9193	10.5230	28.5449	33.8514	0.3582	0.0953	1035	0.1602	83.6901	10.5230	30.6060	42.5610	0.1321	0.0281
830	0.4353	73.3545	10.5230	28.6356	34.1959	0.3445	0.0907	1040	0.1576	83.8477	10.5230	30.6336	42.6911	0.1301	0.0275
835	0.4184	73.7729	10.5230	28.7222	34.5277	0.3318	0.0866	1045	0.1551	84.0029	10.5230	30.6606	42.8192	0.1281	0.0270
840	0.4028	74.1757	10.5230	28.8050	34.8477	0.3200	0.0828	1050	0.1527	84.1556	10.5230	30.6872	42.9453	0.1261	0.0266
845	0.3883	74.5641	10.5230	28.8843	35.1568	0.3091	0.0793	1055	0.1503	84.3059	10.5230	30.7133	43.0696	0.1243	0.0261
850	0.3748	74.9389	10.5230	28.9603	35.4556	0.2988	0.0760	1060	0.1480	84.4539	10.5230	30.7389	43.1920	0.1224	0.0256
855	0.3622	75.3012	10.5230	29.0333	35.7449	0.2893	0.0730	1065	0.1458	84.5997	10.5230	30.7641	43.3126	0.1206	0.0252
860	0.3505	75.6516	10.5230	29.1035	36.0251	0.2803	0.0702	1070	0.1436	84.7434	10.5230	30.7888	43.4315	0.1189	0.0247
865	0.3394	75.9910	10.5230	29.1710	36.2969	0.2718	0.0676	1075	0.1415	84.8849	10.5230	30.8131	43.5487	0.1172	0.0243
870	0.3290	76.3200	10.5230	29.2362	36.5608	0.2639	0.0651	1080	0.1395	85.0244	10.5230	30.8371	43.6643	0.1155	0.0239
875	0.3192	76.6392	10.5230	29.2990	36.8171	0.2563	0.0629	1085	0.1375	85.1618	10.5230	30.8606	43.7782	0.1139	0.0235
880	0.3100	76.9492	10.5230	29.3597	37.0664	0.2492	0.0607	1090	0.1355	85.2973	10.5230	30.8837	43.8906	0.1124	0.0231
885	0.3012	77.2504	10.5230	29.4184	37.3089	0.2425	0.0587	1095	0.1336	85.4309	10.5230	30.9065	44.0014	0.1108	0.0228
890	0.2929	77.5433	10.5230	29.4752	37.5450	0.2361	0.0568	1100	0.1317	85.5626	10.5230	30.9289	44.1107	0.1093	0.0224
895	0.2851	77.8284	10.5230	29.5302	37.7751	0.2301	0.0550	1105	0.1299	85.6925	10.5230	30.9509	44.2186	0.1079	0.0220
900	0.2776	78.1060	10.5230	29.5836	37.9994	0.2243	0.0533	1110	0.1281	85.8207	10.5230	30.9726	44.3250	0.1064	0.0217
905	0.2705	78.3766	10.5230	29.6353	38.2182	0.2188	0.0517	1115	0.1264						

Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
1130	0.1215	86.3164	10.5230	31.0562	44.7372	0.1011	0.0204
1135	0.1199	86.4363	10.5230	31.0763	44.8369	0.0998	0.0201
1140	0.1184	86.5546	10.5230	31.0961	44.9355	0.0985	0.0198
1145	0.1169	86.6715	10.5230	31.1156	45.0328	0.0973	0.0195
1150	0.1154	86.7869	10.5230	31.1349	45.1289	0.0961	0.0192
1155	0.1139	86.9008	10.5230	31.1539	45.2239	0.0950	0.0190
1160	0.1125	87.0133	10.5230	31.1726	45.3177	0.0938	0.0187
1165	0.1112	87.1245	10.5230	31.1910	45.4105	0.0927	0.0184
1170	0.1098	87.2343	10.5230	31.2092	45.5021	0.0916	0.0182
1175	0.1085	87.3428	10.5230	31.2272	45.5926	0.0905	0.0179
1180	0.1072	87.4500	10.5230	31.2449	45.6821	0.0895	0.0177
1185	0.1059	87.5559	10.5230	31.2623	45.7706	0.0885	0.0175
1190	0.1047	87.6606	10.5230	31.2795	45.8581	0.0875	0.0172
1195	0.1035	87.7641	10.5230	31.2965	45.9445	0.0865	0.0170
1200	0.1023	87.8664	10.5230	31.3133	46.0300	0.0855	0.0168
1205	0.1011	87.9675	10.5230	31.3299	46.1146	0.0846	0.0166
1210	0.1000	88.0675	10.5230	31.3462	46.1982	0.0836	0.0163
1215	0.0989	88.1663	10.5230	31.3624	46.2809	0.0827	0.0161
1220	0.0977	88.2641	10.5230	31.3783	46.3627	0.0818	0.0159
1225	0.0967	88.3608	10.5230	31.3940	46.4437	0.0809	0.0157
1230	0.0956	88.4564	10.5230	31.4096	46.5237	0.0801	0.0155
1235	0.0946	88.5509	10.5230	31.4249	46.6030	0.0792	0.0154
1240	0.0935	88.6445	10.5230	31.4401	46.6813	0.0784	0.0152
1245	0.0925	88.7370	10.5230	31.4551	46.7589	0.0776	0.0150
1250	0.0916	88.8286	10.5230	31.4699	46.8357	0.0768	0.0148
1255	0.0906	88.9192	10.5230	31.4845	46.9116	0.0760	0.0146
1260	0.0896	89.0088	10.5230	31.4990	46.9868	0.0752	0.0144
1265	0.0887	89.0975	10.5230	31.5132	47.0613	0.0744	0.0143
1270	0.0878	89.1853	10.5230	31.5273	47.1350	0.0737	0.0141
1275	0.0869	89.2722	10.5230	31.5413	47.2079	0.0729	0.0139
1280	0.0860	89.3583	10.5230	31.5551	47.2801	0.0722	0.0138
1285	0.0851	89.4434	10.5230	31.5687	47.3517	0.0715	0.0136
1290	0.0843	89.5277	10.5230	31.5822	47.4225	0.0708	0.0135
1295	0.0835	89.6112	10.5230	31.5955	47.4926	0.0701	0.0133
1300	0.0826	89.6938	10.5230	31.6087	47.5620	0.0694	0.0132
1305	0.0818	89.7756	10.5230	31.6217	47.6308	0.0688	0.0130
1310	0.0810	89.8566	10.5230	31.6346	47.6990	0.0681	0.0129
1315	0.0802	89.9368	10.5230	31.6474	47.7664	0.0675	0.0127
1320	0.0795	90.0163	10.5230	31.6600	47.8333	0.0668	0.0126
1325	0.0787	90.0950	10.5230	31.6725	47.8995	0.0662	0.0125
1330	0.0779	90.1729	10.5230	31.6848	47.9651	0.0656	0.0123
1335	0.0772	90.2502	10.5230	31.6970	48.0301	0.0650	0.0122

Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
1340	0.0765	90.3266	10.5230	31.7091	48.0945	0.0644	0.0121
1345	0.0758	90.4024	10.5230	31.7211	48.1583	0.0638	0.0120
1350	0.0751	90.4775	10.5230	31.7329	48.2216	0.0632	0.0118
1355	0.0744	90.5519	10.5230	31.7446	48.2842	0.0627	0.0117
1360	0.0737	90.6256	10.5230	31.7562	48.3463	0.0621	0.0116
1365	0.0730	90.6986	10.5230	31.7677	48.4079	0.0616	0.0115
1370	0.0724	90.7710	10.5230	31.7790	48.4689	0.0610	0.0114
1375	0.0717	90.8427	10.5230	31.7903	48.5294	0.0605	0.0112
1380	0.0711	90.9138	10.5230	31.8014	48.5893	0.0599	0.0111
1385	0.0704	90.9842	10.5230	31.8124	48.6488	0.0594	0.0110
1390	0.0698	91.0540	10.5230	31.8233	48.7077	0.0589	0.0109
1395	0.0692	91.1232	10.5230	31.8341	48.7661	0.0584	0.0108
1400	0.0686	91.1918	10.5230	31.8448	48.8240	0.0579	0.0107
1405	0.0680	91.2598	10.5230	31.8554	48.8814	0.0574	0.0106
1410	0.0674	91.3273	10.5230	31.8659	48.9383	0.0569	0.0105
1415	0.0668	91.3941	10.5230	31.8763	48.9948	0.0565	0.0104
1420	0.0663	91.4604	10.5230	31.8866	49.0508	0.0560	0.0103
1425	0.0657	91.5261	10.5230	31.8968	49.1063	0.0555	0.0102
1430	0.0652	91.5912	10.5230	31.9069	49.1613	0.0551	0.0101
1435	0.0646	91.6558	10.5230	31.9169	49.2159	0.0546	0.0100
1440	0.0641	91.7199	10.5230	31.9268	49.2701	0.0542	0.0099

Tabla 16.-Valores del hietograma de cálculo en la cuenca A. Innominado 1 para el Tr=100 años

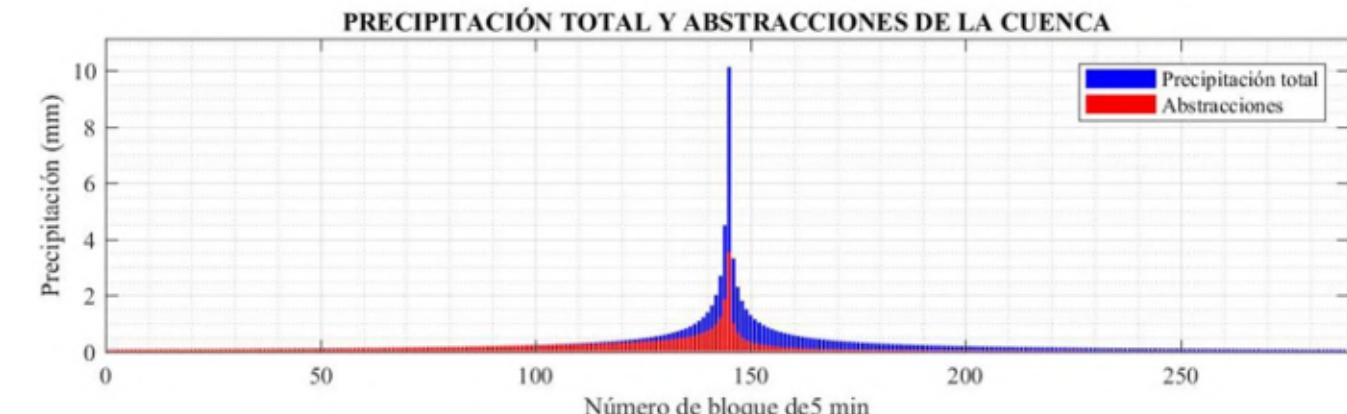


Imagen 2.-Gráfico del hietograma de cálculo en la cuenca A. Innominado 1 para el Tr=100 años

1.2.2. CUENCA BARRANCO FUENTE DEL BERRACO

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
5	0.0609	0.0609	0.0609	-	-	-	0.0609
10	0.0614	0.1222	0.1222	-	-	-	0.0614
15	0.0619	0.1841	0.1841	-	-	-	0.0619

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
20	0.0624	0.2465	0.2465	-	-	-	0.0624
25	0.0629	0.3094	0.3094	-	-	-	0.0629
30	0.0635	0.3729	0.3729	-	-	-	0.0635
35	0.0640	0.4369	0.4369	-	-	-	0.0640
40	0.0646	0.5015	0.5015	-	-	-	0.0646
45	0.0651	0.5667	0.5667	-	-	-	0.0651
50	0.0657	0.6324	0.6324	-	-	-	0.0657
55	0.0663	0.6987	0.6987	-	-	-	0.0663
60	0.0669	0.7656	0.7656	-	-	-	0.0669
65	0.0675	0.8331	0.8331	-	-	-	0.0675
70	0.0681	0.9012	0.9012	-	-	-	0.0681
75	0.0687	0.9699	0.9699	-	-	-	0.0687
80	0.0693	1.0392	1.0392	-	-	-	0.0693
85	0.0700	1.1092	1.1092	-	-	-	0.0700
90	0.0706	1.1798	1.1798	-	-	-	0.0706
95	0.0713	1.2511	1.2511	-	-	-	0.0713
100	0.0719	1.3230	1.3230	-	-	-	0.0719
105	0.0726	1.3956	1.3956	-	-	-	0.0726
110	0.0733	1.4689	1.4689	-	-	-	0.0733
115	0.0740	1.5429	1.5429	-	-	-	0.0740
120	0.0747	1.6176	1.6176	-	-	-	0.0747
125	0.0754	1.6931	1.6931	-	-	-	0.0754
130	0.0762	1.7692	1.7692	-	-	-	0.0762
135	0.0769	1.8461	1.8461	-	-	-	0.0769
140	0.0777	1.9238	1.9238	-	-	-	0.0777
145	0.0784	2.0022	2.0022	-	-	-	0.0784
150	0.0792	2.0814	2.0814	-	-	-	0.0792
155	0.0800	2.1614	2.1614	-	-	-	0.0800
160	0.0808	2.2422	2.2422	-	-	-	0.0808
165	0.0816	2.3238	2.3238	-	-	-	0.0816
170	0.0825	2.4063	2.4063	-	-	-	0.0825
175	0.0833	2.4896	2.4896	-	-	-	0.0833
180	0.0842	2.5738	2.5738	-	-	-	0.0842
185	0.0851	2.6588	2.6588	-	-	-	0.0851
190	0.0860	2.7448	2.7448	-	-	-	0.0860
195	0.0869	2.8316	2.8316	-	-	-	0.0869
200	0.0878	2.9194	2.9194	-	-	-	0.0878
205	0.0887	3.0082	3.0082	-	-	-	0.0887
210	0.0897	3.0979	3.0979	-	-	-	0.0897
215	0.0907	3.1886	3.1886	-	-	-	0.0907
220	0.0917	3.2803	3.2803	-	-	-	0.0917
225	0.0927	3.3730	3.3730	-	-	-	0.0927

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
230	0.0938	3.4668	3.4668	-	-	-	0.0938
235	0.0948	3.5616	3.5616	-	-	-	0.0948
240	0.0959	3.6575	3.6575	-	-	-	0.0959
245	0.0970	3.7545	3.7545	-	-	-	0.0970
250	0.0981	3.8526	3.8526	-	-	-	0.0981
255	0.0993	3.9519	3.9519	-	-	-	0.0993
260	0.1004	4.0523	4.0523	-	-	-	0.1004
265	0.1016	4.1540	4.1540	-	-	-	0.1016
270	0.1029	4.2568	4.2568	-	-	-	0.1029
275	0.1041	4.3609	4.3609	-	-	-	0.1041
280	0.1054	4.4663	4.4663	-	-	-	0.1054
285	0.1067	4.5730	4.5730	-	-	-	0.1067
290	0.1080	4.6810	4.6810	-	-	-	0.1080
295	0.1094	4.7903	4.7903	-	-	-	0.1094
300	0.1107	4.9011	4.9011	-	-	-	0.1107
305	0.1122	5.0132	5.0132	-	-	-	0.1122
310	0.1136	5.1269	5.1269	-	-	-	0.1136
315	0.1151	5.2420	5.2420	-	-	-	0.1151
320	0.1166	5.3586	5.3586	-	-	-	0.1166
325	0.1182	5.4768	5.4768	-	-	-	0.1182
330	0.1198	5.5965	5.5965	-	-	-	0.1198
335	0.1214	5.7179	5.7179	-	-	-	0.1214
340	0.1231	5.8410	5.8410	-	-	-	0.1231
345	0.1248	5.9658	5.9658	-	-	-	0.1248
350	0.1265	6.0923	6.0923	-	-	-	0.1265
355	0.1283	6.2206	6.2206	-	-	-	0.1283
360	0.1302	6.3508	6.3508	-	-	-	0.1302
365	0.1321	6.4828	6.4828	-	-	-	0.1321
370	0.1340	6.6168	6.6168	-	-	-	0.1340
375	0.1360	6.7528	6.7528	-	-	-	0.1360
380	0.1380	6.8908	6.8908	-	-	-	0.1380
385	0.1401	7.0310	7.0310	-	-	-	0.1401
390	0.1423	7.1733	7.1733	-	-	-	0.1423
395	0.1445	7.3178	7.3178	-	-	-	0.1445
400	0.1468	7.4646	7.4646	-	-	-	0.1468
405	0.1491	7.6137	7.6137	-	-	-	0.1491
410	0.1516	7.7653	7.7653	-	-	-	0.1516
415	0.1540	7.9193	7.9193	-	-	-	0.1540
420	0.1566	8.0759	8.0759	-	-	-	0.1566
425	0.1593	8.2352	8.2352	-	-	-	0.1593
430	0.1620	8.3972	8.3972	-	-	-	0.1620
435	0.1648	8.5619	8.5619	-	-	-	0.1648

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
440	0.1677	8.7296	8.7296	-	-	-	0.1677
445	0.1707	8.9003	8.9003	-	-	-	0.1707
450	0.1738	9.0741	9.0741	-	-	-	0.1738
455	0.1770	9.2511	9.2511	-	-	-	0.1770
460	0.1803	9.4314	9.4314	-	-	-	0.1803
465	0.1837	9.6151	9.6151	-	-	-	0.1837
470	0.1873	9.8024	9.8024	-	-	-	0.1873
475	0.1910	9.9934	9.9934	-	-	-	0.1910
480	0.1948	10.1882	10.1882	-	-	-	0.1948
485	0.1987	10.3869	10.3869	-	-	-	0.1987
490	0.2028	10.5897	10.5897	-	-	-	0.2028
495	0.2071	10.7968	10.7968	-	-	-	0.2071
500	0.2116	11.0084	11.0084	-	-	-	0.2116
505	0.2162	11.2246	11.2246	-	-	-	0.2162
510	0.2210	11.4456	11.4456	-	-	-	0.2210
515	0.2260	11.6716	11.6716	-	-	-	0.2260
520	0.2313	11.9029	11.9029	-	-	-	0.2313
525	0.2368	12.1397	12.1397	-	-	-	0.2368
530	0.2425	12.3821	12.3821	-	-	-	0.2425
535	0.2485	12.6306	12.6306	-	-	-	0.2485
540	0.2548	12.8854	12.8854	-	-	-	0.2548
545	0.2614	13.1468	12.9470	0.1992	0.0006	0.0006	0.2608
550	0.2683	13.4151	12.9470	0.4647	0.0034	0.0027	0.2656
555	0.2756	13.6907	12.9470	0.7352	0.0084	0.0051	0.2705
560	0.2833	13.9740	12.9470	1.0110	0.0160	0.0076	0.2757
565	0.2914	14.2654	12.9470	1.2921	0.0263	0.0103	0.2811
570	0.3000	14.5654	12.9470	1.5789	0.0395	0.0132	0.2868
575	0.3091	14.8745	12.9470	1.8717	0.0557	0.0163	0.2928
580	0.3187	15.1931	12.9470	2.1708	0.0753	0.0196	0.2991
585	0.3289	15.5220	12.9470	2.4765	0.0985	0.0232	0.3057
590	0.3398	15.8618	12.9470	2.7892	0.1256	0.0271	0.3127
595	0.3514	16.2132	12.9470	3.1093	0.1569	0.0313	0.3201
600	0.3638	16.5771	12.9470	3.4373	0.1928	0.0359	0.3280
605	0.3772	16.9543	12.9470	3.7736	0.2336	0.0408	0.3363
610	0.3915	17.3457	12.9470	4.1189	0.2799	0.0463	0.3452
615	0.4069	17.7527	12.9470	4.4736	0.3321	0.0522	0.3547
620	0.4237	18.1764	12.9470	4.8385	0.3909	0.0588	0.3649
625	0.4418	18.6182	12.9470	5.2144	0.4568	0.0660	0.3759
630	0.4616	19.0798	12.9470	5.6021	0.5307	0.0739	0.3877
635	0.4833	19.5631	12.9470	6.0026	0.6135	0.0828	0.4005
640	0.5071	20.0703	12.9470	6.4171	0.7061	0.0926	0.4145
645	0.5335	20.6038	12.9470	6.8469	0.8098	0.1037	0.4298

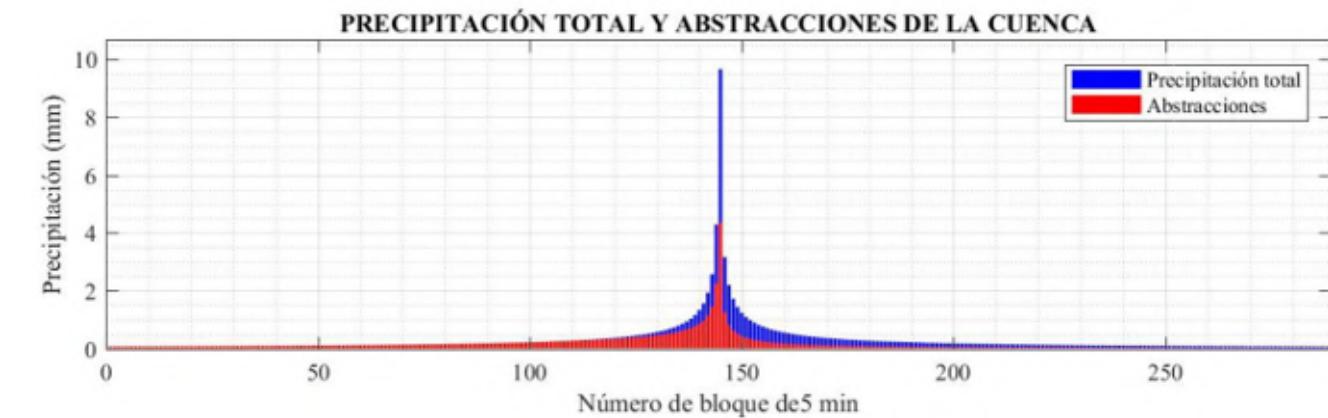
Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
650	0.5629	21.1667	12.9470	7.2936	0.9261	0.1162	0.4466
655	0.5958	21.7624	12.9470	7.7588	1.0566	0.1305	0.4653
660	0.6329	22.3953	12.9470	8.2449	1.2034	0.1468	0.4861
665	0.6752	23.0705	12.9470	8.7544	1.3690	0.1657	0.5095
670	0.7239	23.7944	12.9470	9.2906	1.5568	0.1877	0.5362
675	0.7807	24.5752	12.9470	9.8575	1.7707	0.2139	0.5669
680	0.8480	25.4231	12.9470	10.4602	2.0159	0.2453	0.6027
685	0.9290	26.3521	12.9470	11.1054	2.2997	0.2837	0.6453
690	1.0289	27.3810	12.9470	11.8024	2.6316	0.3319	0.6970
695	1.1559	28.5369	12.9470	12.5641	3.0258	0.3942	0.7617
700	1.3238	29.8607	12.9470	13.4100	3.5037	0.4779	0.8459
705	1.5590	31.4197	12.9470	14.3716	4.1010	0.5973	0.9616
710	1.9189	33.3385	12.9470	15.5069	4.8846	0.7836	1.1353
715	2.5647	35.9032	12.9470	16.9466	6.0096	1.1249	1.4398
720	4.2854	40.1886	12.9470	19.1732	8.0684	2.0588	2.2265
725	9.6589	49.8475	12.9470	23.5031	13.3973	5.3289	4.3300
730	3.1564	53.0039	12.9470	24.7451	15.3118	1.9145	1.2419
735	2.1864	55.1904	12.9470	25.5624	16.6809	1.3691	0.8173
740	1.7174	56.9077	12.9470	26.1813	17.7794	1.0984	0.6189
745	1.4305	58.3382	12.9470	26.6821	18.7091	0.9297	0.5008
750	1.2335	59.5717	12.9470	27.1036	19.5211	0.8120	0.4215
755	1.0883	60.6600	12.9470	27.4678	20.2452	0.7241	0.3642
760	0.9762	61.6362	12.9470	27.7886	20.9006	0.6554	0.3207
765	0.8865	62.5227	12.9470	28.0751	21.5006	0.6000	0.2865
770	0.8129	63.3355	12.9470	28.3339	22.0546	0.5540	0.2588
775	0.7512	64.0867	12.9470	28.5699	22.5698	0.5152	0.2360
780	0.6987	64.7854	12.9470	28.7867	23.0517	0.4819	0.2168
785	0.6533	65.4387	12.9470	28.9870	23.5047	0.4530	0.2003
790	0.6137	66.0525	12.9470	29.1732	23.9323	0.4276	0.1862
795	0.5788	66.6313	12.9470	29.3470	24.3373	0.4050	0.1738
800	0.5478	67.1791	12.9470	29.5100	24.7221	0.3848	0.1629
805	0.5200	67.6991	12.9470	29.6633	25.0888	0.3667	0.1533
810	0.4949	68.1940	12.9470	29.8079	25.4391	0.3503	0.1447
815	0.4722	68.6662	12.9470	29.9449	25.7743	0.3353	0.1369
820	0.4515	69.1177	12.9470	30.0748	26.0959	0.3216	0.1299
825	0.4326	69.5503	12.9470	30.1984	26.4049	0.3090	0.1236
830	0.4151	69.9654	12.9470	30.3161	26.7023	0.2974	0.1178
835	0.3991	70.3645	12.9470	30.4286	26.9889	0	

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
860	0.3343	72.1564	12.9470	30.9245	28.2848	0.2428	0.0914
865	0.3237	72.4801	12.9470	31.0126	28.5205	0.2356	0.0881
870	0.3138	72.7939	12.9470	31.0975	28.7493	0.2289	0.0849
875	0.3045	73.0984	12.9470	31.1795	28.9718	0.2224	0.0820
880	0.2956	73.3940	12.9470	31.2588	29.1882	0.2164	0.0792
885	0.2873	73.6813	12.9470	31.3354	29.3988	0.2106	0.0767
890	0.2794	73.9607	12.9470	31.4097	29.6040	0.2052	0.0742
895	0.2719	74.2326	12.9470	31.4816	29.8040	0.2000	0.0719
900	0.2648	74.4974	12.9470	31.5513	29.9991	0.1951	0.0697
905	0.2580	74.7554	12.9470	31.6190	30.1895	0.1904	0.0677
910	0.2516	75.0070	12.9470	31.6847	30.3753	0.1859	0.0657
915	0.2455	75.2525	12.9470	31.7485	30.5569	0.1816	0.0639
920	0.2396	75.4921	12.9470	31.8106	30.7344	0.1775	0.0621
925	0.2340	75.7261	12.9470	31.8710	30.9080	0.1736	0.0604
930	0.2286	75.9547	12.9470	31.9299	31.0778	0.1698	0.0588
935	0.2235	76.1782	12.9470	31.9871	31.2440	0.1662	0.0573
940	0.2186	76.3968	12.9470	32.0430	31.4068	0.1627	0.0558
945	0.2138	76.6106	12.9470	32.0974	31.5662	0.1594	0.0544
950	0.2093	76.8199	12.9470	32.1506	31.7223	0.1562	0.0531
955	0.2050	77.0249	12.9470	32.2024	31.8755	0.1531	0.0518
960	0.2008	77.2256	12.9470	32.2530	32.0256	0.1501	0.0506
965	0.1967	77.4224	12.9470	32.3025	32.1729	0.1473	0.0495
970	0.1928	77.6152	12.9470	32.3508	32.3174	0.1445	0.0483
975	0.1891	77.8043	12.9470	32.3981	32.4592	0.1418	0.0473
980	0.1855	77.9898	12.9470	32.4443	32.5985	0.1393	0.0462
985	0.1820	78.1718	12.9470	32.4895	32.7353	0.1368	0.0452
990	0.1786	78.3505	12.9470	32.5338	32.8697	0.1344	0.0443
995	0.1754	78.5258	12.9470	32.5771	33.0017	0.1320	0.0433
1000	0.1722	78.6981	12.9470	32.6196	33.1315	0.1298	0.0424
1005	0.1692	78.8672	12.9470	32.6611	33.2591	0.1276	0.0416
1010	0.1662	79.0335	12.9470	32.7019	33.3846	0.1255	0.0408
1015	0.1634	79.1968	12.9470	32.7419	33.5080	0.1234	0.0400
1020	0.1606	79.3575	12.9470	32.7810	33.6294	0.1214	0.0392
1025	0.1579	79.5154	12.9470	32.8195	33.7489	0.1195	0.0384
1030	0.1553	79.6707	12.9470	32.8572	33.8665	0.1176	0.0377
1035	0.1528	79.8235	12.9470	32.8942	33.9823	0.1158	0.0370
1040	0.1503	79.9738	12.9470	32.9305	34.0963	0.1140	0.0363
1045	0.1480	80.1218	12.9470	32.9662	34.2086	0.1123	0.0357
1050	0.1456	80.2674	12.9470	33.0012	34.3192	0.1106	0.0350
1055	0.1434	80.4108	12.9470	33.0356	34.4282	0.1090	0.0344
1060	0.1412	80.5520	12.9470	33.0695	34.5355	0.1074	0.0338
1065	0.1391	80.6911	12.9470	33.1027	34.6414	0.1058	0.0332

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
1070	0.1370	80.8281	12.9470	33.1354	34.7457	0.1043	0.0327
1075	0.1350	80.9631	12.9470	33.1675	34.8486	0.1029	0.0321
1080	0.1330	81.0961	12.9470	33.1991	34.9500	0.1014	0.0316
1085	0.1311	81.2272	12.9470	33.2302	35.0500	0.1000	0.0311
1090	0.1292	81.3564	12.9470	33.2608	35.1486	0.0987	0.0306
1095	0.1274	81.4839	12.9470	33.2909	35.2460	0.0973	0.0301
1100	0.1256	81.6095	12.9470	33.3205	35.3420	0.0960	0.0296
1105	0.1239	81.7334	12.9470	33.3496	35.4368	0.0948	0.0292
1110	0.1222	81.8556	12.9470	33.3783	35.5303	0.0935	0.0287
1115	0.1206	81.9762	12.9470	33.4066	35.6226	0.0923	0.0283
1120	0.1190	82.0952	12.9470	33.4344	35.7137	0.0911	0.0278
1125	0.1174	82.2126	12.9470	33.4619	35.8037	0.0900	0.0274
1130	0.1159	82.3284	12.9470	33.4889	35.8925	0.0888	0.0270
1135	0.1144	82.4428	12.9470	33.5155	35.9803	0.0877	0.0266
1140	0.1129	82.5557	12.9470	33.5417	36.0669	0.0867	0.0262
1145	0.1115	82.6671	12.9470	33.5676	36.1525	0.0856	0.0259
1150	0.1101	82.7772	12.9470	33.5931	36.2371	0.0846	0.0255
1155	0.1087	82.8859	12.9470	33.6182	36.3206	0.0835	0.0251
1160	0.1073	82.9932	12.9470	33.6430	36.4032	0.0826	0.0248
1165	0.1060	83.0992	12.9470	33.6674	36.4848	0.0816	0.0244
1170	0.1047	83.2040	12.9470	33.6915	36.5654	0.0806	0.0241
1175	0.1035	83.3074	12.9470	33.7153	36.6451	0.0797	0.0238
1180	0.1022	83.4097	12.9470	33.7388	36.7239	0.0788	0.0235
1185	0.1010	83.5107	12.9470	33.7619	36.8018	0.0779	0.0231
1190	0.0999	83.6106	12.9470	33.7848	36.8788	0.0770	0.0228
1195	0.0987	83.7093	12.9470	33.8073	36.9549	0.0762	0.0225
1200	0.0976	83.8068	12.9470	33.8296	37.0302	0.0753	0.0223
1205	0.0964	83.9033	12.9470	33.8515	37.1047	0.0745	0.0220
1210	0.0954	83.9986	12.9470	33.8732	37.1784	0.0737	0.0217
1215	0.0943	84.0929	12.9470	33.8946	37.2513	0.0729	0.0214
1220	0.0932	84.1861	12.9470	33.9158	37.3233	0.0721	0.0211
1225	0.0922	84.2783	12.9470	33.9367	37.3947	0.0713	0.0

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	la acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
1280	0.0820	85.2298	12.9470	34.1505	38.1322	0.0637	0.0183
1285	0.0812	85.3110	12.9470	34.1686	38.1953	0.0631	0.0181
1290	0.0804	85.3914	12.9470	34.1866	38.2578	0.0625	0.0179
1295	0.0796	85.4710	12.9470	34.2043	38.3197	0.0619	0.0177
1300	0.0788	85.5498	12.9470	34.2218	38.3810	0.0613	0.0175
1305	0.0780	85.6278	12.9470	34.2391	38.4417	0.0607	0.0173
1310	0.0773	85.7051	12.9470	34.2563	38.5018	0.0601	0.0171
1315	0.0765	85.7816	12.9470	34.2732	38.5614	0.0596	0.0170
1320	0.0758	85.8574	12.9470	34.2900	38.6204	0.0590	0.0168
1325	0.0751	85.9325	12.9470	34.3066	38.6789	0.0585	0.0166
1330	0.0743	86.0068	12.9470	34.3230	38.7368	0.0579	0.0164
1335	0.0736	86.0805	12.9470	34.3392	38.7942	0.0574	0.0162
1340	0.0730	86.1534	12.9470	34.3553	38.8511	0.0569	0.0161
1345	0.0723	86.2257	12.9470	34.3712	38.9074	0.0564	0.0159
1350	0.0716	86.2973	12.9470	34.3870	38.9633	0.0559	0.0157
1355	0.0709	86.3682	12.9470	34.4026	39.0187	0.0554	0.0156
1360	0.0703	86.4385	12.9470	34.4180	39.0735	0.0549	0.0154
1365	0.0697	86.5082	12.9470	34.4332	39.1279	0.0544	0.0153
1370	0.0690	86.5772	12.9470	34.4484	39.1818	0.0539	0.0151
1375	0.0684	86.6456	12.9470	34.4633	39.2353	0.0534	0.0150
1380	0.0678	86.7134	12.9470	34.4781	39.2882	0.0530	0.0148
1385	0.0672	86.7806	12.9470	34.4928	39.3408	0.0525	0.0147
1390	0.0666	86.8472	12.9470	34.5073	39.3928	0.0521	0.0145
1395	0.0660	86.9132	12.9470	34.5217	39.4444	0.0516	0.0144
1400	0.0654	86.9786	12.9470	34.5360	39.4956	0.0512	0.0142
1405	0.0649	87.0435	12.9470	34.5501	39.5464	0.0508	0.0141
1410	0.0643	87.1078	12.9470	34.5641	39.5967	0.0503	0.0140
1415	0.0638	87.1716	12.9470	34.5779	39.6466	0.0499	0.0138
1420	0.0632	87.2348	12.9470	34.5916	39.6961	0.0495	0.0137
1425	0.0627	87.2974	12.9470	34.6052	39.7452	0.0491	0.0136
1430	0.0621	87.3596	12.9470	34.6187	39.7939	0.0487	0.0135
1435	0.0616	87.4212	12.9470	34.6320	39.8422	0.0483	0.0133
1440	0.0611	87.4823	12.9470	34.6452	39.8901	0.0479	0.0132

Tabla 17.- Valores del hietograma de cálculo en la cuenca Barranco Fuente del Berraco para el Tr=100 años



1.3. PERÍODO DE RETORNO DE 500 AÑOS

1.3.1. CUENCA A. INNOMINADO 1

Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	la acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
5	0.0811	0.0811	0.0811	-	-	-	0.0811
10	0.0818	0.1629	0.1629	-	-	-	0.0818
15	0.0825	0.2454	0.2454	-	-	-	0.0825
20	0.0832	0.3286	0.3286	-	-	-	0.0832
25	0.0839	0.4125	0.4125	-	-	-	0.0839
30	0.0846	0.4972	0.4972	-	-	-	0.0846
35	0.0854	0.5825	0.5825	-	-	-	0.0854
40	0.0861	0.6686	0.6686	-	-	-	0.0861
45	0.0869	0.7555	0.7555	-	-	-	0.0869
50	0.0876	0.8431	0.8431	-	-	-	0.0876
55	0.0884	0.9315	0.9315	-	-	-	0.0884
60	0.0892	1.0207	1.0207	-	-	-	0.0892
65	0.0900	1.1107	1.1107	-	-	-	0.0900
70	0.0908	1.2015	1.2015	-	-	-	0.0908
75	0.0916	1.2931	1.2931	-	-	-	0.0916
80	0.0924	1.3855	1.3855	-	-	-	0.0924
85	0.0933	1.4788	1.4788	-	-	-	0.0933
90	0.0941	1.5729	1.5729	-	-	-	0.0941
95	0.0950	1.6680	1.6680	-	-	-	0.0950
100	0.0959	1.7639	1.7639	-	-	-	0.0959
105	0.0968	1.8607	1.8607	-	-	-	0.0968
110	0.0977	1.9584	1.9584	-	-	-	0.0977
115	0.0986	2.0570	2.0570	-	-	-	0.0986
120	0.0996	2.1566	2.1566	-	-	-	0.0996
125	0.1006	2.2572	2.2572	-	-	-	0.1006
130	0.1015	2.3587	2.3587	-	-	-	0.1015

Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)	Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
135	0.1025	2.4612	2.4612	-	-	-	0.1025	345	0.1663	7.9536	7.9536	-	-	-	0.1663
140	0.1035	2.5648	2.5648	-	-	-	0.1035	350	0.1687	8.1222	8.1222	-	-	-	0.1687
145	0.1046	2.6693	2.6693	-	-	-	0.1046	355	0.1711	8.2933	8.2933	-	-	-	0.1711
150	0.1056	2.7749	2.7749	-	-	-	0.1056	360	0.1735	8.4668	8.4668	-	-	-	0.1735
155	0.1067	2.8816	2.8816	-	-	-	0.1067	365	0.1761	8.6429	8.6429	-	-	-	0.1761
160	0.1077	2.9893	2.9893	-	-	-	0.1077	370	0.1786	8.8215	8.8215	-	-	-	0.1786
165	0.1088	3.0981	3.0981	-	-	-	0.1088	375	0.1813	9.0028	9.0028	-	-	-	0.1813
170	0.1099	3.2080	3.2080	-	-	-	0.1099	380	0.1840	9.1869	9.1869	-	-	-	0.1840
175	0.1111	3.3191	3.3191	-	-	-	0.1111	385	0.1868	9.3737	9.3737	-	-	-	0.1868
180	0.1122	3.4313	3.4313	-	-	-	0.1122	390	0.1897	9.5634	9.5634	-	-	-	0.1897
185	0.1134	3.5447	3.5447	-	-	-	0.1134	395	0.1927	9.7560	9.7560	-	-	-	0.1927
190	0.1146	3.6593	3.6593	-	-	-	0.1146	400	0.1957	9.9518	9.9518	-	-	-	0.1957
195	0.1158	3.7751	3.7751	-	-	-	0.1158	405	0.1988	10.1506	10.1506	-	-	-	0.1988
200	0.1171	3.8922	3.8922	-	-	-	0.1171	410	0.2021	10.3526	10.3526	-	-	-	0.2021
205	0.1183	4.0105	4.0105	-	-	-	0.1183	415	0.2054	10.5580	10.5230	0.0350	0.0000	0.0000	0.2054
210	0.1196	4.1301	4.1301	-	-	-	0.1196	420	0.2088	10.7668	10.5230	0.2427	0.0011	0.0011	0.2077
215	0.1209	4.2510	4.2510	-	-	-	0.1209	425	0.2123	10.9791	10.5230	0.4522	0.0039	0.0028	0.2095
220	0.1222	4.3733	4.3733	-	-	-	0.1222	430	0.2160	11.1951	10.5230	0.6636	0.0085	0.0046	0.2114
225	0.1236	4.4969	4.4969	-	-	-	0.1236	435	0.2197	11.4148	10.5230	0.8769	0.0149	0.0064	0.2133
230	0.1250	4.6219	4.6219	-	-	-	0.1250	440	0.2236	11.6384	10.5230	1.0922	0.0232	0.0083	0.2153
235	0.1264	4.7483	4.7483	-	-	-	0.1264	445	0.2276	11.8659	10.5230	1.3095	0.0334	0.0103	0.2173
240	0.1279	4.8761	4.8761	-	-	-	0.1279	450	0.2317	12.0976	10.5230	1.5288	0.0458	0.0123	0.2194
245	0.1293	5.0055	5.0055	-	-	-	0.1293	455	0.2360	12.3336	10.5230	1.7503	0.0602	0.0145	0.2215
250	0.1308	5.1363	5.1363	-	-	-	0.1308	460	0.2404	12.5740	10.5230	1.9740	0.0769	0.0167	0.2237
255	0.1323	5.2686	5.2686	-	-	-	0.1323	465	0.2449	12.8189	10.5230	2.1999	0.0960	0.0190	0.2259
260	0.1339	5.4025	5.4025	-	-	-	0.1339	470	0.2497	13.0686	10.5230	2.4281	0.1175	0.0215	0.2282
265	0.1355	5.5381	5.5381	-	-	-	0.1355	475	0.2546	13.3232	10.5230	2.6587	0.1415	0.0240	0.2306
270	0.1371	5.6752	5.6752	-	-	-	0.1371	480	0.2597	13.5829	10.5230	2.8917	0.1682	0.0267	0.2330
275	0.1388	5.8140	5.8140	-	-	-	0.1388	485	0.2649	13.8478	10.5230	3.1272	0.1976	0.0294	0.2355
280	0.1405	5.9545	5.9545	-	-	-	0.1405	490	0.2704	14.1182	10.5230	3.3653	0.2299	0.0323	0.2381
285	0.1422	6.0967	6.0967	-	-	-	0.1422	495	0.2761	14.3944	10.5230	3.6060	0.2653	0.0354	0.2408
290	0.1440	6.2407	6.2407	-	-	-	0.1440	500	0.2821	14.6764	10.5230	3.8495	0.3039	0.0386	0.2435
295	0.1458	6.3865	6.3865	-	-	-	0.1458	505	0.2882	14.9646	10.5230	4.0958	0.3458	0.0419	0.2463
300	0.1477	6.5341	6.5341	-	-	-	0.1477	510	0.2946	15.2593	10.5230	4.3451	0.3911	0.0454	0.2493
305	0.1495	6.6837	6.6837	-	-	-	0.1495	515	0.3013	15.5606	10.5230	4.5974	0.4402	0.0490	0.2523
310	0.1515	6.8351	6.8351	-	-	-	0.1515	520	0.3083	15.8690	10.5230	4.8529	0.4931	0.0529	0.2554
315	0.1535	6.9886	6.9886	-	-	-	0.1535	525	0.3156	16.1846	10.5230	5.1115	0.5500	0.0569	0.2587
320	0.1555	7.1441	7.1441	-	-	-	0.1555	530	0.3233	16.5079	10.5230	5.3736	0.6112	0.0612	0.2621
325	0.1575	7.3016	7.3016	-	-	-	0.1575	535	0.3313	16.8392	10.5230	5.6392	0.6770	0.0657	0.2656
330	0.1597	7.4613	7.4613	-	-	-	0.1597	540	0.3397	17.1788	10.5230	5.9084	0.7474	0.0705	0.2692
335	0.1618	7.6231	7.6231	-	-	-	0.1618	545	0.3485	17.5273	10.5230	6.1814	0.8229	0.0755	0.2730
340	0.1641	7.7872	7.7872	-	-	-	0.1641	550	0.3577	17.8850	10.5230	6.4583	0.9037	0.0808	0.2769

Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)	Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
555	0.3674	18.2525	10.5230	6.7394	0.9901	0.0864	0.2811	765	1.1818	83.3553	10.5230	30.5473	42.2850	0.9720	0.2099
560	0.3777	18.6302	10.5230	7.0247	1.0824	0.0923	0.2853	770	1.0837	84.4390	10.5230	30.7363	43.1797	0.8947	0.1890
565	0.3885	19.0187	10.5230	7.3146	1.1811	0.0987	0.2898	775	1.0015	85.4405	10.5230	30.9081	44.0093	0.8297	0.1718
570	0.3999	19.4186	10.5230	7.6091	1.2865	0.1054	0.2945	780	0.9315	86.3720	10.5230	31.0655	44.7834	0.7741	0.1574
575	0.4120	19.8306	10.5230	7.9086	1.3990	0.1126	0.2995	785	0.8710	87.2430	10.5230	31.2106	45.5093	0.7259	0.1451
580	0.4249	20.2555	10.5230	8.2132	1.5192	0.1202	0.3047	790	0.8182	88.0612	10.5230	31.3452	46.1930	0.6837	0.1346
585	0.4385	20.6940	10.5230	8.5233	1.6476	0.1284	0.3101	795	0.7717	88.8329	10.5230	31.4706	46.8393	0.6463	0.1254
590	0.4530	21.1470	10.5230	8.8392	1.7848	0.1372	0.3159	800	0.7303	89.5632	10.5230	31.5879	47.4523	0.6130	0.1173
595	0.4685	21.6155	10.5230	9.1611	1.9314	0.1466	0.3219	805	0.6933	90.2565	10.5230	31.6980	48.0354	0.5831	0.1101
600	0.4851	22.1006	10.5230	9.4895	2.0881	0.1567	0.3284	810	0.6598	90.9163	10.5230	31.8018	48.5915	0.5561	0.1038
605	0.5028	22.6034	10.5230	9.8247	2.2557	0.1676	0.3352	815	0.6296	91.5459	10.5230	31.8998	49.1230	0.5315	0.0980
610	0.5219	23.1254	10.5230	10.1671	2.4352	0.1795	0.3425	820	0.6020	92.1478	10.5230	31.9927	49.6321	0.5091	0.0929
615	0.5425	23.6679	10.5230	10.5173	2.6276	0.1923	0.3502	825	0.5767	92.7245	10.5230	32.0809	50.1206	0.4885	0.0882
620	0.5648	24.2328	10.5230	10.8758	2.8339	0.2063	0.3585	830	0.5535	93.2780	10.5230	32.1649	50.5901	0.4695	0.0840
625	0.5890	24.8218	10.5230	11.2433	3.0555	0.2216	0.3674	835	0.5320	93.8100	10.5230	32.2450	51.0420	0.4520	0.0801
630	0.6154	25.4372	10.5230	11.6203	3.2939	0.2384	0.3770	840	0.5122	94.3222	10.5230	32.3214	51.4778	0.4357	0.0765
635	0.6443	26.0816	10.5230	12.0078	3.5508	0.2569	0.3875	845	0.4938	94.8160	10.5230	32.3946	51.8984	0.4206	0.0732
640	0.6761	26.7577	10.5230	12.4066	3.8281	0.2773	0.3988	850	0.4766	95.2927	10.5230	32.4648	52.3049	0.4065	0.0702
645	0.7113	27.4690	10.5230	12.8177	4.1282	0.3001	0.4111	855	0.4606	95.7533	10.5230	32.5321	52.6982	0.3933	0.0673
650	0.7504	28.2194	10.5230	13.2425	4.4539	0.3257	0.4248	860	0.4456	96.1990	10.5230	32.5968	53.0791	0.3809	0.0647
655	0.7943	29.0137	10.5230	13.6823	4.8084	0.3545	0.4398	865	0.4316	96.6305	10.5230	32.6591	53.4484	0.3693	0.0623
660	0.8438	29.8574	10.5230	14.1388	5.1956	0.3872	0.4566	870	0.4184	97.0489	10.5230	32.7191	53.8067	0.3584	0.0600
665	0.9002	30.7576	10.5230	14.6143	5.6203	0.4247	0.4754	875	0.4059	97.4548	10.5230	32.7770	54.1548	0.3480	0.0579
670	0.9651	31.7228	10.5230	15.1111	6.0886	0.4683	0.4969	880	0.3941	97.8489	10.5230	32.8329	54.4930	0.3383	0.0559
675	1.0409	32.7636	10.5230	15.6326	6.6080	0.5194	0.5215	885	0.3830	98.2320	10.5230	32.8869	54.8221	0.3290	0.0540
680	1.1305	33.8941	10.5230	16.1828	7.1883	0.5803	0.5502	890	0.3725	98.6045	10.5230	32.9391	55.1423	0.3203	0.0522
685	1.2385	35.1327	10.5230	16.7671	7.8425	0.6542	0.5843	895	0.3625	98.9670	10.5230	32.9897	55.4543	0.3119	0.0506
690	1.3717	36.5044	10.5230	17.3928	8.5886	0.7461	0.6257	900	0.3530	99.3200	10.5230	33.0387	55.7583	0.3040	0.0490
695	1.5410	38.0454	10.5230	18.0701	9.4523	0.8637	0.6773	905	0.3440	99.6640	10.5230	33.0862	56.0548	0.2965	0.0475
700	1.7649	39.8103	10.5230	18.8145	10.4728	1.0205	0.7444	910	0.3354	99.9994	10.5230	33.1323	56.3442	0.2893	0.0461
705	2.0784	41.8887	10.5230	19.6510	11.7146	1.2419	0.8365	915	0.3272	100.3267	10.5230	33.1770	56.6266	0.2825	0.0448
710	2.5582	44.4470	10.5230	20.6255	13.2984	1.5838	0.9745	920	0.3194	100.6461	10.5230	33.2205	56.9025	0.2759	0.0435
715	3.4193	47.8662	10.5230	21.8414	15.5018	2.2034	1.2159	925	0.3120	100.9581	10.5230	33.2628	57.1722	0.2697	0.0423
720	5.7132	53.5794	10.5230	23.6791	19.3773	3.8755	1.8377	930	0.3048	101.2629	10.5230	33.3040	57.4359	0.2637	0.0411
725	12.8773	66.4567	10.5230	27.1118	28.8218	9.4446	3.4327	935	0.2980	101.5608	10.5230	33.3440	57.6938	0.2579	0.0401
730	4.2081	70.6649	10.5230	28.0636	32.0782	3.2563	0.9518	940	0.2914	101.8522	10.5230	33.3830	57.9461	0.2524	0.0390
735	2.9150	73.5798	10.5230	28.6824	34.3745	2.2963	0.6187	945	0.2851	102.1373	10.5230	33.4211	58.1932	0.2471	0.0380
740	2.2896	75.8694	10.5230	29.1469	36.1995	1.8251	0.4645	950	0.2791	102.4164	10.5230	33.4581	58.4352	0.2420	0.0371
745	1.9071	77.7766	10.5230	29.5203	37.7333	1.5338	0.3734	955	0.2733	102.6896	10.5230	33.4943	58.6723	0.2371	0.0362
750	1.6445	79.4211	10.5230	29.8328	39.0652	1.3319	0.3126	960	0.2677	102.9573	10.5230	33.52			

Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)	Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
975	0.2521	103.7288	10.5230	33.6305	59.5752	0.2192	0.0329	1185	0.1347	111.3366	10.5230	34.5719	66.2416	0.1188	0.0159
980	0.2473	103.9761	10.5230	33.6627	59.7904	0.2152	0.0321	1190	0.1331	111.4697	10.5230	34.5875	66.3591	0.1175	0.0156
985	0.2426	104.2187	10.5230	33.6941	60.0016	0.2112	0.0314	1195	0.1316	111.6013	10.5230	34.6030	66.4753	0.1161	0.0154
990	0.2382	104.4569	10.5230	33.7249	60.2090	0.2074	0.0307	1200	0.1301	111.7313	10.5230	34.6182	66.5901	0.1148	0.0152
995	0.2338	104.6907	10.5230	33.7550	60.4127	0.2037	0.0301	1205	0.1286	111.8599	10.5230	34.6332	66.7037	0.1136	0.0150
1000	0.2296	104.9203	10.5230	33.7844	60.6129	0.2002	0.0295	1210	0.1271	111.9870	10.5230	34.6481	66.8159	0.1123	0.0148
1005	0.2256	105.1459	10.5230	33.8133	60.8096	0.1967	0.0288	1215	0.1257	112.1127	10.5230	34.6627	66.9270	0.1111	0.0146
1010	0.2216	105.3675	10.5230	33.8415	61.0029	0.1934	0.0283	1220	0.1243	112.2370	10.5230	34.6772	67.0368	0.1098	0.0145
1015	0.2178	105.5853	10.5230	33.8692	61.1931	0.1901	0.0277	1225	0.1229	112.3600	10.5230	34.6914	67.1455	0.1086	0.0143
1020	0.2141	105.7994	10.5230	33.8963	61.3801	0.1870	0.0271	1230	0.1216	112.4815	10.5230	34.7055	67.2530	0.1075	0.0141
1025	0.2105	106.0100	10.5230	33.9230	61.5640	0.1839	0.0266	1235	0.1203	112.6018	10.5230	34.7195	67.3593	0.1063	0.0139
1030	0.2071	106.2170	10.5230	33.9491	61.7450	0.1810	0.0261	1240	0.1190	112.7208	10.5230	34.7332	67.4645	0.1052	0.0138
1035	0.2037	106.4207	10.5230	33.9747	61.9231	0.1781	0.0256	1245	0.1177	112.8384	10.5230	34.7468	67.5686	0.1041	0.0136
1040	0.2004	106.6212	10.5230	33.9998	62.0984	0.1753	0.0251	1250	0.1164	112.9549	10.5230	34.7602	67.6716	0.1030	0.0134
1045	0.1973	106.8184	10.5230	34.0244	62.2710	0.1726	0.0247	1255	0.1152	113.0701	10.5230	34.7735	67.7736	0.1019	0.0133
1050	0.1942	107.0126	10.5230	34.0486	62.4409	0.1700	0.0242	1260	0.1140	113.1841	10.5230	34.7866	67.8745	0.1009	0.0131
1055	0.1912	107.2038	10.5230	34.0724	62.6083	0.1674	0.0238	1265	0.1128	113.2969	10.5230	34.7995	67.9743	0.0999	0.0129
1060	0.1883	107.3920	10.5230	34.0958	62.7732	0.1649	0.0234	1270	0.1116	113.4085	10.5230	34.8123	68.0732	0.0989	0.0128
1065	0.1854	107.5775	10.5230	34.1187	62.9357	0.1625	0.0229	1275	0.1105	113.5190	10.5230	34.8250	68.1710	0.0979	0.0126
1070	0.1827	107.7601	10.5230	34.1413	63.0958	0.1601	0.0225	1280	0.1094	113.6284	10.5230	34.8374	68.2679	0.0969	0.0125
1075	0.1800	107.9401	10.5230	34.1634	63.2536	0.1578	0.0222	1285	0.1083	113.7367	10.5230	34.8498	68.3638	0.0959	0.0124
1080	0.1773	108.1174	10.5230	34.1852	63.4092	0.1556	0.0218	1290	0.1072	113.8439	10.5230	34.8620	68.4588	0.0950	0.0122
1085	0.1748	108.2922	10.5230	34.2066	63.5625	0.1534	0.0214	1295	0.1061	113.9500	10.5230	34.8741	68.5529	0.0940	0.0121
1090	0.1723	108.4645	10.5230	34.2277	63.7138	0.1512	0.0211	1300	0.1051	114.0551	10.5230	34.8860	68.6460	0.0931	0.0119
1095	0.1699	108.6344	10.5230	34.2484	63.8629	0.1491	0.0207	1305	0.1040	114.1591	10.5230	34.8978	68.7382	0.0922	0.0118
1100	0.1675	108.8019	10.5230	34.2688	64.0100	0.1471	0.0204	1310	0.1030	114.2621	10.5230	34.9095	68.8296	0.0913	0.0117
1105	0.1652	108.9671	10.5230	34.2889	64.1552	0.1451	0.0201	1315	0.1020	114.3641	10.5230	34.9210	68.9201	0.0905	0.0115
1110	0.1629	109.1300	10.5230	34.3086	64.2984	0.1432	0.0197	1320	0.1010	114.4652	10.5230	34.9325	69.0097	0.0896	0.0114
1115	0.1607	109.2908	10.5230	34.3281	64.4397	0.1413	0.0194	1325	0.1001	114.5652	10.5230	34.9438	69.0984	0.0888	0.0113
1120	0.1586	109.4494	10.5230	34.3472	64.5791	0.1395	0.0191	1330	0.0991	114.6644	10.5230	34.9549	69.1864	0.0879	0.0112
1125	0.1565	109.6059	10.5230	34.3660	64.7168	0.1377	0.0188	1335	0.0982	114.7625	10.5230	34.9660	69.2735	0.0871	0.0111
1130	0.1545	109.7603	10.5230	34.3846	64.8527	0.1359	0.0186	1340	0.0973	114.8598	10.5230	34.9769	69.3598	0.0863	0.0109
1135	0.1525	109.9128	10.5230	34.4029	64.9869	0.1342	0.0183	1345	0.0964	114.9562	10.5230	34.9877	69.4454	0.0855	0.0108
1140	0.1505	110.0633	10.5230	34.4209	65.1194	0.1325	0.0180	1350	0.0955	115.0516	10.5230	34.9985	69.5301	0.0848	0.0107
1145	0.1486	110.2119	10.5230	34.4387	65.2502	0.1308	0.0178	1355	0.0946	115.1462	10.5230	35.0091	69.6141	0.0840	0.0106
1150	0.1467	110.3586	10.5230	34.4561	65.3794	0.1292	0.0175	1360	0.0937	115.2399	10.5230	35.0195	69.6973	0.0832	0.0105
1155	0.1449	110.5035	10.5230	34.4734	65.5071	0.1276	0.0172	1365	0.0929	115.3328	10.5230	35.0299	69.7798	0.0825	0.0104
1160	0.1431	110.6466	10.5230	34.4904	65.6332	0.1261	0.0170	1370	0.0920	115.4248	10.5230	35.0402	69.8616	0.0817	0.0103
1165	0.1414	110.7880	10.5230	34.5071	65.7578	0.1246	0.0168	1375	0.0912	115.5160	10.5230	35.0504			

Tiempo(min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
1395	0.0880	115.8727	10.5230	35.0900	70.2597	0.0782	0.0098
1400	0.0872	115.9600	10.5230	35.0997	70.3372	0.0776	0.0097
1405	0.0865	116.0465	10.5230	35.1093	70.4141	0.0769	0.0096
1410	0.0857	116.1322	10.5230	35.1188	70.4904	0.0762	0.0095
1415	0.0850	116.2172	10.5230	35.1282	70.5660	0.0756	0.0094
1420	0.0843	116.3015	10.5230	35.1375	70.6410	0.0750	0.0093
1425	0.0836	116.3850	10.5230	35.1467	70.7153	0.0743	0.0092
1430	0.0828	116.4679	10.5230	35.1558	70.7890	0.0737	0.0091
1435	0.0822	116.5500	10.5230	35.1648	70.8621	0.0731	0.0090
1440	0.0815	116.6315	10.5230	35.1738	70.9346	0.0725	0.0090

Tabla 18.-Valores del hietograma de cálculo en la cuenca A. Innominado 1 para el Tr=500 años

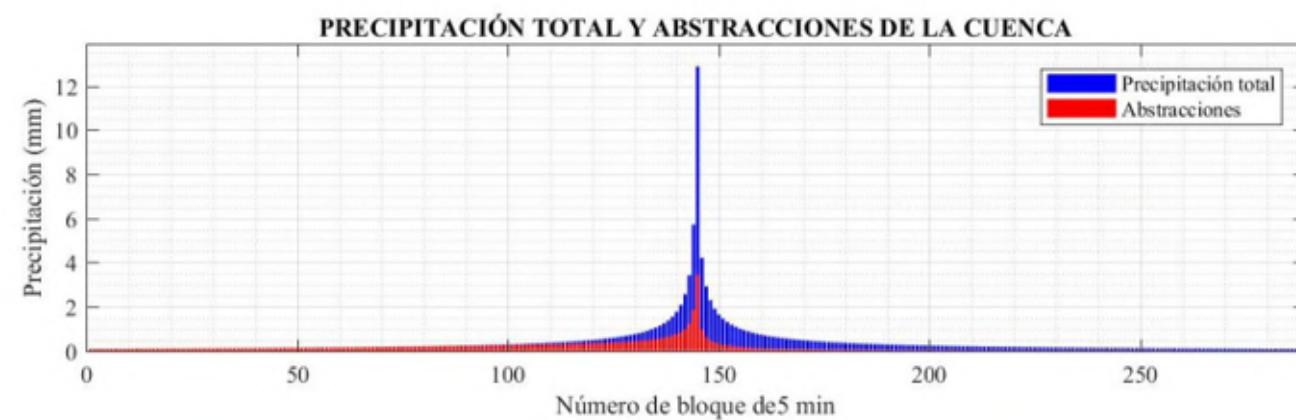


Imagen 3.-Gráfico del hietograma de cálculo en la cuenca A. Innominado 1 para el Tr=500 años

1.3.2. CUENCA BARRANCO FUENTE DEL BERRACO

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
5	0.0774	0.0774	0.0774	-	-	-	0.0774
10	0.0780	0.1554	0.1554	-	-	-	0.0780
15	0.0787	0.2341	0.2341	-	-	-	0.0787
20	0.0794	0.3134	0.3134	-	-	-	0.0794
25	0.0800	0.3935	0.3935	-	-	-	0.0800
30	0.0807	0.4742	0.4742	-	-	-	0.0807
35	0.0814	0.5556	0.5556	-	-	-	0.0814
40	0.0821	0.6377	0.6377	-	-	-	0.0821
45	0.0828	0.7206	0.7206	-	-	-	0.0828
50	0.0836	0.8042	0.8042	-	-	-	0.0836
55	0.0843	0.8885	0.8885	-	-	-	0.0843
60	0.0851	0.9735	0.9735	-	-	-	0.0851
65	0.0858	1.0594	1.0594	-	-	-	0.0858
70	0.0866	1.1459	1.1459	-	-	-	0.0866
75	0.0874	1.2333	1.2333	-	-	-	0.0874

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
80	0.0882	1.3215	1.3215	-	-	-	0.0882
85	0.0890	1.4105	1.4105	-	-	-	0.0890
90	0.0898	1.5003	1.5003	-	-	-	0.0898
95	0.0906	1.5909	1.5909	-	-	-	0.0906
100	0.0915	1.6824	1.6824	-	-	-	0.0915
105	0.0923	1.7747	1.7747	-	-	-	0.0923
110	0.0932	1.8679	1.8679	-	-	-	0.0932
115	0.0941	1.9620	1.9620	-	-	-	0.0941
120	0.0950	2.0570	2.0570	-	-	-	0.0950
125	0.0959	2.1529	2.1529	-	-	-	0.0959
130	0.0968	2.2497	2.2497	-	-	-	0.0968
135	0.0978	2.3475	2.3475	-	-	-	0.0978
140	0.0987	2.4463	2.4463	-	-	-	0.0987
145	0.0997	2.5460	2.5460	-	-	-	0.0997
150	0.1007	2.6467	2.6467	-	-	-	0.1007
155	0.1017	2.7484	2.7484	-	-	-	0.1017
160	0.1028	2.8512	2.8512	-	-	-	0.1028
165	0.1038	2.9550	2.9550	-	-	-	0.1038
170	0.1049	3.0598	3.0598	-	-	-	0.1049
175	0.1059	3.1658	3.1658	-	-	-	0.1059
180	0.1070	3.2728	3.2728	-	-	-	0.1070
185	0.1082	3.3810	3.3810	-	-	-	0.1082
190	0.1093	3.4903	3.4903	-	-	-	0.1093
195	0.1105	3.6007	3.6007	-	-	-	0.1105
200	0.1116	3.7124	3.7124	-	-	-	0.1116
205	0.1128	3.8252	3.8252	-	-	-	0.1128
210	0.1141	3.9393	3.9393	-	-	-	0.1141
215	0.1153	4.0546	4.0546	-	-	-	0.1153
220	0.1166	4.1712	4.1712	-	-	-	0.1166
225	0.1179	4.2891	4.2891	-	-	-	0.1179
230	0.1192	4.4083	4.4083	-	-	-	0.1192
235	0.1206	4.5289	4.5289	-	-	-	0.1206
240	0.1219	4.6509	4.6509	-	-	-	0.1219
245	0.1233	4.7742	4.7742	-	-	-	0.1233
250	0.1248	4.8990	4.8990	-	-	-	0.1248
255	0.1262	5.0252	5.0252	-	-	-	0.1262
260	0.1277	5.1529	5.1529	-	-	-	0.1277
265	0.1292	5.2822	5.2822	-	-	-	0.1292
270	0.1308	5.4130	5.4130	-	-	-	0.1308
275	0.1324	5.5454	5.5454	-	-	-	0.1324
280	0.1340	5.6794	5.6794	-	-	-	0.1340
285	0.1357	5.8150	5.8150	-	-	-	0.1357

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
290	0.1373	5.9523	5.9523	-	-	-	0.1373
295	0.1391	6.0914	6.0914	-	-	-	0.1391
300	0.1408	6.2322	6.2322	-	-	-	0.1408
305	0.1426	6.3749	6.3749	-	-	-	0.1426
310	0.1445	6.5193	6.5193	-	-	-	0.1445
315	0.1464	6.6657	6.6657	-	-	-	0.1464
320	0.1483	6.8140	6.8140	-	-	-	0.1483
325	0.1503	6.9643	6.9643	-	-	-	0.1503
330	0.1523	7.1166	7.1166	-	-	-	0.1523
335	0.1544	7.2709	7.2709	-	-	-	0.1544
340	0.1565	7.4274	7.4274	-	-	-	0.1565
345	0.1587	7.5861	7.5861	-	-	-	0.1587
350	0.1609	7.7470	7.7470	-	-	-	0.1609
355	0.1632	7.9101	7.9101	-	-	-	0.1632
360	0.1655	8.0757	8.0757	-	-	-	0.1655
365	0.1679	8.2436	8.2436	-	-	-	0.1679
370	0.1704	8.4140	8.4140	-	-	-	0.1704
375	0.1729	8.5869	8.5869	-	-	-	0.1729
380	0.1755	8.7624	8.7624	-	-	-	0.1755
385	0.1782	8.9406	8.9406	-	-	-	0.1782
390	0.1809	9.1215	9.1215	-	-	-	0.1809
395	0.1838	9.3053	9.3053	-	-	-	0.1838
400	0.1867	9.4920	9.4920	-	-	-	0.1867
405	0.1896	9.6816	9.6816	-	-	-	0.1896
410	0.1927	9.8743	9.8743	-	-	-	0.1927
415	0.1959	10.0702	10.0702	-	-	-	0.1959
420	0.1991	10.2694	10.2694	-	-	-	0.1991
425	0.2025	10.4719	10.4719	-	-	-	0.2025
430	0.2060	10.6779	10.6779	-	-	-	0.2060
435	0.2096	10.8874	10.8874	-	-	-	0.2096
440	0.2132	11.1007	11.1007	-	-	-	0.2132
445	0.2171	11.3177	11.3177	-	-	-	0.2171
450	0.2210	11.5387	11.5387	-	-	-	0.2210
455	0.2251	11.7638	11.7638	-	-	-	0.2251
460	0.2293	11.9930	11.9930	-	-	-	0.2293
465	0.2336	12.2267	12.2267	-	-	-	0.2336
470	0.2381	12.4648	12.4648	-	-	-	0.2381
475	0.2428	12.7076	12.7076	-	-	-	0.2428
480	0.2477	12.9553	12.9470	0.0083	0.0000	0.0000	0.2477
485	0.2527	13.2080	12.9470	0.2599	0.0010	0.0010	0.2517
490	0.2579	13.4659	12.9470	0.5148	0.0041	0.0031	0.2549
495	0.2634	13.7293	12.9470	0.7730	0.0093	0.0052	0.2582

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
500	0.2690	13.9983	12.9470	1.0345	0.0168	0.0075	0.2616
505	0.2749	14.2732	12.9470	1.2996	0.0266	0.0098	0.2651
510	0.2810	14.5543	12.9470	1.5683	0.0389	0.0123	0.2687
515	0.2874	14.8417	12.9470	1.8408	0.0539	0.0149	0.2725
520	0.2941	15.1358	12.9470	2.1172	0.0716	0.0177	0.2764
525	0.3011	15.4368	12.9470	2.3976	0.0922	0.0206	0.2804
530	0.3083	15.7452	12.9470	2.6822	0.1159	0.0237	0.2846
535	0.3160	16.0612	12.9470	2.9712	0.1429	0.0270	0.2890
540	0.3240	16.3852	12.9470	3.2647	0.1734	0.0305	0.2935
545	0.3324	16.7175	12.9470	3.5630	0.2075	0.0341	0.2982
550	0.3412	17.0587	12.9470	3.8661	0.2456	0.0380	0.3032
555	0.3505	17.4092	12.9470	4.1744	0.2877	0.0422	0.3083
560	0.3602	17.7694	12.9470	4.4881	0.3343	0.0466	0.3136
565	0.3706	18.1400	12.9470	4.8073	0.3856	0.0513	0.3193
570	0.3815	18.5214	12.9470	5.1325	0.4420	0.0563	0.3251
575	0.3930	18.9144	12.9470	5.4637	0.5037	0.0617	0.3313
580	0.4052	19.3197	12.9470	5.8015	0.5711	0.0675	0.3378
585	0.4182	19.7379	12.9470	6.1461	0.6447	0.0736	0.3446
590	0.4321	20.1700	12.9470	6.4979	0.7250	0.0803	0.3518
595	0.4469	20.6168	12.9470	6.8574	0.8125	0.0874	0.3594
600	0.4627	21.0795	12.9470	7.2248	0.9076	0.0952	0.3675
605	0.4796	21.5591	12.9470	7.6009	1.0112	0.1036	0.3761
610	0.4978	22.0569	12.9470	7.9861	1.1238	0.1127	0.3852
615	0.5175	22.5744	12.9470	8.3810	1.2464	0.1226	0.3949
620	0.5387	23.1132	12.9470	8.7863	1.3798	0.1334	0.4053
625	0.5618	23.6750	12.9470	9.2029	1.5251	0.1453	0.4165
630	0.5870	24.2620	12.9470	9.6315	1.6835	0.1584	0.4286
635	0.6146	24.8766	12.9470	10.0732	1.8563	0.1728	0.4417
640	0.6449	25.5215	12.9470	10.5292	2.0452	0.1889	0.4560
645	0.6784	26.1999	12.9470	11.0007	2.2521	0.2069	0.4715
650	0.7158	26.9156	12.9470	11.4894	2.4792	0.2271	0.4887
655	0.7576	27.6732	12.9470	11.9970	2.7291	0.2499	0.5076
660	0.8048	28.4780	12.9470	12.5258	3.0051	0.2760	0.5288
665	0.8586	29.3366	12.9470	13.0784	3.3112	0.3060	0.5526
670	0.9205	30.2571	12.9470	13.6580	3.6521	0.3410	0.5796
675	0.9928	31.2499	12.9470	14.2686	4.0342	0.3821	0.6107
680	1.0783	32.3282	12.9470	14.9156	4.4656	0.4313	0.6469
685	1.1813	33.5095	12.9470	15.6055	4.9569	0.4913	0.6900
690	1.3084	34.8178	12.9470	16.3477	5.5231	0.5662	0.7422
695	1.4698	36.2877	12.9470	17.1552	6.1854	0.6623	0.8075
700	1.6833	37.9710	12.9470	18.0475	6.9765	0.7910	0.8923
705	1.9824	39.9534	12.9470	19.0564	7.9500	0.9735	1.0088

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
710	2.4400	42.3934	12.9470	20.2398	9.2066	1.2566	1.1834
715	3.2613	45.6547	12.9470	21.7290	10.9787	1.7721	1.4892
720	5.4493	51.1040	12.9470	24.0067	14.1503	3.1716	2.2776
725	12.2823	63.3863	12.9470	28.3500	22.0893	7.9390	4.3433
730	4.0137	67.4000	12.9470	29.5753	24.8777	2.7884	1.2253
735	2.7803	70.1803	12.9470	30.3768	26.8566	1.9788	0.8015
740	2.1838	72.3641	12.9470	30.9811	28.4360	1.5795	0.6044
745	1.8190	74.1832	12.9470	31.4685	29.7676	1.3316	0.4874
750	1.5685	75.7517	12.9470	31.8776	30.9270	1.1594	0.4091
755	1.3839	77.1356	12.9470	32.2303	31.9582	1.0312	0.3527
760	1.2413	78.3769	12.9470	32.5403	32.8896	0.9313	0.3100
765	1.1272	79.5042	12.9470	32.8167	33.7404	0.8508	0.2764
770	1.0336	80.5378	12.9470	33.0661	34.5247	0.7843	0.2493
775	0.9552	81.4930	12.9470	33.2930	35.2530	0.7282	0.2270
780	0.8884	82.3814	12.9470	33.5012	35.9332	0.6802	0.2082
785	0.8308	83.2122	12.9470	33.6934	36.5718	0.6386	0.1922
790	0.7804	83.9927	12.9470	33.8719	37.1738	0.6020	0.1784
795	0.7360	84.7287	12.9470	34.0383	37.7434	0.5696	0.1664
800	0.6966	85.4253	12.9470	34.1941	38.2842	0.5407	0.1558
805	0.6612	86.0865	12.9470	34.3406	38.7989	0.5148	0.1465
810	0.6294	86.7159	12.9470	34.4787	39.2902	0.4912	0.1381
815	0.6005	87.3163	12.9470	34.6093	39.7600	0.4699	0.1306
820	0.5741	87.8905	12.9470	34.7331	40.2103	0.4503	0.1238
825	0.5500	88.4405	12.9470	34.8508	40.6427	0.4324	0.1177
830	0.5279	88.9684	12.9470	34.9629	41.0585	0.4158	0.1121
835	0.5075	89.4759	12.9470	35.0698	41.4590	0.4005	0.1070
840	0.4885	89.9644	12.9470	35.1721	41.8453	0.3863	0.1022
845	0.4710	90.4354	12.9470	35.2700	42.2184	0.3731	0.0979
850	0.4546	90.8900	12.9470	35.3639	42.5791	0.3607	0.0939
855	0.4393	91.3294	12.9470	35.4540	42.9283	0.3492	0.0902
860	0.4251	91.7544	12.9470	35.5407	43.2667	0.3383	0.0867
865	0.4116	92.1661	12.9470	35.6242	43.5948	0.3282	0.0835
870	0.3990	92.5651	12.9470	35.7047	43.9134	0.3186	0.0805
875	0.3871	92.9522	12.9470	35.7823	44.2229	0.3095	0.0776
880	0.3759	93.3282	12.9470	35.8573	44.5238	0.3009	0.0750
885	0.3653	93.6935	12.9470	35.9298	44.8166	0.2928	0.0725
890	0.3553	94.0488	12.9470	36.0000	45.1017	0.2851	0.0702
895	0.3458	94.3945	12.9470	36.0680	45.3795	0.2778	0.0680
900	0.3367	94.7313	12.9470	36.1339	45.6504	0.2708	0.0659
905	0.3281	95.0594	12.9470	36.1978	45.9146	0.2642	0.0639
910	0.3199	95.3793	12.9470	36.2598	46.1725	0.2579	0.0620
915	0.3121	95.6914	12.9470	36.3201	46.4243	0.2519	0.0603

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	Ia acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
920	0.3047	95.9961	12.9470	36.3787	46.6704	0.2461	0.0586
925	0.2975	96.2936	12.9470	36.4356	46.9110	0.2406	0.0570
930	0.2907	96.5844	12.9470	36.4911	47.1463	0.2353	0.0555
935	0.2842	96.8686	12.9470	36.5451	47.3765	0.2302	0.0540
940	0.2779	97.1465	12.9470	36.5977	47.6018	0.2253	0.0526
945	0.2719	97.4184	12.9470	36.6490	47.8224	0.2207	0.0513
950	0.2662	97.6846	12.9470	36.6990	48.0386	0.2162	0.0500
955	0.2606	97.9452	12.9470	36.7478	48.2504	0.2118	0.0488
960	0.2553	98.2005	12.9470	36.7954	48.4581	0.2077	0.0476
965	0.2502	98.4507	12.9470	36.8419	48.6617	0.2036	0.0465
970	0.2452	98.6959	12.9470	36.8874	48.8615	0.1998	0.0455
975	0.2405	98.9364	12.9470	36.9318	49.0575	0.1960	0.0444
980	0.2359	99.1722	12.9470	36.9753	49.2500	0.1924	0.0434
985	0.2314	99.4037	12.9470	37.0178	49.4389	0.1889	0.0425
990	0.2271	99.6308	12.9470	37.0593	49.6245	0.1856	0.0416
995	0.2230	99.8538	12.9470	37.1000	49.8068	0.1823	0.0407
1000	0.2190	100.0728	12.9470	37.1399	49.9859	0.1792	0.0399
1005	0.2151	100.2880	12.9470	37.1789	50.1620	0.1761	0.0390
1010	0.2114	100.4993	12.9470	37.2172	50.3351	0.1731	0.0382
1015	0.2077	100.7071	12.9470	37.2547	50.5054	0.1703	0.0375
1020	0.2042	100.9113	12.9470	37.2914	50.6729	0.1675	0.0368
1025	0.2008	101.1121	12.9470	37.3275	50.8377	0.1648	0.0360
1030	0.1975	101.3097	12.9470	37.3628	50.9998	0.1621	0.0354
1035	0.1943	101.5039	12.9470	37.3975	51.1594	0.1596	0.0347
1040	0.1912	101.6951	12.9470	37.4316	51.3165	0.1571	0.0341
1045	0.1881	101.8833	12.9470	37.4650	51.4712	0.1547	0.0334
1050	0.1852	102.0685	12.9470	37.4978	51.6236	0.1524	0.0328
1055	0.1823	102.2508	12.9470	37.5301	51.7737	0.1501	0.0322
1060	0.1796	102.4304	12.9470	37.5617	51.9216	0.1479	0.0317
1065	0.1768	102.6072	12.9470	37.5929	52.0673	0.1457	0.0311
1070	0.1742	102.7814	12.9470	37.6235	52.2109	0.1436	0.0306
1075	0.1716	102.9531	12.9470	37.6535	52.3525	0.1416	0.0301
10							

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	la acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
1130	0.1473	104.6892	12.9470	37.9540	53.7882	0.1221	0.0252
1135	0.1454	104.8347	12.9470	37.9789	53.9088	0.1206	0.0249
1140	0.1435	104.9782	12.9470	38.0034	54.0278	0.1190	0.0245
1145	0.1417	105.1199	12.9470	38.0275	54.1454	0.1176	0.0241
1150	0.1399	105.2599	12.9470	38.0513	54.2615	0.1161	0.0238
1155	0.1382	105.3981	12.9470	38.0748	54.3763	0.1147	0.0235
1160	0.1365	105.5346	12.9470	38.0979	54.4896	0.1134	0.0231
1165	0.1348	105.6694	12.9470	38.1207	54.6016	0.1120	0.0228
1170	0.1332	105.8026	12.9470	38.1432	54.7123	0.1107	0.0225
1175	0.1316	105.9341	12.9470	38.1654	54.8217	0.1094	0.0222
1180	0.1300	106.0642	12.9470	38.1873	54.9299	0.1081	0.0219
1185	0.1285	106.1926	12.9470	38.2089	55.0368	0.1069	0.0216
1190	0.1270	106.3196	12.9470	38.2302	55.1424	0.1057	0.0213
1195	0.1255	106.4451	12.9470	38.2512	55.2469	0.1045	0.0210
1200	0.1241	106.5692	12.9470	38.2719	55.3502	0.1033	0.0207
1205	0.1226	106.6918	12.9470	38.2924	55.4524	0.1022	0.0205
1210	0.1213	106.8131	12.9470	38.3126	55.5534	0.1010	0.0202
1215	0.1199	106.9330	12.9470	38.3326	55.6533	0.0999	0.0200
1220	0.1186	107.0515	12.9470	38.3523	55.7522	0.0988	0.0197
1225	0.1172	107.1688	12.9470	38.3718	55.8500	0.0978	0.0195
1230	0.1160	107.2847	12.9470	38.3910	55.9467	0.0967	0.0192
1235	0.1147	107.3994	12.9470	38.4100	56.0424	0.0957	0.0190
1240	0.1135	107.5129	12.9470	38.4287	56.1372	0.0947	0.0187
1245	0.1122	107.6251	12.9470	38.4472	56.2309	0.0937	0.0185
1250	0.1111	107.7362	12.9470	38.4655	56.3236	0.0928	0.0183
1255	0.1099	107.8461	12.9470	38.4836	56.4154	0.0918	0.0181
1260	0.1087	107.9548	12.9470	38.5015	56.5063	0.0909	0.0179
1265	0.1076	108.0624	12.9470	38.5191	56.5962	0.0899	0.0177
1270	0.1065	108.1689	12.9470	38.5366	56.6853	0.0890	0.0175
1275	0.1054	108.2743	12.9470	38.5538	56.7734	0.0881	0.0173
1280	0.1043	108.3786	12.9470	38.5709	56.8607	0.0873	0.0171
1285	0.1033	108.4819	12.9470	38.5878	56.9471	0.0864	0.0169
1290	0.1022	108.5841	12.9470	38.6044	57.0327	0.0856	0.0167
1295	0.1012	108.6853	12.9470	38.6209	57.1174	0.0847	0.0165
1300	0.1002	108.7855	12.9470	38.6372	57.2013	0.0839	0.0163
1305	0.0992	108.8848	12.9470	38.6533	57.2844	0.0831	0.0161
1310	0.0983	108.9830	12.9470	38.6693	57.3667	0.0823	0.0159
1315	0.0973	109.0803	12.9470	38.6850	57.4483	0.0815	0.0158
1320	0.0964	109.1767	12.9470	38.7006	57.5291	0.0808	0.0156
1325	0.0954	109.2722	12.9470	38.7161	57.6091	0.0800	0.0154
1330	0.0945	109.3667	12.9470	38.7313	57.6884	0.0793	0.0153
1335	0.0936	109.4603	12.9470	38.7464	57.7669	0.0785	0.0151

Tiempo (min)	P(mm)	Pacum (mm)	la acum(mm)	Fa acum(mm)	Pe acum(mm)	P(mm)	Abstracciones (mm)
1340	0.0928	109.5531	12.9470	38.7614	57.8447	0.0778	0.0149
1345	0.0919	109.6450	12.9470	38.7762	57.9218	0.0771	0.0148
1350	0.0911	109.7361	12.9470	38.7908	57.9983	0.0764	0.0146
1355	0.0902	109.8263	12.9470	38.8053	58.0740	0.0757	0.0145
1360	0.0894	109.9157	12.9470	38.8196	58.1490	0.0751	0.0143
1365	0.0886	110.0042	12.9470	38.8338	58.2234	0.0744	0.0142
1370	0.0878	110.0920	12.9470	38.8478	58.2972	0.0737	0.0140
1375	0.0870	110.1790	12.9470	38.8617	58.3702	0.0731	0.0139
1380	0.0862	110.2652	12.9470	38.8755	58.4427	0.0724	0.0138
1385	0.0854	110.3506	12.9470	38.8891	58.5145	0.0718	0.0136
1390	0.0847	110.4353	12.9470	38.9026	58.5857	0.0712	0.0135
1395	0.0839	110.5192	12.9470	38.9160	58.6563	0.0706	0.0134
1400	0.0832	110.6025	12.9470	38.9292	58.7262	0.0700	0.0132
1405	0.0825	110.6849	12.9470	38.9423	58.7956	0.0694	0.0131
1410	0.0818	110.7667	12.9470	38.9553	58.8644	0.0688	0.0130
1415	0.0811	110.8478	12.9470	38.9681	58.9326	0.0682	0.0129
1420	0.0804	110.9282	12.9470	38.9809	59.0003	0.0676	0.0127
1425	0.0797	111.0078	12.9470	38.9935	59.0674	0.0671	0.0126
1430	0.0790	111.0869	12.9470	39.0060	59.1339	0.0665	0.0125
1435	0.0784	111.1652	12.9470	39.0183	59.1999	0.0660	0.0124
1440	0.0777	111.2429	12.9470	39.0306	59.2653	0.0654	0.0123

Tabla 19.- Valores del hietograma de cálculo en la cuenca Barranco Fuente del Berraco para el Tr=500 años

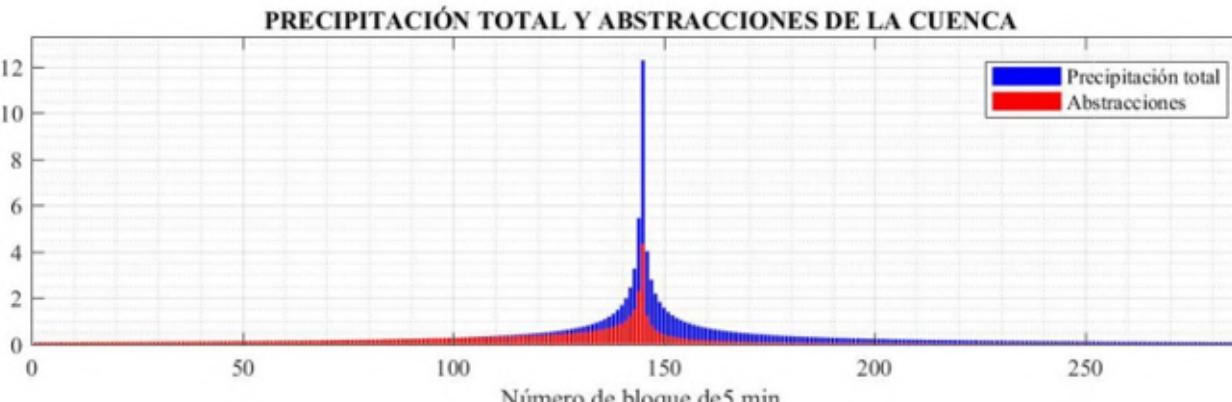


Imagen 56.-Gráfico del hietograma de cálculo en la cuenca Barranco Fuente del Berraco para el Tr=500 años

2. HIDROGRAMAS

2.1. PERÍODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

2.1.1. CUENCA A. INNOMINADO 1

t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)
0	0.0000	12600	0.1380	25200	0.0490	37800	0.0288

t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)
300	0.0000	12900	0.1322	25500	0.0482	38100	0.0285
600	0.0001	13200	0.1269	25800	0.0475	38400	0.0282
900	0.0005	13500	0.1220	26100	0.0468	38700	0.0279
1200	0.0014	13800	0.1175	26400	0.0461	39000	0.0276
1500	0.0029	14100	0.1133	26700	0.0454	39300	0.0273
1800	0.0048	14400	0.1095	27000	0.0447	39600	0.0271
2100	0.0072	14700	0.1059	27300	0.0441	39900	0.0268
2400	0.0101	15000	0.1025	27600	0.0434	40200	0.0265
2700	0.0133	15300	0.0993	27900	0.0428	40500	0.0263
3000	0.0171	15600	0.0964	28200	0.0422	40800	0.0260
3300	0.0216	15900	0.0936	28500	0.0416	41100	0.0258
3600	0.0267	16200	0.0910	28800	0.0411	41400	0.0255
3900	0.0329	16500	0.0885	29100	0.0405	41700	0.0253
4200	0.0402	16800	0.0861	29400	0.0400	42000	0.0251
4500	0.0490	17100	0.0839	29700	0.0395	42300	0.0248
4800	0.0600	17400	0.0818	30000	0.0389	42600	0.0246
5100	0.0739	17700	0.0797	30300	0.0384	42900	0.0244
5400	0.0922	18000	0.0778	30600	0.0379	43200	0.0241
5700	0.1174	18300	0.0760	30900	0.0375	43500	0.0239
6000	0.1553	18600	0.0743	31200	0.0370	43800	0.0237
6300	0.2238	18900	0.0726	31500	0.0365	44100	0.0235
6600	0.3981	19200	0.0710	31800	0.0361	44400	0.0233
6900	0.6691	19500	0.0695	32100	0.0356	44700	0.0231
7200	0.8264	19800	0.0680	32400	0.0352	45000	0.0229
7500	0.8042	20100	0.0666	32700	0.0348	45300	0.0227
7800	0.6772	20400	0.0652	33000	0.0344	45600	0.0225
8100	0.5570	20700	0.0639	33300	0.0340	45900	0.0223
8400	0.4664	21000	0.0627	33600	0.0336	46200	0.0221
8700	0.3956	21300	0.0615	33900	0.0332	46500	0.0219
9000	0.3418	21600	0.0603	34200	0.0328	46800	0.0217
9300	0.3007	21900	0.0592	34500	0.0324	47100	0.0215
9600	0.2686	22200	0.0581	34800	0.0321	47400	0.0213
9900	0.2433	22500	0.0570	35100	0.0317	47700	0.0212
10200	0.2228	22800	0.0560	35400	0.0314	48000	0.0210
10500	0.2055	23100	0.0550	35700	0.0310	48300	0.0208
10800	0.1907	23400	0.0541	36000	0.0307	48600	0.0206
11100	0.1786	23700	0.0532	36300	0.0303	48900	0.0205
11400	0.1684	24000	0.0523	36600	0.0300	49200	0.0203
11700	0.1594	24300	0.0514	36900	0.0297	49500	0.0201
12000	0.1515	24600	0.0506	37200	0.0294		
12300	0.1444	24900	0.0498	37500	0.0291		

Tabla 20.-Valores del hidrograma de cálculo en la cuenca A. Innominado 1 para el Tr=5 años

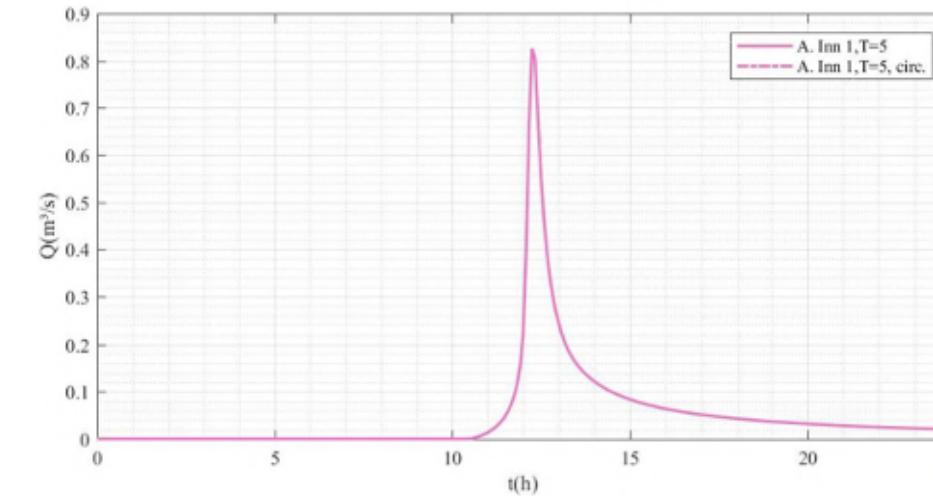


Imagen 4.-Gráfico del hidrograma de cálculo en la cuenca A. Innominado 1 para el Tr=5 años

2.1.2. CUENCA BARRANCO FUENTE DEL BERRACO

t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)
0	0.0000	12600	3.3515	25200	0.8926	37800	0.5087
300	0.0000	12900	3.1572	25500	0.8775	38100	0.5033
600	0.0000	13200	2.9784	25800	0.8629	38400	0.4979
900	0.0000	13500	2.8160	26100	0.8487	38700	0.4927
1200	0.0000	13800	2.6697	26400	0.8350	39000	0.4875
1500	0.0000	14100	2.5359	26700	0.8217	39300	0.4825
1800	0.0000	14400	2.4147	27000	0.8088	39600	0.4775
2100	0.0000	14700	2.3036	27300	0.7963	39900	0.4727
2400	0.0000	15000	2.2016	27600	0.7841	40200	0.4679
2700	0.0000	15300	2.1084	27900	0.7723	40500	0.4632
3000	0.0000	15600	2.0224	28200	0.7608	40800	0.4586
3300	0.0001	15900	1.9438	28500	0.7496	41100	0.4540
3600	0.0007	16200	1.8716	28800	0.7387	41400	0.4496
3900	0.0028	16500	1.8045	29100	0.7281	41700	0.4452
4200	0.0080	16800	1.7416	29400	0.7178	42000	0.4409
4500	0.0186	17100	1.6822	29700	0.7077	42300	0.4366
4800	0.0378	17400	1.6263	30000	0.6979	42600	0.4325
5100	0.0695	17700	1.5735	30300	0.6884	42900	0.4284
5400	0.1183	18000	1.5235	30600	0.6791	43200	0.4243
5700	0.1912	18300	1.4764	30900	0.6700	43500	0.4203
6000	0.2995	18600	1.4334	31200	0.6611	43800	0.4164
6300	0.4711	18900	1.3939	31500	0.6524	44100	0.4126
6600	0.8053	19200	1.3569	31800	0.6440	44400	0.4088
6900	1.3315	19500	1.3220	32100	0.6357	44700	0.4051
7200	2.0414	19800	1.2891	32400	0.6277	45000	0.4014
7500	2.9475	20100	1.2579	32700	0.6198	45300	0.3978
7800	3.9791	20400	1.2282	33000	0.6121	45600	0.3942

t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)
8100	4.9241	20700	1.2000	33300	0.6046	45900	0.3907
8400	5.6721	21000	1.1730	33600	0.5972	46200	0.3872
8700	6.1793	21300	1.1473	33900	0.5900	46500	0.3838
9000	6.4631	21600	1.1227	34200	0.5829	46800	0.3805
9300	6.5088	21900	1.0992	34500	0.5760	47100	0.3772
9600	6.3934	22200	1.0766	34800	0.5693	47400	0.3739
9900	6.1254	22500	1.0549	35100	0.5626	47700	0.3707
10200	5.7325	22800	1.0341	35400	0.5561	48000	0.3675
10500	5.3375	23100	1.0141	35700	0.5498	48300	0.3644
10800	4.9780	23400	0.9948	36000	0.5436	48600	0.3613
11100	4.6446	23700	0.9762	36300	0.5375	48900	0.3583
11400	4.3465	24000	0.9583	36600	0.5315	49200	0.3553
11700	4.0657	24300	0.9410	36900	0.5256	49500	0.3524
12000	3.8049	24600	0.9243	37200	0.5199		
12300	3.5679	24900	0.9082	37500	0.5142		

Tabla 21.- Valores del hidrograma de cálculo en la cuenca Barranco Fuente del Berraco para el Tr=5 años

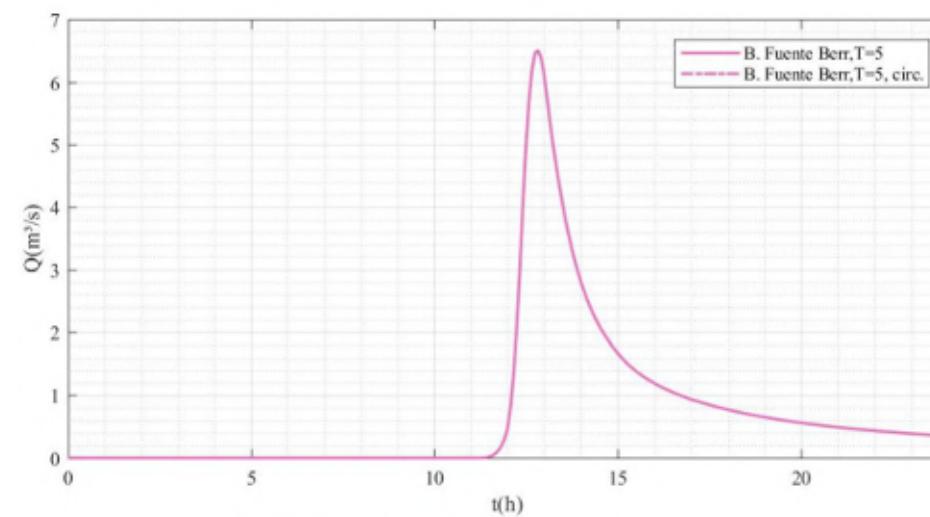


Imagen 57.- Gráfico del hidrograma de cálculo en la cuenca Barranco Fuente del Berraco para el Tr=5 años

2.2. PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

2.2.1. CUENCA A. INNOMINADO 1

t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)
0	0.0000	14700	0.8225	29400	0.1455	44100	0.0702
300	0.0000	15000	1.3264	29700	0.1426	44400	0.0694
600	0.0002	15300	2.0731	30000	0.1397	44700	0.0687
900	0.0006	15600	2.4578	30300	0.1370	45000	0.0679
1200	0.0013	15900	2.3216	30600	0.1344	45300	0.0672
1500	0.0023	16200	1.9046	30900	0.1319	45600	0.0664
1800	0.0035	16500	1.5304	31200	0.1295	45900	0.0657

t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)
2100	0.0049	16800	1.2560	31500	0.1271	46200	0.0650
2400	0.0064	17100	1.0461	31800	0.1248	46500	0.0643
2700	0.0080	17400	0.8901	32100	0.1226	46800	0.0637
3000	0.0097	17700	0.7729	32400	0.1205	47100	0.0630
3300	0.0115	18000	0.6828	32700	0.1185	47400	0.0623
3600	0.0134	18300	0.6127	33000	0.1165	47700	0.0617
3900	0.0154	18600	0.5569	33300	0.1145	48000	0.0611
4200	0.0175	18900	0.5101	33600	0.1126	48300	0.0605
4500	0.0198	19200	0.4706	33900	0.1108	48600	0.0598
4800	0.0222	19500	0.4386	34200	0.1091	48900	0.0592
5100	0.0247	19800	0.4119	34500	0.1073	49200	0.0587
5400	0.0274	20100	0.3886	34800	0.1057	49500	0.0581
5700	0.0302	20400	0.3681	35100	0.1040	49800	0.0575
6000	0.0333	20700	0.3498	35400	0.1025	50100	0.0570
6300	0.0365	21000	0.3334	35700	0.1009	50400	0.0564
6600	0.0400	21300	0.3185	36000	0.0994	50700	0.0559
6900	0.0437	21600	0.3050	36300	0.0980	51000	0.0553
7200	0.0477	21900	0.2926	36600	0.0966	51300	0.0548
7500	0.0520	22200	0.2812	36900	0.0952	51600	0.0543
7800	0.0566	22500	0.2707	37200	0.0939	51900	0.0538
8100	0.0615	22800	0.2610	37500	0.0925	52200	0.0533
8400	0.0669	23100	0.2520	37800	0.0913	52500	0.0528
8700	0.0727	23400	0.2435	38100	0.0900	52800	0.0523
9000	0.0790	23700	0.2357	38400	0.0888	53100	0.0518
9300	0.0859	24000	0.2283	38700	0.0876	53400	0.0514
9600	0.0935	24300	0.2213	39000	0.0865	53700	0.0509
9900	0.1018	24600	0.2148	39300	0.0853	54000	0.0504
10200	0.1109	24900	0.2087	39600	0.0842	54300	0.0500
10500	0.1211	25200	0.2028	39900	0.0831	54600	0.0495
10800	0.1324	25500	0.1973	40200	0.0821	54900	0.0491
11100	0.1451	25800	0.1921	40500	0.0810	55200	0.0487
11400	0.1594	26100	0.1872	40800	0.0800	55500	0.0483
11700	0.1757	26400	0.1824	41100	0.0790	55800	0.0478
12000	0.1944	26700	0.1780	41400	0.0781	56100	0.0474
12300	0.2161	27000	0.1737	41700	0.0771	56400	0.0470
12600	0.2415	27300	0.1696	42000	0.0762	56700	0.0466
12900	0.2719	27600	0.1657	42300	0.0753	57000	0.0462
13200	0.3089	27900	0.1620	42600	0.0744	57300	0.0458
13500	0.3550	28200	0.1584	42900	0.0735	57600	0.0455
13800	0.4145	28500	0.1550	43200	0.0727	57900	0.0451
14100	0.4951	28800	0.1517	43500	0.0719		
14400	0.6135	29100	0.1485	43800	0.0710		

Tabla 22.-Valores del hidrograma de cálculo en la cuenca A. Innominado 1 para el Tr=100 años

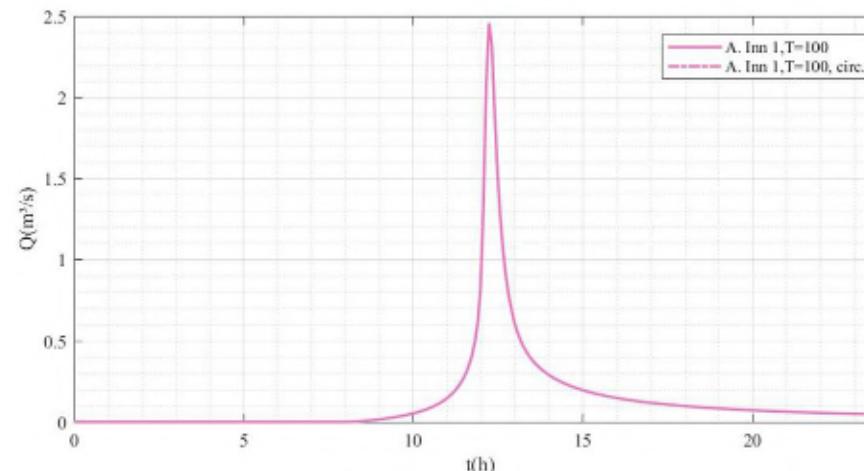


Imagen 5.-Gráfico del hidrograma de cálculo en la cuenca A. Innominado 1 para el Tr=100 años

2.2.2. CUENCA BARRANCO FUENTE DEL BERRACO

t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)
0	0.0000	14700	4.6010	29400	3.0027	44100	1.3533
300	0.0000	15000	5.9256	29700	2.9327	44400	1.3373
600	0.0000	15300	7.8558	30000	2.8659	44700	1.3217
900	0.0000	15600	10.3297	30300	2.8021	45000	1.3064
1200	0.0000	15900	13.3506	30600	2.7411	45300	1.2914
1500	0.0000	16200	16.6325	30900	2.6826	45600	1.2767
1800	0.0000	16500	19.4538	31200	2.6265	45900	1.2623
2100	0.0000	16800	21.4848	31500	2.5727	46200	1.2482
2400	0.0000	17100	22.6337	31800	2.5210	46500	1.2343
2700	0.0000	17400	23.0054	32100	2.4712	46800	1.2207
3000	0.0000	17700	22.5941	32400	2.4233	47100	1.2074
3300	0.0000	18000	21.6897	32700	2.3772	47400	1.1943
3600	0.0000	18300	20.3375	33000	2.3327	47700	1.1815
3900	0.0000	18600	18.6556	33300	2.2898	48000	1.1689
4200	0.0000	18900	17.0601	33600	2.2483	48300	1.1565
4500	0.0003	19200	15.6540	33900	2.2083	48600	1.1444
4800	0.0012	19500	14.3874	34200	2.1696	48900	1.1325
5100	0.0032	19800	13.2775	34500	2.1321	49200	1.1208
5400	0.0071	20100	12.2543	34800	2.0958	49500	1.1093
5700	0.0137	20400	11.3239	35100	2.0607	49800	1.0980
6000	0.0236	20700	10.4934	35400	2.0267	50100	1.0868
6300	0.0374	21000	9.7483	35700	1.9937	50400	1.0759
6600	0.0555	21300	9.0894	36000	1.9616	50700	1.0652
6900	0.0780	21600	8.4916	36300	1.9306	51000	1.0547
7200	0.1051	21900	7.9561	36600	1.9004	51300	1.0443
7500	0.1367	22200	7.4803	36900	1.8711	51600	1.0341
7800	0.1729	22500	7.0507	37200	1.8426	51900	1.0241
8100	0.2135	22800	6.6659	37500	1.8149	52200	1.0142

t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)
8400	0.2587	23100	6.3169	37800	1.7879	52500	1.0045
8700	0.3086	23400	5.9997	38100	1.7617	52800	0.9949
9000	0.3635	23700	5.7129	38400	1.7361	53100	0.9855
9300	0.4238	24000	5.4510	38700	1.7113	53400	0.9763
9600	0.4900	24300	5.2136	39000	1.6870	53700	0.9672
9900	0.5625	24600	4.9976	39300	1.6634	54000	0.9582
10200	0.6422	24900	4.7984	39600	1.6404	54300	0.9494
10500	0.7298	25200	4.6122	39900	1.6180	54600	0.9407
10800	0.8264	25500	4.4376	40200	1.5961	54900	0.9322
11100	0.9332	25800	4.2743	40500	1.5747	55200	0.9238
11400	1.0519	26100	4.1209	40800	1.5538	55500	0.9155
11700	1.1843	26400	3.9767	41100	1.5334	55800	0.9073
12000	1.3327	26700	3.8420	41400	1.5135	56100	0.8993
12300	1.5002	27000	3.7207	41700	1.4941	56400	0.8913
12600	1.6906	27300	3.6104	42000	1.4751	56700	0.8835
12900	1.9091	27600	3.5077	42300	1.4565	57000	0.8758
13200	2.1626	27900	3.4113	42600	1.4384	57300	0.8682
13500	2.4609	28200	3.3204	42900	1.4206	57600	0.8608
13800	2.8181	28500	3.2346	43200	1.4032	57900	0.8534
14100	3.2570	28800	3.1533	43500	1.3862		
14400	3.8184	29100	3.0761	43800	1.3696		

Tabla 23.- Valores del hidrograma de cálculo en la cuenca Barranco Fuente del Berraco para el Tr=100 años

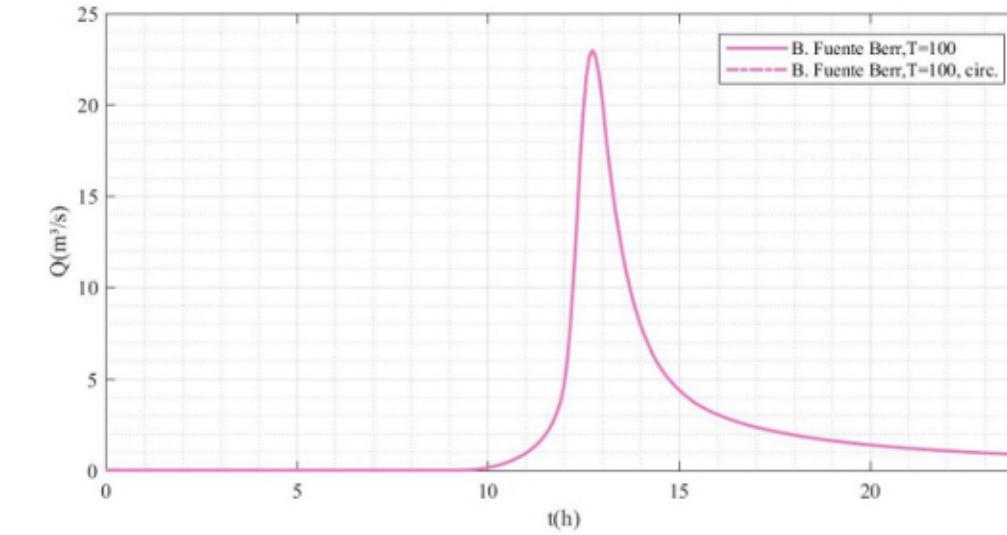


Imagen 58.-Gráfico del hidrograma de cálculo en la cuenca Barranco Fuente del Berraco para el Tr=100 años

2.3. PERÍODO DE RETORNO DE 500 AÑOS

2.3.1. CUENCA A. INNOMINADO 1

t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)
0	0.0000	15600	0.2952	31200	0.2297	46800	0.0988
300	0.0000	15900	0.3233	31500	0.2244	47100	0.0977
600	0.0001	16200	0.3557	31800	0.2192	47400	0.0965
900	0.0003	16500	0.3938	32100	0.2143	47700	0.0954
1200	0.0008	16800	0.4389	32400	0.2097	48000	0.0943
1500	0.0017	17100	0.4937	32700	0.2052	48300	0.0933
1800	0.0028	17400	0.5617	33000	0.2008	48600	0.0922
2100	0.0041	17700	0.6491	33300	0.1967	48900	0.0912
2400	0.0055	18000	0.7670	33600	0.1927	49200	0.0902
2700	0.0070	18300	0.9395	33900	0.1889	49500	0.0892
3000	0.0086	18600	1.2423	34200	0.1852	49800	0.0882
3300	0.0103	18900	1.9629	34500	0.1816	50100	0.0873
3600	0.0120	19200	3.0180	34800	0.1782	50400	0.0864
3900	0.0138	19500	3.5434	35100	0.1748	50700	0.0854
4200	0.0157	19800	3.3228	35400	0.1716	51000	0.0845
4500	0.0177	20100	2.7084	35700	0.1685	51300	0.0837
4800	0.0198	20400	2.1635	36000	0.1655	51600	0.0828
5100	0.0220	20700	1.7664	36300	0.1626	51900	0.0819
5400	0.0242	21000	1.4643	36600	0.1598	52200	0.0811
5700	0.0266	21300	1.2408	36900	0.1571	52500	0.0803
6000	0.0291	21600	1.0738	37200	0.1545	52800	0.0795
6300	0.0317	21900	0.9458	37500	0.1519	53100	0.0787
6600	0.0344	22200	0.8466	37800	0.1494	53400	0.0779
6900	0.0373	22500	0.7679	38100	0.1470	53700	0.0771
7200	0.0403	22800	0.7020	38400	0.1447	54000	0.0764
7500	0.0435	23100	0.6466	38700	0.1424	54300	0.0756
7800	0.0468	23400	0.6019	39000	0.1402	54600	0.0749
8100	0.0503	23700	0.5646	39300	0.1381	54900	0.0742
8400	0.0540	24000	0.5322	39600	0.1360	55200	0.0735
8700	0.0579	24300	0.5037	39900	0.1340	55500	0.0728
9000	0.0620	24600	0.4783	40200	0.1320	55800	0.0721
9300	0.0663	24900	0.4556	40500	0.1301	56100	0.0714
9600	0.0710	25200	0.4350	40800	0.1282	56400	0.0708
9900	0.0759	25500	0.4162	41100	0.1264	56700	0.0701
10200	0.0811	25800	0.3991	41400	0.1246	57000	0.0695
10500	0.0866	26100	0.3833	41700	0.1228	57300	0.0688
10800	0.0925	26400	0.3688	42000	0.1211	57600	0.0682
11100	0.0988	26700	0.3554	42300	0.1195	57900	0.0676
11400	0.1056	27000	0.3429	42600	0.1179	58200	0.0670
11700	0.1128	27300	0.3313	42900	0.1163	58500	0.0664

t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)
12000	0.1206	27600	0.3204	43200	0.1148	58800	0.0658
12300	0.1290	27900	0.3103	43500	0.1133	59100	0.0652
12600	0.1381	28200	0.3007	43800	0.1118	59400	0.0647
12900	0.1479	28500	0.2918	44100	0.1104	59700	0.0641
13200	0.1586	28800	0.2833	44400	0.1090	60000	0.0635
13500	0.1702	29100	0.2753	44700	0.1076	60300	0.0630
13800	0.1830	29400	0.2677	45000	0.1063	60600	0.0625
14100	0.1970	29700	0.2606	45300	0.1050	60900	0.0619
14400	0.2125	30000	0.2538	45600	0.1037	61200	0.0614
14700	0.2298	30300	0.2473	45900	0.1024	61500	0.0609
15000	0.2490	30600	0.2412	46200	0.1012	61800	0.0604
15300	0.2707	30900	0.2353	46500	0.1000		

Tabla 24.-Valores del hidrograma de cálculo en la cuenca A. Innominado 1 para el Tr=500 años

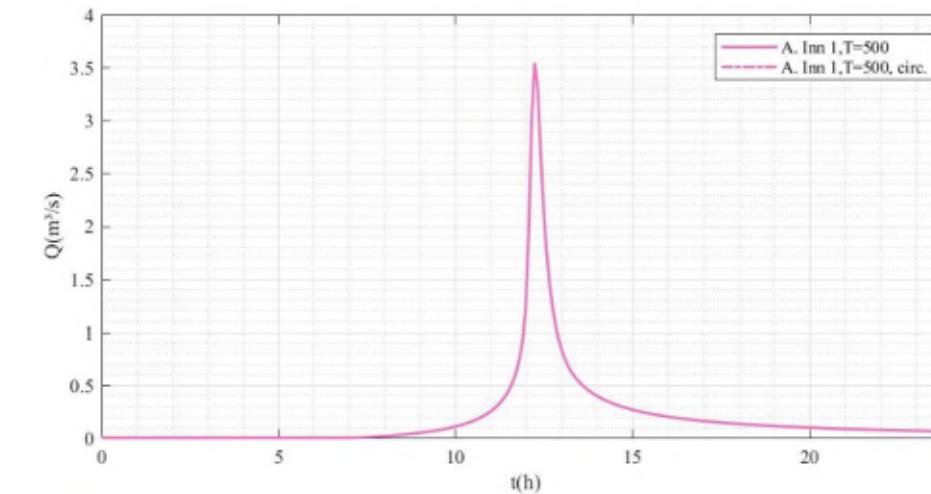


Imagen 6.-Gráfico del hidrograma de cálculo en la cuenca A. Innominado 1 para el Tr=500 años

2.3.2. CUENCA BARRANCO FUENTE DEL BERRACO

t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)
0	0.0000	15600	2.5388	31200	5.0246	46800	1.9517
300	0.0000	15900	2.7814	31500	4.8791	47100	1.9276
600	0.0000	16200	3.0535	31800	4.7427	47400	1.9040
900	0.0000	16500	3.3611	32100	4.6143	47700	1.8809
1200	0.0000	16800	3.7121	32400	4.4930	48000	1.8583
1500	0.0000	17100	4.1170	32700	4.3782	48300	1.8361
1800	0.0000	17400	4.5905	33000	4.2693	48600	1.8145
2100	0.0000	17700	5.1544	33300	4.1658	48900	1.7932
2400	0.0000	18000	5.8429	33600	4.0673	49200	1.7724
2700	0.0000	18300	6.7173	33900	3.9732	49500	1.7521
3000	0.0000	18600	7.9257	34200	3.8835	49800	1.7321
3300	0.0000	18900	9.9392	34500	3.7976	50100	1.7125
3600	0.0000	19200	12.8397	34800	3.7154	50400	1.6933

t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)	t(s)	Q(m³/s)
3900	0.0000	19500	16.5240	35100	3.6366	50700	1.6745
4200	0.0000	19800	20.9836	35400	3.5610	51000	1.6560
4500	0.0001	20100	25.7789	35700	3.4884	51300	1.6379
4800	0.0004	20400	29.8372	36000	3.4185	51600	1.6201
5100	0.0015	20700	32.6838	36300	3.3514	51900	1.6027
5400	0.0037	21000	34.2005	36600	3.2867	52200	1.5856
5700	0.0078	21300	34.5576	36900	3.2243	52500	1.5688
6000	0.0145	21600	33.7607	37200	3.1642	52800	1.5523
6300	0.0242	21900	32.2497	37500	3.1061	53100	1.5361
6600	0.0375	22200	30.0969	37800	3.0500	53400	1.5201
6900	0.0545	22500	27.4850	38100	2.9959	53700	1.5045
7200	0.0751	22800	25.0320	38400	2.9434	54000	1.4891
7500	0.0995	23100	22.8830	38700	2.8927	54300	1.4741
7800	0.1274	23400	20.9574	39000	2.8436	54600	1.4592
8100	0.1587	23700	19.2766	39300	2.7960	54900	1.4446
8400	0.1931	24000	17.7338	39600	2.7499	55200	1.4303
8700	0.2307	24300	16.3368	39900	2.7052	55500	1.4162
9000	0.2713	24600	15.0946	40200	2.6618	55800	1.4023
9300	0.3151	24900	13.9840	40500	2.6197	56100	1.3887
9600	0.3621	25200	13.0051	40800	2.5788	56400	1.3753
9900	0.4123	25500	12.1198	41100	2.5390	56700	1.3621
10200	0.4661	25800	11.3293	41400	2.5004	57000	1.3491
10500	0.5235	26100	10.6290	41700	2.4628	57300	1.3364
10800	0.5848	26400	9.9983	42000	2.4262	57600	1.3238
11100	0.6503	26700	9.4351	42300	2.3906	57900	1.3114
11400	0.7202	27000	8.9254	42600	2.3560	58200	1.2993
11700	0.7950	27300	8.4634	42900	2.3222	58500	1.2873
12000	0.8751	27600	8.0467	43200	2.2893	58800	1.2755
12300	0.9610	27900	7.6671	43500	2.2573	59100	1.2639
12600	1.0532	28200	7.3238	43800	2.2261	59400	1.2524
12900	1.1525	28500	7.0121	44100	2.1956	59700	1.2412
13200	1.2595	28800	6.7250	44400	2.1658	60000	1.2301
13500	1.3751	29100	6.4570	44700	2.1368	60300	1.2191
13800	1.5003	29400	6.2061	45000	2.1085	60600	1.2083
14100	1.6363	29700	5.9716	45300	2.0808	60900	1.1977
14400	1.7846	30000	5.7520	45600	2.0538	61200	1.1873
14700	1.9468	30300	5.5457	45900	2.0274	61500	1.1770
15000	2.1248	30600	5.3535	46200	2.0016	61800	1.1668
15300	2.3212	30900	5.1810	46500	1.9764		

Tabla 25.- Valores del hidrograma de cálculo en la cuenca Barranco Fuente del Berraco para el Tr=500 años

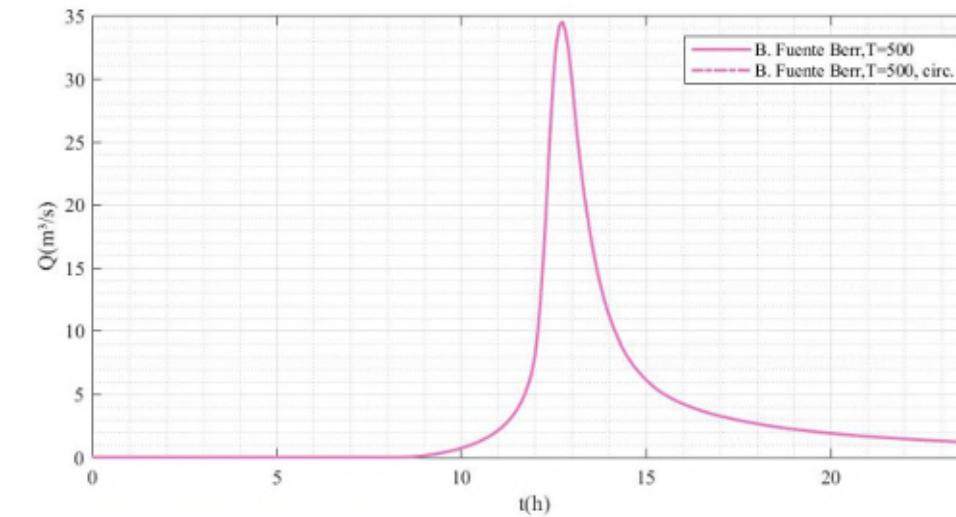


Imagen 59.-Gráfico del hidrograma de cálculo en la cuenca Barranco Fuente del Berraco para el Tr=500 años

APÉNDICE Nº2: METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD

1. INTRODUCCIÓN

Es reconocida la importancia de la tensión tangencial debida al rozamiento con el contorno en la estimación de las variables hidráulicas, así como que la incertidumbre en su parametrización es una importante fuente de error en la modelización de un tramo de río. Las pérdidas de carga por fricción en el cauce están relacionadas fundamentalmente con la composición del material del lecho, puesto que lo normal es que sobre el cauce no esté desarrollado ningún tipo de uso del suelo y, en aquellos casos en que exista, con la vegetación acuática o riparia. En cambio, en las llanuras de inundación, el territorio suele estar ocupado por usos diversos, por lo que las pérdidas de carga por fricción vendrán dadas en función de éstos.

La fricción por rozamiento se suele expresar en función de un coeficiente, de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

AUTOR	EXPRESIÓN S_f
Chèzy	$S_f = \frac{V^2}{C^2 R}$
Manning	$S_f = \frac{V^2 n^2}{R^{4/3}}$
Darcy	$S_f = \frac{f V^2}{8 R g}$

Tabla 26 –Formulación de S_f según diversos autores.

Siendo:

- S_f la pendiente de fricción.
- V la velocidad del flujo en la sección.
- R el radio hidráulico.
- C el coeficiente de Chèzy.
- n el número de Manning.
- f el coeficiente de resistencia de Darcy-Weisbach.

Dado que la tensión tangencial τ_0 en el perímetro mojado de la sección viene dada por la siguiente expresión:

$$\tau_0 = \gamma R S_f$$

Dónde:

- γ es el peso específico del agua.

Las ecuaciones de la tabla incluida anteriormente y, por tanto, los respectivos coeficientes de fricción, quedan relacionados según la expresión:

$$C = \frac{R^{1/6}}{n} = \sqrt{\frac{8g}{f}}$$

La mayoría de los modelos utiliza la fórmula de Manning para el cálculo de las pérdidas por rozamiento.

En los modelos bidimensionales, la pendiente de fricción se descompone según las ecuaciones:

$$S_{fx} = \frac{u \sqrt{u^2 + v^2} n^2}{h^{4/3}}$$

$$S_{fy} = \frac{v \sqrt{u^2 + v^2} n^2}{h^{4/3}}$$

Dónde:

- u y v son las componentes de la velocidad.
- h es el calado.
- n es el número de Manning en el punto de cálculo.

La validez de la fórmula de Manning ha sido, y es, objeto de gran debate en la literatura, especialmente a medida que se dispone de mayor cantidad de datos en cauces para su análisis. Como los modelos hidráulicos siguen utilizando esta fórmula para la estimación de las pérdidas de carga por fricción, la parametrización de la rugosidad sigue realizándose según los valores de n . En el caso de la parametrización de la rugosidad en el cauce, ésta viene determinada principalmente por su geometría, su pendiente y su granulometría. Para la determinación de la rugosidad en cauces existen gran cantidad de fórmulas, tanto relativas a la relación de la velocidad con los coeficientes de rugosidad, como a la formulación de las pérdidas de carga por fricción. En este apéndice se presentan algunas de las formulaciones más conocidas, así como recomendaciones para asignar la rugosidad a los distintos tramos del cauce en que se divide la zona de estudio. En el caso de la parametrización de la rugosidad en la llanura de inundación, el valor de n viene condicionado, fundamentalmente, por los usos del suelo, por lo que se necesitará disponer de información sobre los mismos y su evolución en la zona de estudio.

El objetivo es caracterizar el valor de la rugosidad en una serie de polígonos definidos en la zona de estudio. Por un lado, se tendrán los polígonos de usos del suelo en la zona inundable, y por otro lado los polígonos correspondientes a distintos tramos a lo largo del cauce. Los polígonos de usos del suelo se obtendrán a partir de la información más reciente y más detallada disponible, siendo la del Sistema de Información de Ocupación del Suelo de España (SIOSE) y el CORINE LAND COVER 2000-2006 las bases a utilizar a falta de otra información de mayor detalle. Además, será necesaria la información de cambios de uso del suelo en los casos en los que la modelización hidráulica así lo requiera. Los polígonos del cauce se corresponderán con lo definido en el análisis histórico y geomorfológico. Los distintos tramos a lo largo del cauce se identificarán en función de las características geométricas de las secciones transversales, la pendiente, y la composición del lecho y las márgenes, en términos del tamaño de los sedimentos y del tipo de vegetación.

La caracterización de la rugosidad requiere, por tanto, el conocimiento de la vegetación presente en la llanura de inundación y en el cauce. En la llanura de inundación, a partir de los polígonos de usos del suelo, se pueden identificar los polígonos con vegetación y asignarles un valor de rugosidad en función del tipo y de la densidad de la misma, la cual se podrá determinar mediante observaciones realizadas en visitas a campo y mediante la información cartográfica disponible. En el cauce, la vegetación tiene una influencia considerable en las pérdidas de carga de fricción. Generalmente, en el cauce se identifican zonas de vegetación continua cuya contribución a la rugosidad total se puede estimar a partir de tablas o en función de las características de la misma (densidad, rigidez de los tallos, etc.). Para poder tener en cuenta las pérdidas de carga debidas a la vegetación del cauce será necesario diferenciar en el cauce los polígonos correspondientes a la misma.

Es importante tener en cuenta el sistema de unidades de medida del coeficiente de rugosidad de Manning. El factor de conversión es el siguiente:

$$n(E) = 1,49 n(SI)$$

Dónde:

- $n(E)$ es el número de Manning en el sistema anglosajón de unidades de medida.
- $n(SI)$ es el número de Manning en las unidades del Sistema Internacional ($s/m^{1/3}$).

2. RUGOSIDAD EN LA LLANURA DE INUNDACIÓN

Como ya se ha comentado, la rugosidad en la llanura de inundación depende fundamentalmente de los usos del suelo presentes en la misma. En la literatura se puede encontrar un amplio repertorio de estimaciones de los coeficientes de rugosidad en función de la actividad desarrollada sobre la zona inundable. Estas estimaciones están referidas normalmente al número de Manning y, por lo general, toman valores que pueden variar dentro de unos rangos.

La información relativa a los usos del suelo debe ser representada cartográficamente de tal forma que se puedan asignar los valores del coeficiente de rugosidad a los polígonos que definen los usos. Es importante tener en cuenta la fecha para la cual se definen los usos del suelo, ya que las variaciones en los mismos pueden afectar a la rugosidad. La ortofoto suministrada con el modelo digital del terreno (MDT) del LIDAR permite identificar y definir los usos del suelo en el momento en que fue tomada.

Con información de partida sobre los usos del suelo se recomienda la utilización del Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE) llevado a cabo por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). Se trata de una capa de información en formato SIG que ofrece una delimitación muy exacta de los polígonos de ocupación del suelo a escala 1:25.000. Las posibles ocupaciones del suelo vienen dadas por una clasificación de usos simples (cuando éstos sean únicos en el polígono) y compuestos (cuando éstos se encuentren formados por dos o más usos simples y/o compuestos a su vez) que pueden llevar atributos asociados. En función del tipo de combinación, el uso compuesto será asociación o mosaico. La asociación es la combinación de usos que se encuentran entremezclados sin distribución geométrica ordenada. El mosaico es la combinación de usos cuya distribución geométrica y separación entre ellos es claramente perceptible.

En el caso de no disponer del SIOSE podría utilizarse la información proporcionada por el proyecto europeo CORINE LAND COVER cuya última versión se basa en información del año 2006 (CLC2006). Esta cartografía está realizada a escala 1:100.000 y agrupa los usos del suelo en cuatro grandes grupos, que corresponden a:

- Zonas artificiales.
- Zonas agrícolas.
- Bosques y áreas seminaturales.
- Zonas húmedas y superficies de agua.

A pesar de su escala, los polígonos definidos en el CLC suelen encajar bastante bien, en líneas generales, con los usos del suelo que se identifican en la ortofoto, aunque en ocasiones pueden darse discrepancias debidas a posibles cambios con el tiempo, a errores en la delimitación o a errores en la definición del CLC. En estos casos, será necesario delimitar nuevos polígonos, o modificar los ya existentes, de tal forma que los usos del suelo de la ortofoto queden bien reflejados.

Del análisis comparativo entre el SIOSE y el CLC se desprende que la información recogida por el SIOSE tiene una mejor resolución, un mayor detalle y está más actualizada. Sin embargo, la clasificación de usos del suelo del CLC2000 es más detallada a la hora de definir las zonas agrícolas, bosques y áreas seminaturales.

Las ediciones del CLC de los años 2000 y 2006 (CLC2000 y CLC2006) incluyen información sobre polígonos de cambio de uso del suelo con respecto a la edición anterior. Es aconsejable examinar si en la zona de estudio se han producido cambios con el objeto de poder tenerlos en cuenta, en caso necesario, en la modelización hidráulica.

Asimismo, se recomienda el estudio en detalle de las fotografías existentes sobre las avenidas históricas documentadas que vayan a ser utilizadas en la fase de calibración del modelo hidráulico, con objeto de identificar las posibles diferencias en los usos del suelo respecto a la situación actual.

El modelo digital de superficies (MDS) del LIDAR puede servir también como fuente de información a la hora de definir los usos del suelo ya que sobre él se pueden distinguir las edificaciones, las vías de comunicación, los elementos singulares, etc. En este sentido, la comparación del MDS con una planimetría facilita la identificación de posibles cambios de uso del suelo.

A continuación, se presenta la tabla de coeficientes de rugosidad de Manning desarrollada en la Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. En ésta se ha llevado a cabo la asignación de un coeficiente orientativo a los usos del suelo del SIOSE y del CLC2000 (se ha realizado este último ya que su clasificación de usos tiene mayor detalle que la versión más actualizada del 2006). Es importante tener en cuenta que pueden darse variaciones de los valores asignados en torno a un 5-10%. Estas variaciones principalmente se deberán a la densidad de la vegetación y de las edificaciones, de manera que en zonas con bajas densidades puede ser necesario reducir los valores asignados de forma orientativa. Es posible estimar la densidad de la vegetación y de las edificaciones a partir de:

- La ortofoto y el MDS del LIDAR (para la estimación de la densidad de la vegetación).
- La ortofoto, el MDS de LIDAR y la planimetría disponible (para la estimación de la densidad de edificaciones).

Valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelo del SIOSE y CLC2000.												
Clasificación de usos del suelo del SIOSE			n		Clasificación de usos del suelo del CORINE (2000)							
Artificial Compuesto	Urbano mixto	Casco	0,1	0,09	Tejido urbano continuo	Tejido urbano	Zonas artificiales					
	Cobertura artificial	Edificación			Estructura urbana abierta							
		Otras construcciones			Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas							
	Urbano mixto	Ensanche			Zonas industriales	Zonas industriales y comerciales (granjas agrícolas)						
		Discontinuo										
		Industrial										
		Polígono industrial ordenado										
	Primario	Piscifactoría			Polígono industrial sin ordenar							
					Industria aislada							
	Infraestructuras	Energía										
		Eólica										
		Solar										
		Nuclear										
		Eléctrica										
		Térmica										
		Hidroeléctrica										

Valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelo del SIOSE y CLC2000.					
Clasificación de usos del suelo del SIOSE			n	Clasificación de usos del suelo del CORINE (2000)	
Cobertura artificial	Terciario	Gaseoducto / oleoducto			
		Telecomunicaciones			
		Suministro de agua	Depuradoras y potabilizadoras		
		Desalinizadoras			
	Equipamiento / dotacional	Comercial y oficinas			
		Complejo hotelero			
		Parque recreativo			
		Administrativo institucional			
		Sanitario			
		Cementerio			
	Infraestructuras	Educación			
		Penitenciario			
	Cobertura artificial	Religioso			
		Cultural			
Artificial compuesto	Infraestructura	Residuos	Plantas de tratamiento		
		Vial, aparcamiento o zona peatonal sin vegetación			
		Red viaria			
		Complejos ferroviarios			
		Zonas portuarias			
Cobertura artificial	Transporte	Portuario			
		Aeroportuario			
Artificial compuesto	Zonas de extracción o vertido				
	Primario	Minero extractivo			
Cobertura artificial		Infraestructuras	Residuos		
		Vertederos y escombreras			
Cobertura artificial	Suelo no edificado				
	Zona verde artificial y arbolado urbano				
Artificial compuesto	Primario	Forestal			
		Camping			
	Terciario	Parque Urbano			

Valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelo del SIOSE y CLC2000.						
Clasificación de usos del suelo del SIOSE			n	Clasificación de usos del suelo del CORINE (2000)		
Cultivos	Equipamiento / dotacional	Deportivo		Resto de instalaciones deportivas y recreativas		
		Campo de golf	0,035	Campos de golf		
	Cultivos	Cultivos herbáceos	0,04	Tierras de labor en secano (tierras abandonadas / barbechos)		
				Cultivos herbáceos en regadío		
		Arroz		Otras zonas de irrigación		
				Arrozales		
	Cultivos	Cultivos leñosos	0,05	Viñedos en secano		
				Viñedos en regadío		
		Cultivos leñosos	0,06	Frutales en secano		
				Cítricos		
		Olivar	0,035	Frutales tropicales		
				Otros frutales ne regadío		
Praderas	Cultivos permanentes	Prados	0,035	Olivares en secano		
				Olivares en regadío		
		Olivar		Prados y praderas (pastos en tierras abandonadas, prados arboreados)		
				Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano		
		Artificial compuesto	0,035-0,05	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío		
	Primario			Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano		
				Mosaico de cultivos (Mosaico de cultivos con casas dispersas)		
	Agrícola / ganadero	Primario		Zonas agrícolas heterogéneas		
				Zonas agrícolas heterogéneas		

Valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelos del SIOSE y CLC2000.						
Clasificación de usos del suelo del SIOSE			n	Clasificación de usos del suelo del CORINE (2000)		
Artificial compuesto	Primario	Agrícola / ganadero		Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadio Mosaico de cultivos permanentes en regadio Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadio Mosaico de cultivos (Mosaico de cultivos con casas dispersas)	Mosaico de cultivos en regadio	Zonas agrícolas
Huertas familiares			0,035	0,04	0,04	Zonas agrícolas
Dehesa			0,035-0,05	0,05	0,04	Zonas agrícolas
Arbolado forestal	Frondosas	Frondosas caducifolias	0,06	Pastizales, prados o praderas con arbolado adehesado Cultivos agrícolas con arbolado adehesado Bosque mixto Perennifolias Caducifolias y marcescentes Otras frondosas de plantación Mezclas de frondosas Laurisilva macaronésica Bosques de ribera Bosques de coníferas de hojas aciculares Bosques de coníferas de hojas de tipo cupresáceo	Sistemas agro-forestales	Bosques y áreas seminaturales
Pastizal	Coníferas	Frondosas perennifolias	0,07			Bosques y áreas seminaturales
			0,035	Pastizales supraforestales templado – oceánicos, pirenaicos y orocantábricos Pastizales supraforestales mediterráneos Otros pastizales templado oceánicos Otros pastizales mediterráneos	Pastizales supraforestales Otros pastizales	Matorrales y/o asociaciones de vegetación herbácea

Valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelos del SIOSE y CLC2000.						
Clasificación de usos del suelo del SIOSE			n	Clasificación de usos del suelo del CORINE (2000)		
Matorral			0,055-0,07	0,06	Landas y matorrales en climas húmedos. Vegetación mesófila	Landas y matorrales mesófilos
			0,06	Fayal – brezal macaronésico	Landas y matorrales mesófilos	
			0,065	Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso	Matorrales esclerófilos mediterráneos	Vegetación esclerófila
			0,055	Matorrales subarbustivos o arbustivos muy poco densos		Matorrales y/o asociaciones de vegetación herbácea
			0,06	Matorrales xerófilos macaronésicos		
			0,07	Matorral boscoso de frondosas Matorral boscoso de coníferas Matorral boscoso de bosque mixto	Matorral bosco de transición (claras de bosques / zonas empantanadas fijas o en transición)	
			0,025	Playas y dunas	Playas, dunas y arenas	
			0,035	Ramblas con poca o sin vegetación		
			0,025	Rocas desnudas con poca o sin vegetación		
			0,025	Afloramientos rocosos y canchales		
			0,025	Coladas lávicas cuaternarias		
			0,03	Xeroestepa subdesértica		
			0,03	Cáravacas y/o zonas en proceso de erosión		
			0,03	Espacios orófilos altitudinales con vegetación escasa	Espacios con vegetación escasa	
			0,04	Humedales y zonas pantanosas (zonas pantanosas sin árboles y de transición, en ocasiones con una turbera de más de 30 cm de espesor)	Zonas húmedas continentales	Zonas húmedas
			0,04	Marismas		
			0,04	Zonas llanas intermareales		
			0,04	Salinas	Zonas húmedas litorales	
			0,05	Canales artificiales	Cursos de aguas	
			0,04	Ríos y cauces naturales		
			0,025	Lagos y lagunas	Láminas de agua	
			0,025	Embalses		

Valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelo del SIOSE y CLC2000.						
Clasificación de usos del suelo del SIOSE		n	Clasificación de usos del suelo del CORINE (2000)			
Cobertura artificial	Lámina de agua artificial					
Cubiertas de agua	Aguas marinas	Lagunas costeras	Lagunas costeras	Estuarios	Aguas Marinas	
		Estuarios				
		Mares y océanos		Mares y océanos		

Tabla 27 –Valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelos del SIOSE y CLC2000.

En caso contrario, se podrán realizar salidas de campo para mejorar la estimación de la densidad de la vegetación.

El valor del coeficiente de rugosidad de Manning en el caso de los usos compuestos de tipo mosaico (regular e irregular) y de las asociaciones del SIOSE, se obtendrá como media de los números de Manning correspondientes a los usos simples que los integran ponderados según los porcentajes de superficie en los que están presentes.

Por lo general, se aconseja realizar la modelización hidráulica en base a la información más reciente sobre usos del suelo en el tramo de estudio, a menos que se tenga información suficiente como para plantear un escenario diferente. Por otra parte, durante el proceso de calibración del modelo hidráulico, puede ser de interés simular una avenida ocurrida en el pasado cuando el escenario de usos del suelo era diferente. En la medida de lo posible, se procederá a la modelización hidráulica de los caudales de la avenida bajo dicho escenario.

La capa de polígonos de usos del suelo con sus correspondientes valores del coeficiente de rugosidad de Manning se puede introducir como una capa adicional de información en algunos modelos, de tal forma que los valores de la rugosidad se incorporen automáticamente al modelo. En esta capa habrá que incluir también los polígonos correspondientes al cauce.

3. RUGOSIDAD DEL CAUCE

Los valores de los coeficientes de fricción en el cauce vienen dados por la resistencia al flujo ejercida por los sedimentos que conforman el lecho y las márgenes del río y por la vegetación. Existe una gran variedad de métodos para estimar coeficientes de fricción que han sido obtenidos a partir de experimentos con modelos reducidos o prototipos que simulan distintas configuraciones del cauce. Como se ha visto anteriormente, el uso de la fórmula de Manning, que relaciona la velocidad del flujo con el coeficiente de fricción o rugosidad, está muy generalizado en la modelización hidráulica. La rugosidad en el cauce no puede estimarse sólo con la información sobre usos del suelo, ya que en su valor también influye, por ejemplo, la granulometría del lecho, la vegetación, etc. De esta forma, es necesario estimarlo y, siempre que sea posible, calibrarlo en base a datos reales de flujo de caudales.

Entre los procedimientos a aplicar se encuentra el método de Cowan. El Soil Conservation Service (SCS) propone el método de Cowan (Cowan, 1956) para la estimación de la rugosidad en cauces. Este método se basa en la estimación de un valor inicial de la rugosidad y su posterior modificación, según unos valores correctores, para obtener un valor final de la rugosidad. El US Geological Survey (USGS) modifica el método de Cowan y lo publica en una guía para la selección de la rugosidad del cauce como método de Cowan modificado (Arcement y Schneider, 1990). Este método expresa el coeficiente de rugosidad como:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) n_5$$

ESTUDIOS DE PARÁMETROS BÁSICOS:

Hidráulica → RUGOSIDAD

$$Q = V * S \quad V = \frac{I_0^{1/2} R_h^{2/3}}{n}$$

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * n_5$$

n0: valor base para cauces rectos y uniformes.

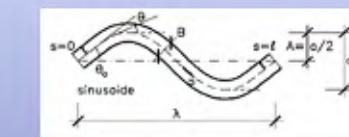
n1: valor adicional por la irregularidad en la sección recta.

n2: valor adicional por variaciones en el cauce.

n3: valor adicional por obstrucciones.

n4: valor adicional por vegetación.

n5: factor multiplicador por sinuosidad.



IMPRESCINDIBLE → justificación del valor adoptado, utilizando sobretodo documentación gráfica (ortofotos, coberturas de rugosidad, reportaje fotográfico etc.) → SIG

Tipo de cauce y descripción	Valor de <i>n</i>		
	Mínimo	Normal	Máximo
A. Conductos cerrados que fluyen parcialmente llenos			
A1) Metal			
a) Latón liso	0.009	0.010	0.013
b) Acero Estriado y soldado	0.010	0.012	0.014
Ribeteado y en espiral	0.013	0.016	0.017
c) Hierro fundido Recubierto	0.010	0.013	0.014
No recubierto	0.011	0.014	0.016
d) Hierro forjado Negro	0.012	0.014	0.015
Galvanizado	0.013	0.016	0.017
e) Metal corrugado Subdrenaje	0.017	0.019	0.021
Drenaje de aguas lluvias	0.021	0.024	0.030
A2) No metal			
a) Lucita	0.008	0.009	0.010
b) Vidrio	0.009	0.010	0.013
c) Cemento Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
Mortero	0.011	0.013	0.015
d) Concreto Alcantarilla, recta y libre de basuras.	0.010	0.011	0.013
Alcantarilla con curvas, conexiones y algo de basuras.	0.011	0.013	0.014
Bien terminado.	0.011	0.012	0.014
Alcantarillado de aguas residuales, con pozos de inspección, entradas, etc., recto.	0.013	0.015	0.017
Sin pulir, formaleta y encofrado metálico.	0.012	0.013	0.014
Sin pulir, formaleta y encofrado en madera lisa.	0.012	0.014	0.016
Sin pulir, formaleta o encofrado en madera rugosa.	0.015	0.017	0.020
e) Madera Machihembrada	0.010	0.012	
Laminada, tratada	0.015	0.017	
f) Arcilla Canaleta común de baldosas.	0.011	0.013	0.017
Alcantarilla vitrificada.	0.011	0.014	0.017
Alcantarilla vitrificada con pozos de inspección, entradas, etc.	0.013	0.015	0.017
Subdrenaje vitrificado con juntas abiertas.	0.014	0.016	0.018

g) Mampostería en ladrillo Barnizada o lacada Revestida con mortero de cemento	0.011 0.012	0.013 0.015	0.015 0.017
h) Alcantarillados sanitarios recubiertos con limos y babas de aguas residuales, con curvas y conexiones.	0.012	0.013	0.016
i) Alcantarillado con batea pavimentada, fondo liso.	0.016	0.019	0.020
j) Mampostería de piedra, cementada.	0.018	0.025	0.030
B) Canales revestidos o desarmables			
B1) Metal			
a) Superficie lisa de acero Sin pintar	0.011	0.012	0.014
Pintada	0.012	0.013	0.017
b) Corrugado	0.021	0.025	0.030
B2) No metal			
a) Cemento Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
Mortero	0.011	0.013	0.015
b) Madera Cepillada, sin tratar.	0.010	0.012	0.014
Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
Láminas con listones.	0.012	0.015	0.018
Forrada con papel impermeabilizante	0.010	0.014	0.017
c) Concreto Terminado con llana metálica (palustre)	0.011	0.013	0.015
Terminado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
Pulido, con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.020
Sin pulir.	0.014	0.017	0.020
Lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
Lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
Sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	
d) Fondo de concreto terminado con llana de madera y con lados de:			
Piedra labrada, en mortero.	0.015	0.017	0.020
Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.017	0.020	0.024
Mampostería de piedra cementada, recubierta	0.016	0.020	0.024
Mampostería de piedra cementada	0.020	0.025	0.030
Piedra suelta o riprap	0.029	0.030	0.035
e) Fondo de gravas con lados de:			
Concreto encofrado	0.017	0.020	0.025
Piedra sin seleccionar, sobre mortero.	0.020	0.023	0.026
Piedra suelta o riprap	0.023	0.033	0.036

f) Ladrillo Barnizado o lacado En mortero de cemento	0.011 0.012	0.013 0.015	0.015 0.018
g) Mampostería Piedra partida cementada Piedra suelta o riprap	0.017 0.023	0.025 0.032	0.030 0.035
h) Bloques de piedra labrados	0.013	0.015	0.017
i) Asfalto Liso Rugoso	0.013 0.016	0.013 0.016	
j) Revestimiento vegetal	0.030	...	0.500
C. Excavado o dragado			
a) En tierra, recto y uniforme Limpio, recientemente terminado Limpio, después de exposición a la intemperie. Con gravas, sección uniforme, limpio. Con pastos cortos, algunas malezas.	0.016 0.018 0.022 0.022	0.018 0.022 0.025 0.027	0.020 0.025 0.030 0.033
b) En tierra, serpenteante y lento Sin vegetación. Pastos, algunas malezas. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos. Fondo en tierra con lados en piedra. Fondo pedregoso y bancas con maleza. Fondo en cantos rodados y lados limpios.	0.023 0.025 0.030 0.028 0.025 0.030	0.025 0.030 0.035 0.030 0.035 0.040	0.030 0.033 0.040 0.035 0.040 0.050
c) Excavado con pala o dragado Si vegetación. Matorrales ligeros en las bancas.	0.025 0.035	0.028 0.050	0.033 0.060
d) Cortes en roca Lisos y uniformes. Afilados e irregulares.	0.025 0.035	0.035 0.040	0.040 0.050
e) Canales sin mantenimiento, malezas y matorrales sin cortar Malezas densas, tan altas como la profundidad del flujo. Fondo limpio, matorrales en los lados. Igual, nivel máximo del flujo. Matorrales densos, nivel alto	0.050 0.040 0.045 0.080	0.080 0.050 0.070 0.100	0.120 0.080 0.110 0.140

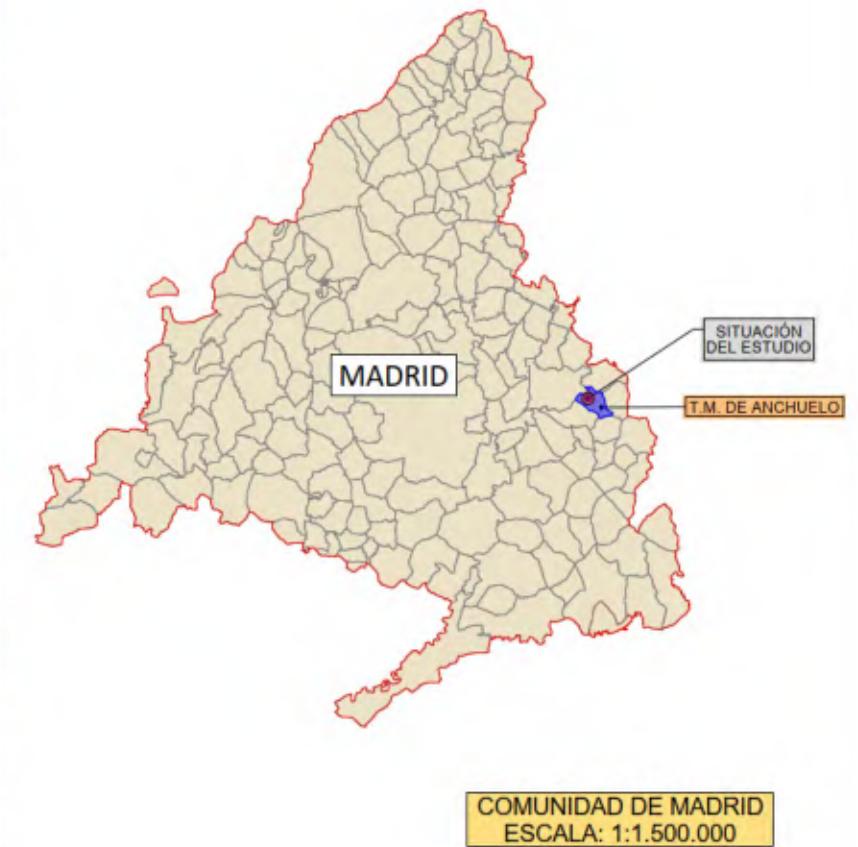
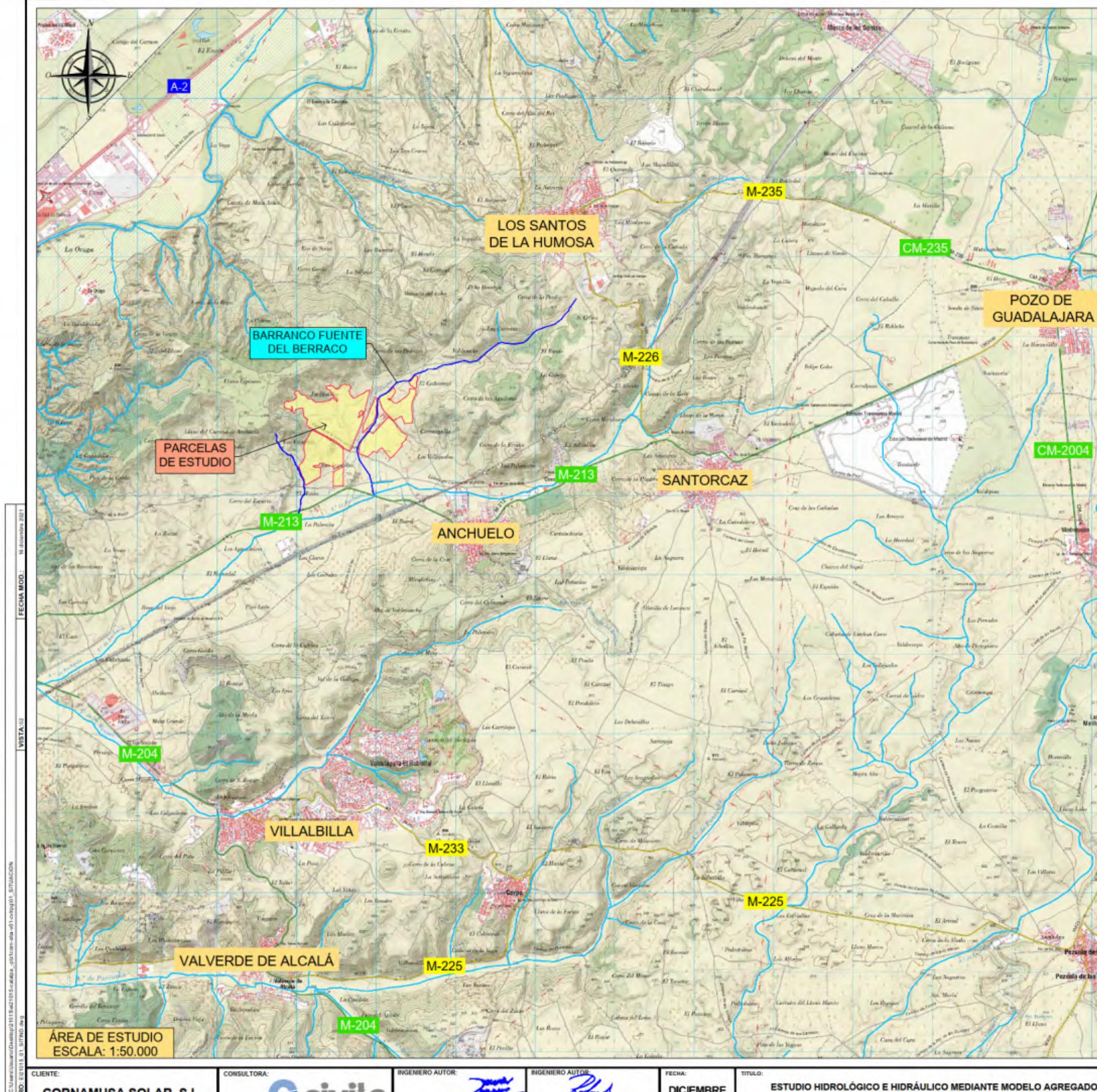
D. Cauces naturales menores (ancho superior a nivel de crecida menor que 30 m)			
D1) Cauces en planicie			
1) Limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2) Igual que arriba pero más piedras y pastos	0.030	0.035	0.040
3) Limpio, curvado, algunos pozos y bancos	0.033	0.040	0.045
4) Igual que arriba pero algunos pastos y piedras	0.035	0.045	0.050
5) Igual que arriba, niveles más bajos, pendiente y secciones más inefectivas	0.040	0.048	0.055
6) Igual que 4, pero más piedras	0.045	0.050	0.060
7) Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8) Tramos con muchos pastos, pozos profundos o recorridos de la crecida con mucha madera o arbustos bajos	0.075	0.100	0.150
D2) Cauces de montaña, sin vegetación en el canal, laderas con pendientes usualmente pronunciadas, árboles y arbustos a lo largo de las laderas y sumergidos para niveles altos			
1) Fondo: grava, canto rodado y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2) Fondo: canto rodado y algunas rocas	0.040	0.050	0.070
E) Cauces con planicie crecida			
1) Pastos, sin arbustos			
• Pastos cortos	0.025	0.030	0.035
• Pastos altos	0.030	0.035	0.050
2) Áreas cultivadas			
• Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
• Cultivos maduros alineados	0.025	0.035	0.045
• Campo de cultivos maduros	0.030	0.040	0.050
3) Arbustos			
• Arbustos escasos, muchos pastos	0.035	0.050	0.070
• Pequeños arbustos y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
• Pequeños arbustos y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
• Arbustos medianos a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
• Arbustos medianos a densos, en verano	0.070	0.100	0.160

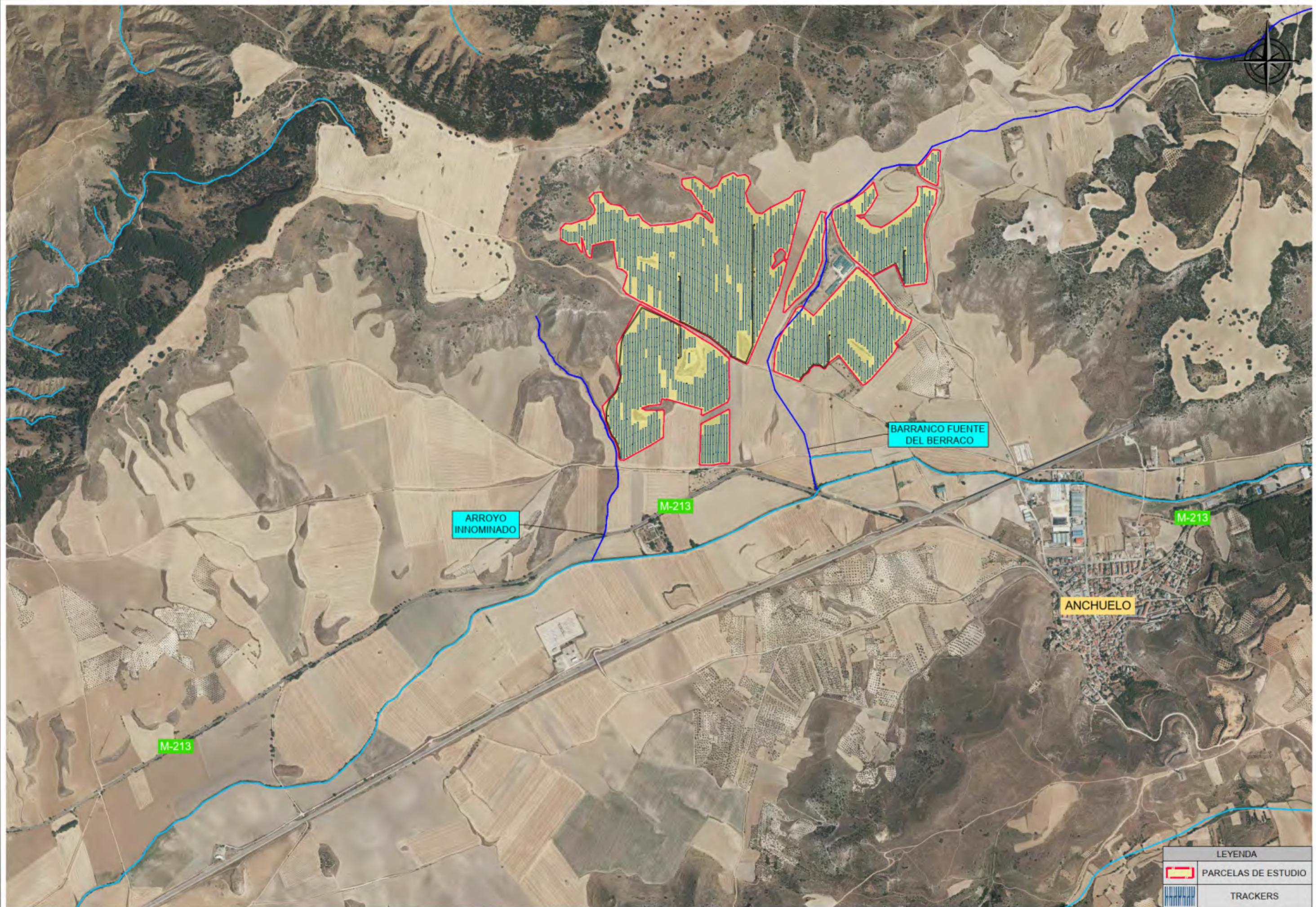
4) Arboles			
• Sauces densos, en verano, y rectos	0.110	0.150	0.200
• Tierra clara con ramas, sin brotes	0.030	0.040	0.050
• Igual que arriba pero con gran crecimiento de brotes	0.050	0.060	0.080
• Grupos grandes de madera, algunos árboles caídos, poco crecimiento inferior y nivel de la inundación por debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
• Igual que arriba, pero con el nivel de inundación alcanzando las ramas	0.100	0.120	0.160
F) Cursos de agua importantes (ancho superior a nivel de inundación mayor que 30 m). Los valores de n son menores que los de los cursos menores de descripción similar, ya que las bancas ofrecen menor resistencia efectiva.			
1) Sección regular sin rocas y arbustos	0.025	-	0.060
2) Sección irregular y áspera	0.035	-	0.100

Efecto	Factor	Condición	Valor	Comentario
Irregularidad en la sección recta	n_1	Suave Pequeña Moderada Fuerte	0 0.001 - 0.005 0.006 - 0.010 0.011 - 0.020	Canal muy liso Bancas algo erosionadas Lecho y bancas rugosas Bancas muy irregulares
Variaciones en el cauce	n_2	Gradual Alternado ocasionalmente Alternando frecuentemente	0 0.001 - 0.005 0.010 - 0.015	Cambios graduales Cambios ocasionales de secciones pequeñas a grandes Cambios frecuentes en la forma de la sección recta
Obstrucciones	n_3	Despreciables Pocas Algunas Muchas	0 - 0.004 0.005 - 0.015 0.020 - 0.030 0.040 - 0.060	Obstrucción menor que el 5% de la sección recta Obstrucción entre el 5% y el 15% de la sección recta Obstrucción entre el 15% y el 50% de la sección Obstrucción mayor que el 50%
Vegetación	n_4	Poca Mucho Bastante Excesiva	0.002 - 0.010 0.010 - 0.025 0.025 - 0.050 0.050 - 0.100	Profundidad del flujo mayor que 2 veces la altura de la vegetación Profundidad del flujo mayor que la altura de vegetación Profundidad del flujo menor que la altura de vegetación Profundidad del flujo menor que 0.5 la altura de la vegetación
Sinuosidad	n_5	Pequeña Media Fuerte	1.00 1.15 1.30	Sinuosidad < 1.2 1.2 < sinuosidad < 1.5 Sinuosidad > 1.5

APÉNDICE Nº3: PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS	
Nº PLANO	DESIGNACIÓN
1	SITUACIÓN E ÍNDICE
2	IMPLANTACIÓN
3	CUENCAS HIDROGRÁFICAS
4	UMBRAL DE ESCORRENTÍA
5	MODELO DIGITAL DEL TERRENO
6	RUGOSIDAD
7	INVENTARIO DE OBRAS DE DRENAJE
8	INUNDABILIDAD
8.1.1	MAPA DE CALADOS MÁXIMOS MCO (T5)
8.1.2	MAPA DE CALADOS MÁXIMOS T100
8.1.3	MAPA DE CALADOS MÁXIMOS T500
8.1.4	MAPA DE CALADOS MÁXIMOS T500 > 0,5 m.
8.2.1	MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS MCO (T5)
8.2.2	MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS T100
8.2.3	MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS T500
9	DPH Y ZONAS DE PROTECCIÓN
9.1	DPH, ZONA DE SERVIDUMBRE Y ZONA DE POLICÍA
9.2	DETERMINACIÓN DE ZONA DE FLUJO PREFERENTE
9.2.1	ZONA DE INUNDACIÓN PELIGROSA
9.2.2	VÍA DE INTENSO DESAGÜE
9.2.3	ZONA DE FLUJO PREFERENTE
10	DETERMINACIÓN DE LA ENVOLVENTE DE ZONAS LIMITANTES
10.1	ZONAS LIMITANTES
10.2	ENVOLVENTE DE ZONAS LIMITANTES
11	DETALLE DE SEGUIDORES





LEYENDA	
	PARCELAS DE ESTUDIO
	TRACKERS

CLIENTE:
CORNAMUSA SOLAR, S.L.

CONSULTORA:
ecivite

INGENIERO AUTOR:

Javier Merino Crespo
Ingeniero Agrícola, N° Colegiado 2.362
Ingeniero Civil, N° Colegiado 18.618

INGENIERO AUTOR:

Rafael Ordóñez Fernández
Ingeniero de Minas, N° Colegiado 4.748
Ingeniero Civil, N° Colegiado 28.212

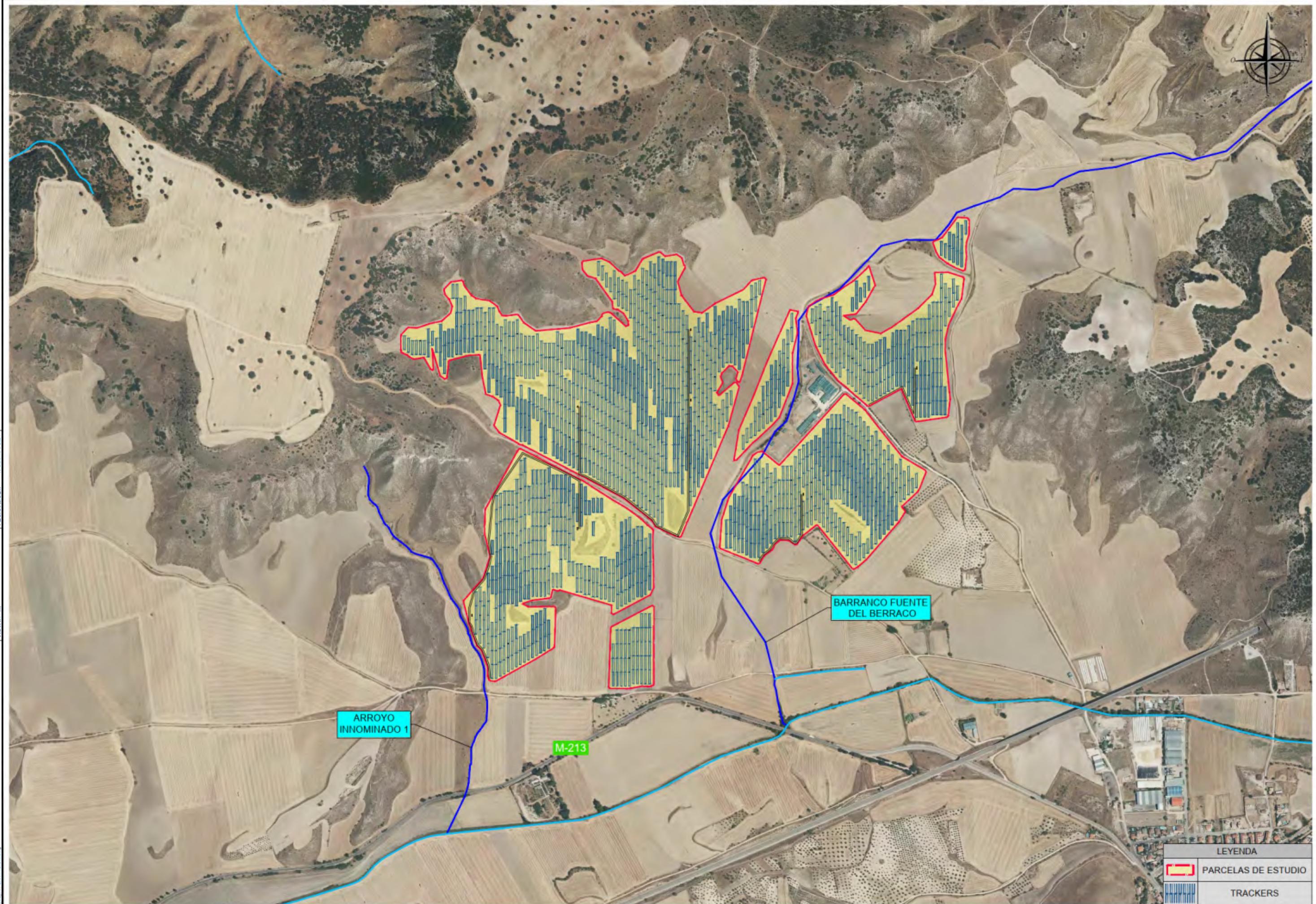
FECHA:
DICIEMBRE 2021

TÍTULO:
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO MEDIANTE MODELO AGREGADO DE LOS CAUCES Afectados por la PSV CORNAMUSA SOLAR, TT.MM. DE ANCHUELO (MADRID)

ESCALA:
0 150 300
Escala 1:15.000
FORMATO ORIGINAL UNE A-3

DESIGNACIÓN:
IMPLEMENTACIÓN GENERAL

Nº DE PLANO:
2.1
HOJA 1 DE 1



CLIENTE:
CORNAMUSA SOLAR, S.L.

CONSULTORA:
ecivile

INGENIERO AUTOR:

Javier Merino Crespo
Ingeniero Agrícola, N° Colegiado 2.362
Ingeniero Civil, N° Colegiado 18.618

INGENIERO AUTOR:

Rafael Ordóñez Fernández
Ingeniero de Minas, N° Colegiado 4.748
Ingeniero Civil, N° Colegiado 28.232

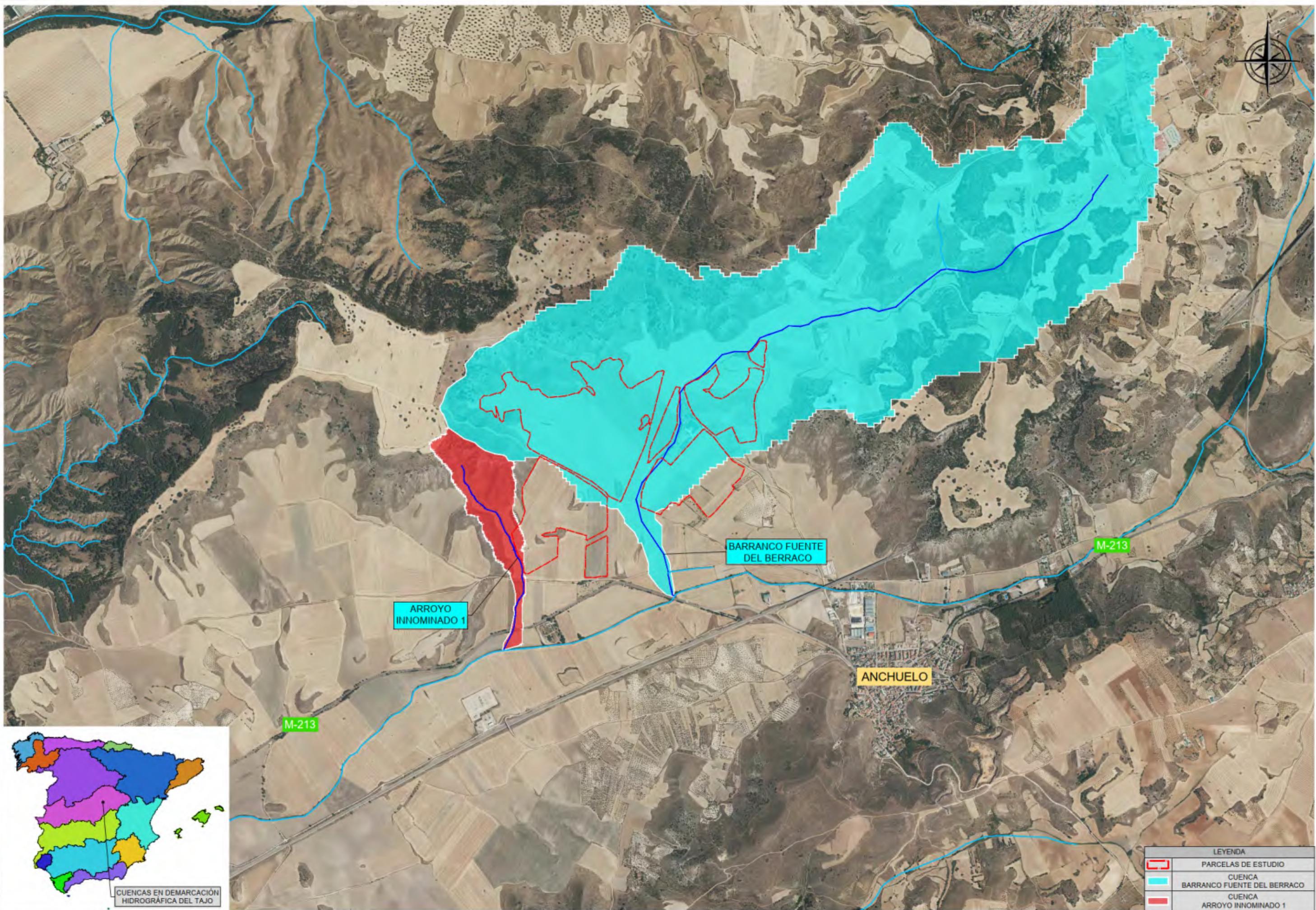
FECHA:
DICIEMBRE 2021

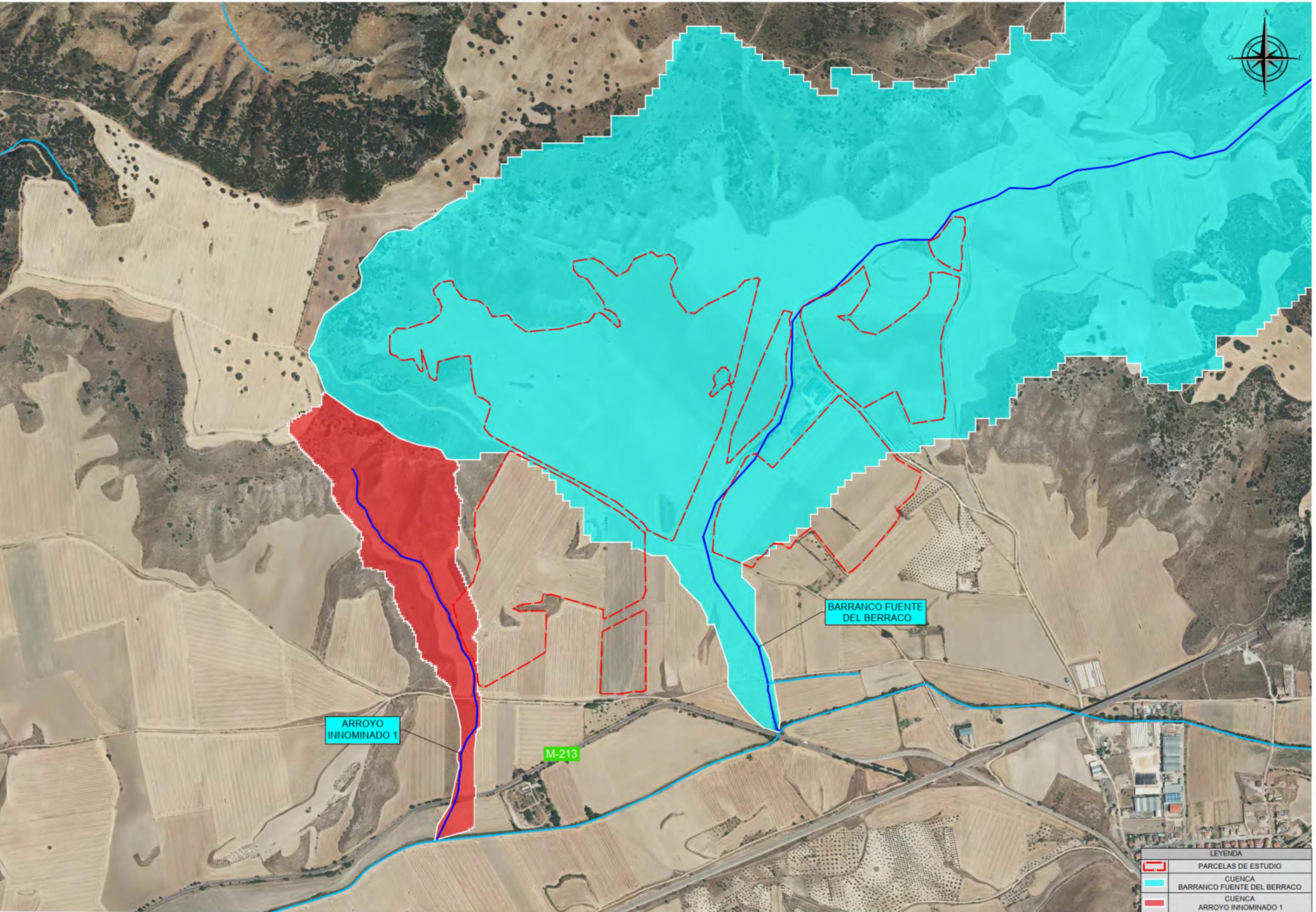
TÍTULO:
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO MEDIANTE MODELO AGREGADO DE LOS CAUCES Afectados por la PSF CORNAMUSA SOLAR, TT.MM. DE ANCHUELO (MADRID)

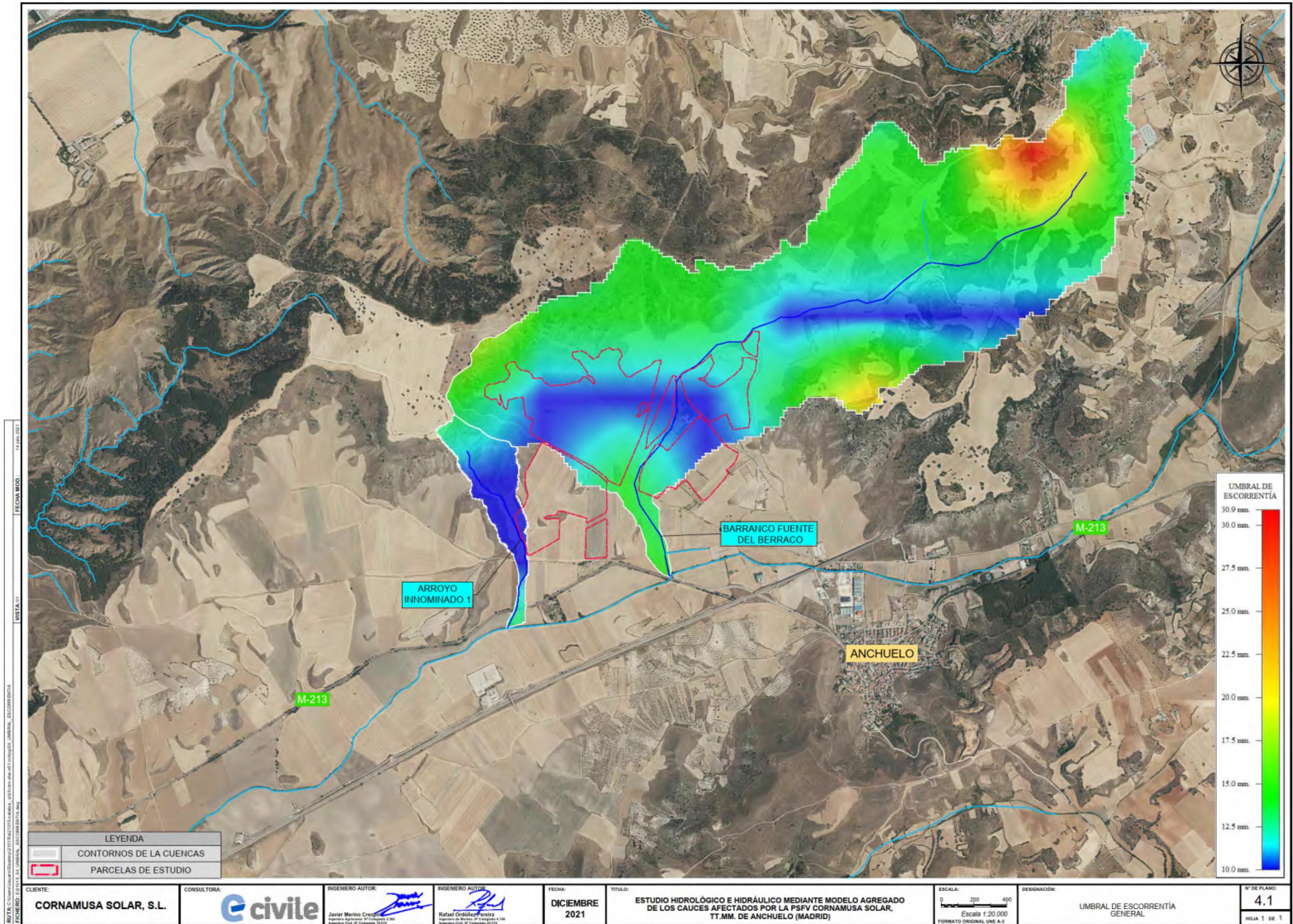
ESCALA:
0 50 100 200
Escala 1:10.000
FORMATO ORIGINAL UNE A-3

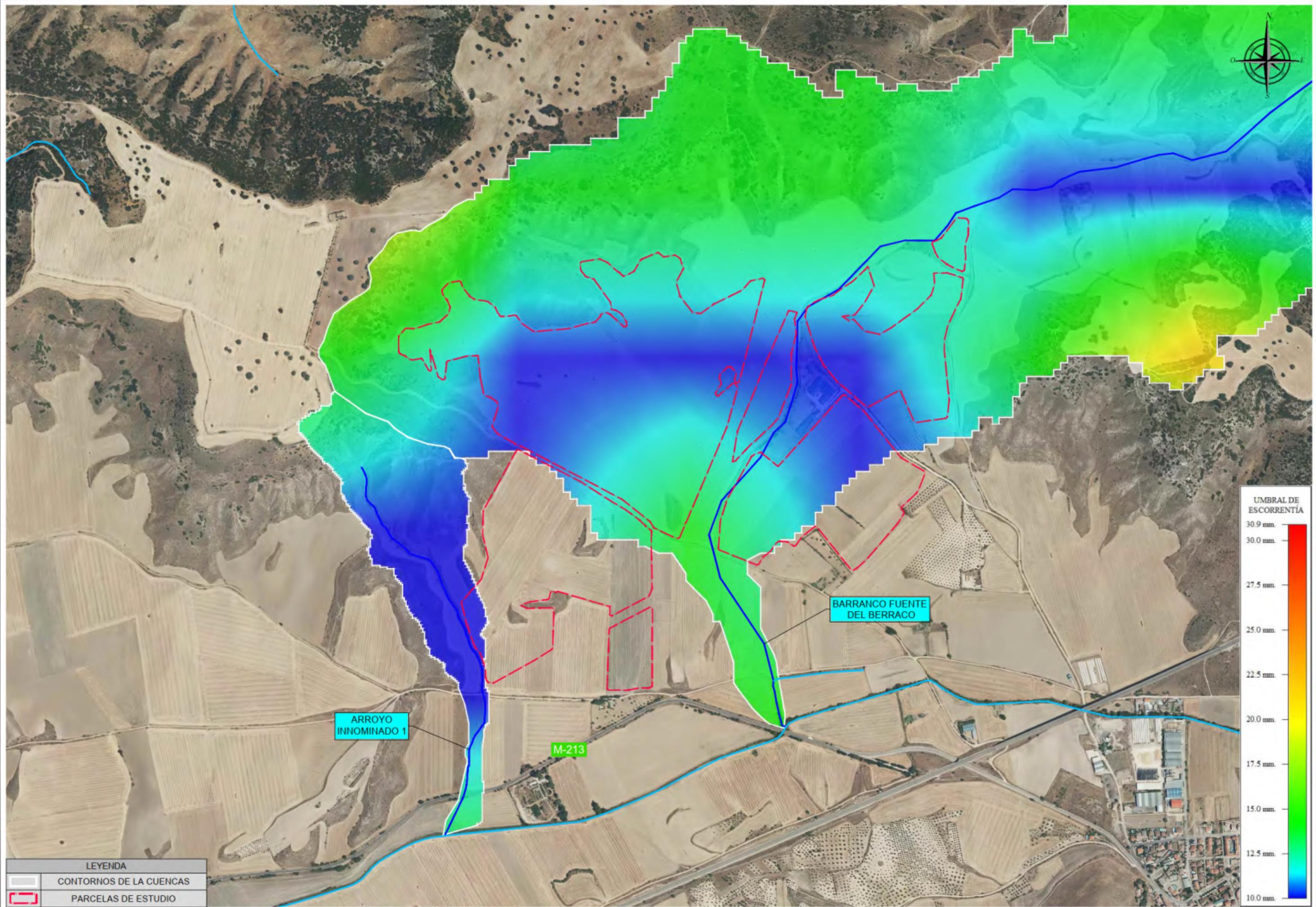
DESIGNACIÓN:
IMPLEMENTACIÓN ZONA PSF CORNAMUSA SOLAR

Nº DE PLANO:
2.2









LEYENDA
CONTORNOS DE LA CUENCA
PARCELAS DE ESTUDIO

ecivite

Javier Moreno Crespo
Ingeniero Agrícola, N° Colegiado 2.382
Ingeniero Civil, N° Colegiado 18.618

Rafael Ordóñez Fernández
Ingeniero de Minas, N° Colegiado 4.748
Ingeniero Civil, N° Colegiado 23.332

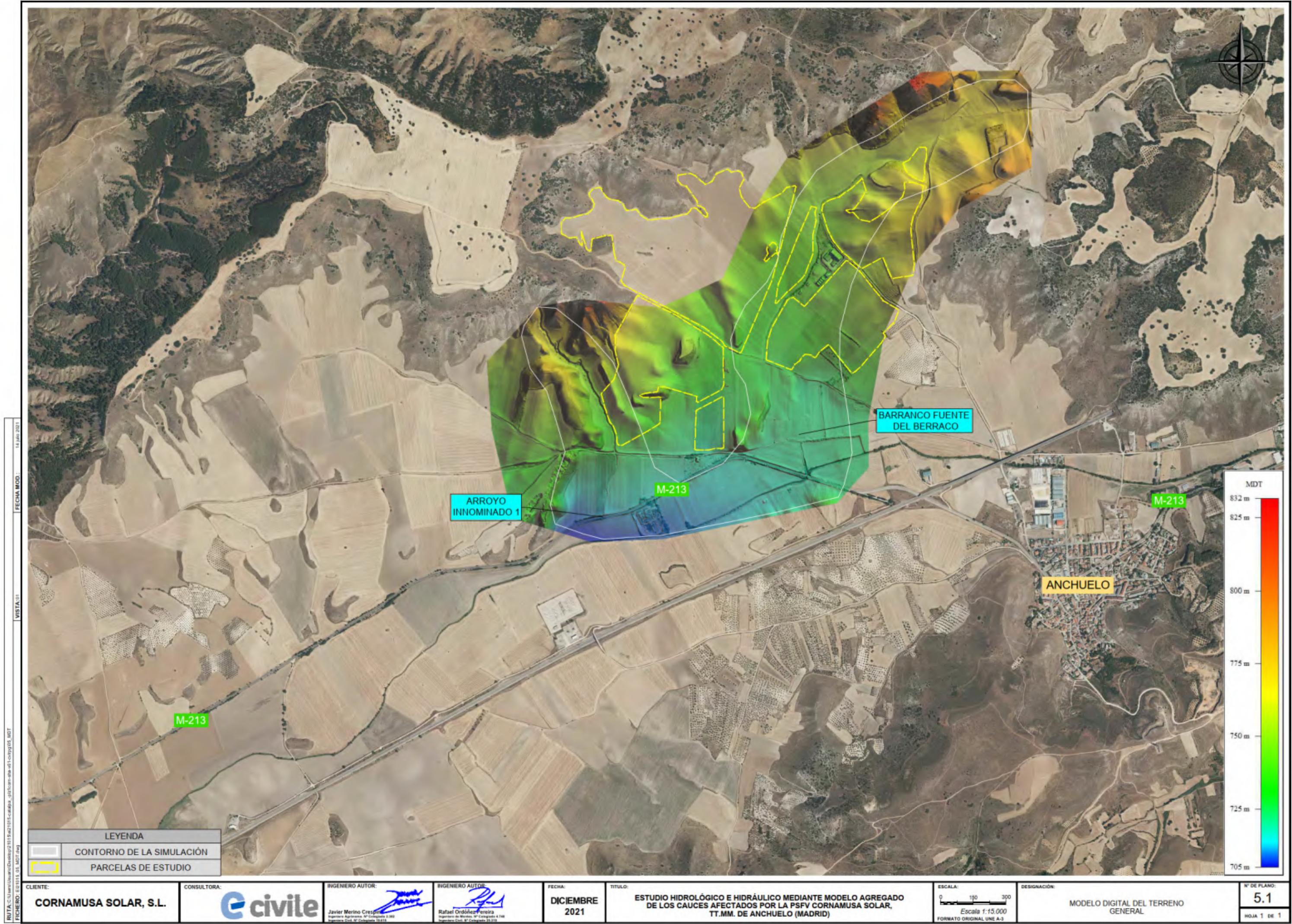
FECHA:
DICIEMBRE
2021

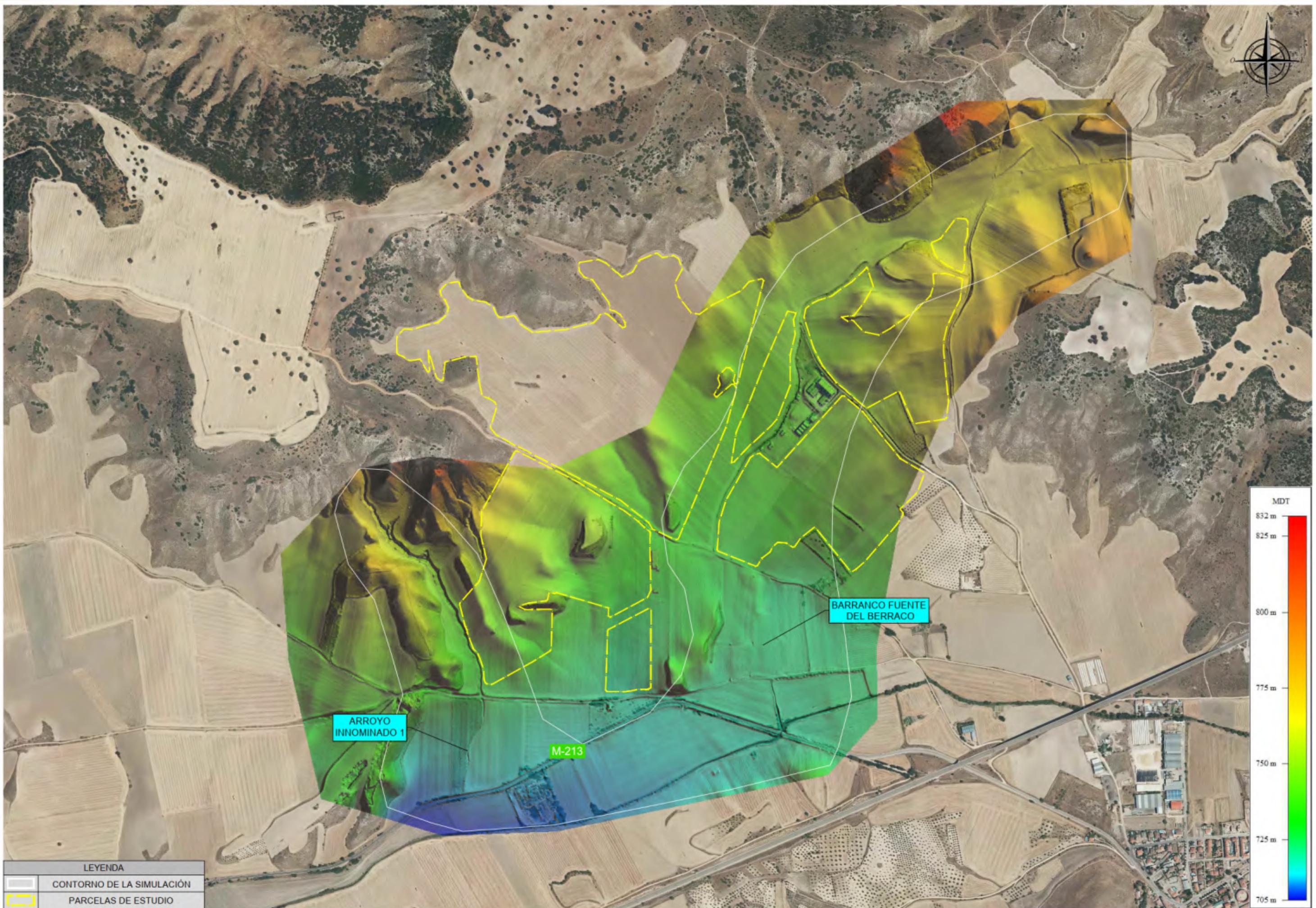
TÍTULO:
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO MEDIANTE MODELO AGREGADO
DE LOS CAUCES Afectados por la PSFV CORNAMUSA SOLAR,
TT.MM. DE ANCHUELO (MADRID)

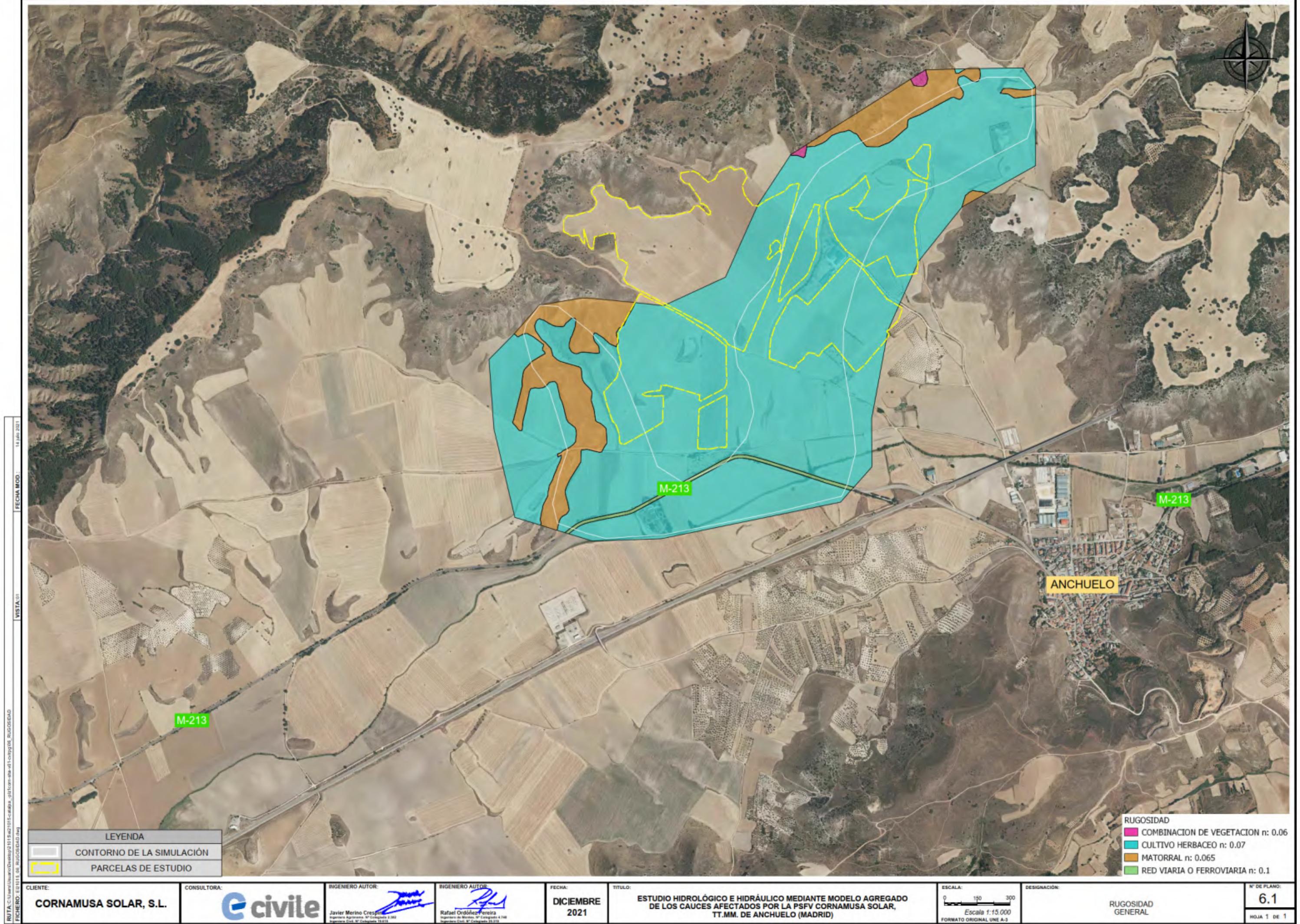
ESCALA:
0 50 100 200
Escala 1:10.000
FORMATO ORIGINAL UNE A-2

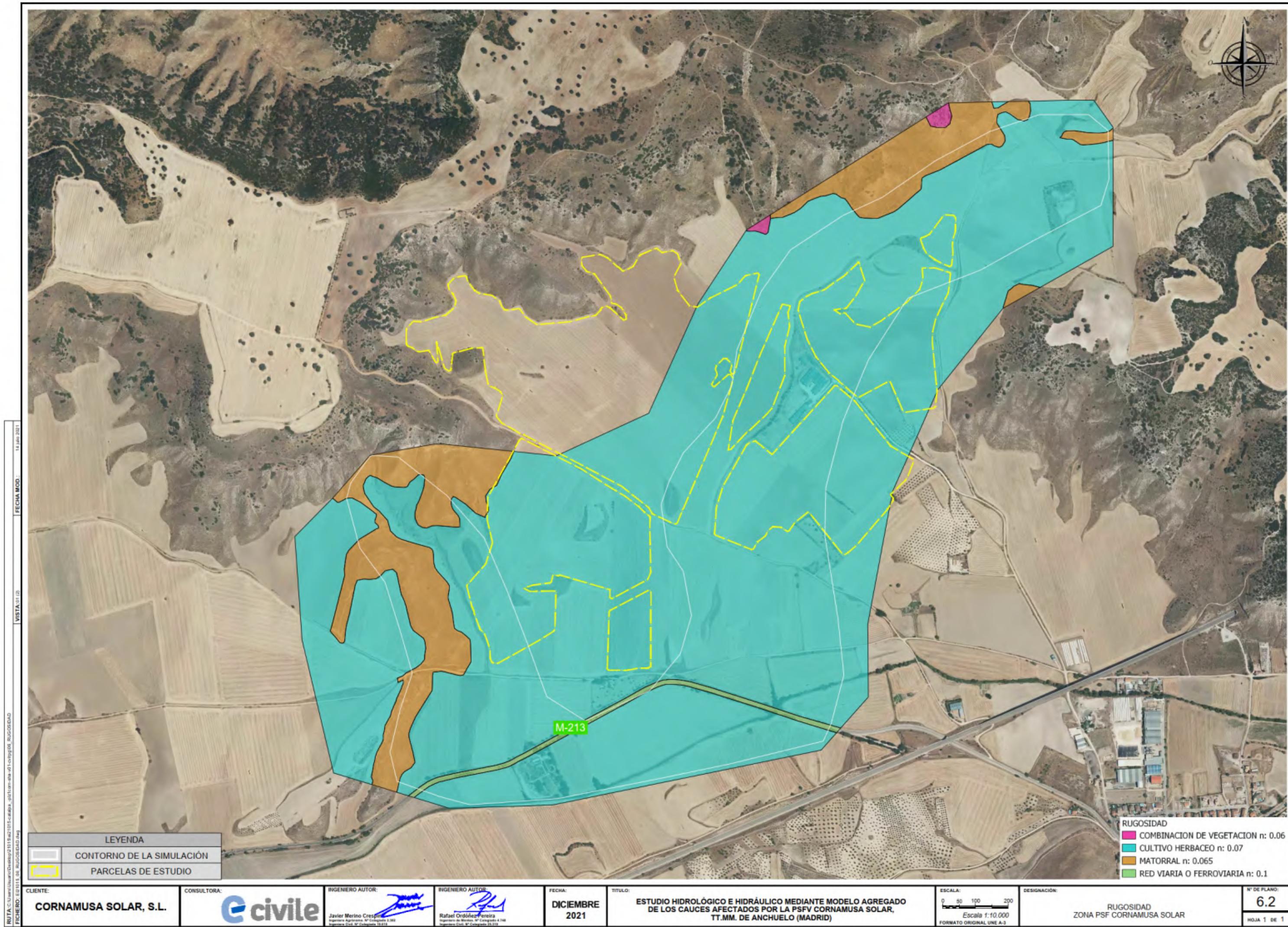
DESIGNACIÓN:
UMBRAL DE ESCORRENTÍA
CORNAMUSA

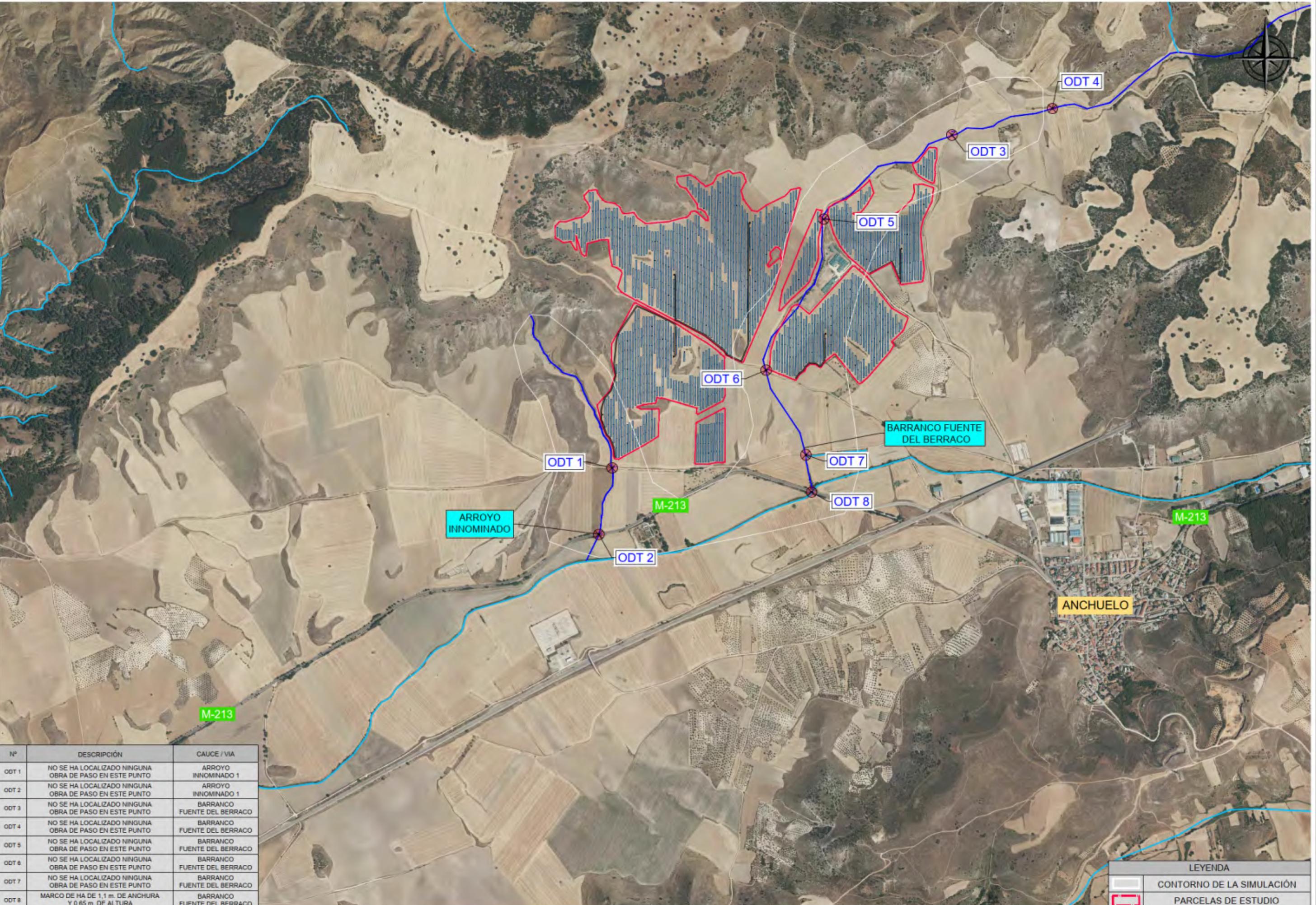
Nº DE PLANO:
4.2
HOJA 1 DE 1











Nº	DESCRIPCIÓN	CAUCE / VÍA
ODT 1	NO SE HA LOCALIZADO NINGUNA OBRA DE PASO EN ESTE PUNTO	ARROYO INNOMINADO 1
ODT 2	NO SE HA LOCALIZADO NINGUNA OBRA DE PASO EN ESTE PUNTO	ARROYO INNOMINADO 1
ODT 3	NO SE HA LOCALIZADO NINGUNA OBRA DE PASO EN ESTE PUNTO	BARRANCO FUENTE DEL BERRACO
ODT 4	NO SE HA LOCALIZADO NINGUNA OBRA DE PASO EN ESTE PUNTO	BARRANCO FUENTE DEL BERRACO
ODT 5	NO SE HA LOCALIZADO NINGUNA OBRA DE PASO EN ESTE PUNTO	BARRANCO FUENTE DEL BERRACO
ODT 6	NO SE HA LOCALIZADO NINGUNA OBRA DE PASO EN ESTE PUNTO	BARRANCO FUENTE DEL BERRACO
ODT 7	NO SE HA LOCALIZADO NINGUNA OBRA DE PASO EN ESTE PUNTO	BARRANCO FUENTE DEL BERRACO
ODT 8	MARCO DE HA DE 1,1 m. DE ANCHURA Y 0,65 m. DE ALTURA	BARRANCO FUENTE DEL BERRACO

Nº	DESCRIPCIÓN	CAUCE
Odt 1	NO SE HA LOCALIZADO NINGUNA OBRA DE PASO EN ESTE PUNTO	ARROYO INNOMINADO 1



Nº	DESCRIPCIÓN	CAUCE
Odt 2	NO SE HA LOCALIZADO NINGUNA OBRA DE PASO EN ESTE PUNTO	ARROYO INNOMINADO 1



Nº	DESCRIPCIÓN	CAUCE
Odt 3	NO SE HA LOCALIZADO NINGUNA OBRA DE PASO EN ESTE PUNTO	BARRANCO FUENTE DEL BERRACO



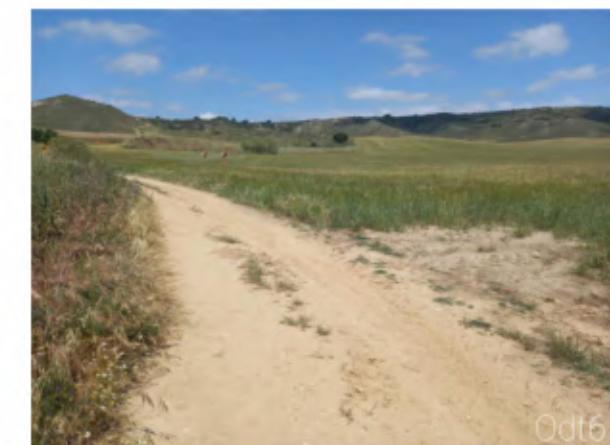
Nº	DESCRIPCIÓN	CAUCE
Odt 4	NO SE HA LOCALIZADO NINGUNA OBRA DE PASO EN ESTE PUNTO	BARRANCO FUENTE DEL BERRACO



Nº	DESCRIPCIÓN	CAUCE
Odt 5	NO SE HA LOCALIZADO NINGUNA OBRA DE PASO EN ESTE PUNTO	BARRANCO FUENTE DEL BERRACO



Nº	DESCRIPCIÓN	CAUCE
Odt 6	NO SE HA LOCALIZADO NINGUNA OBRA DE PASO EN ESTE PUNTO	BARRANCO FUENTE DEL BERRACO

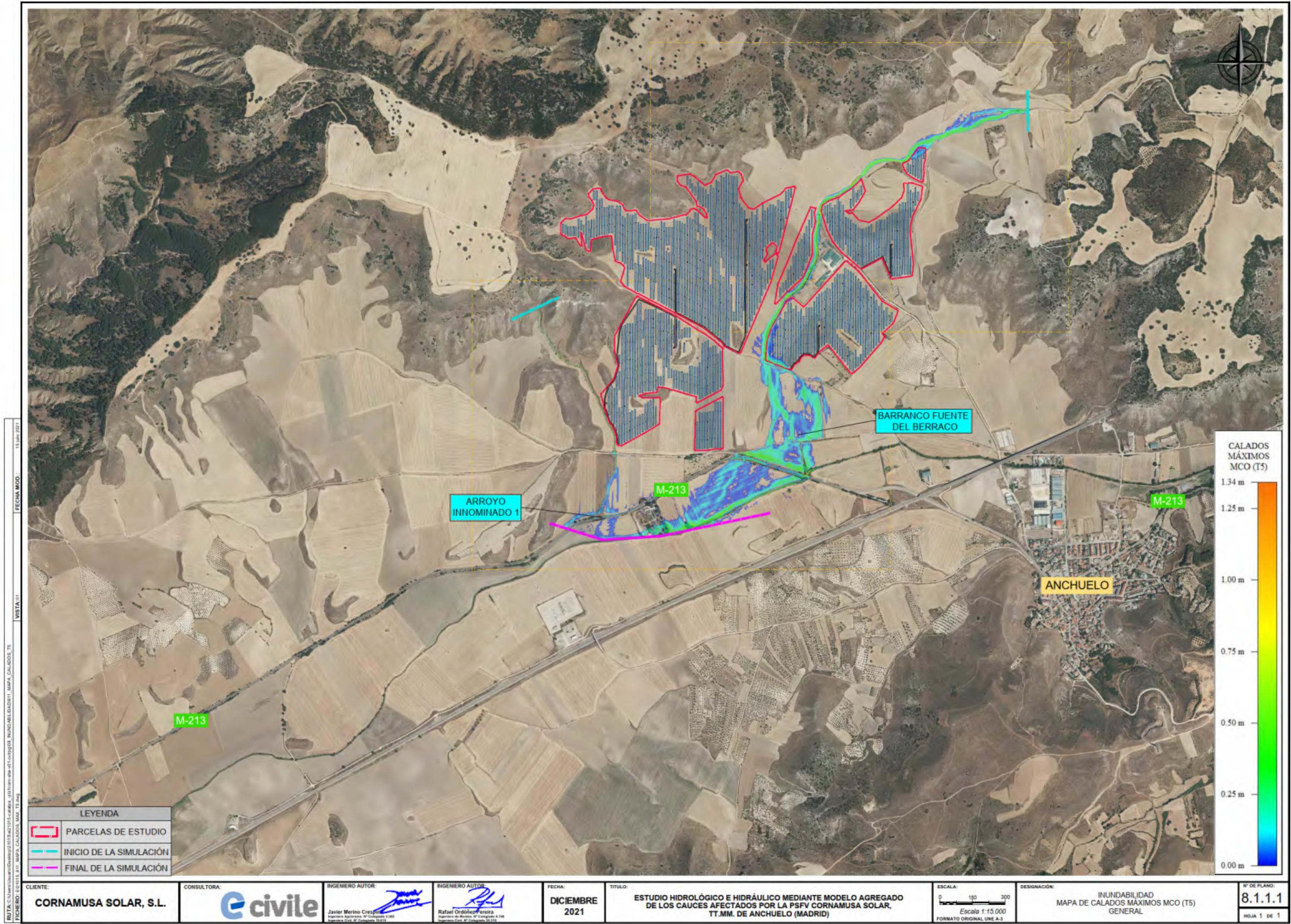


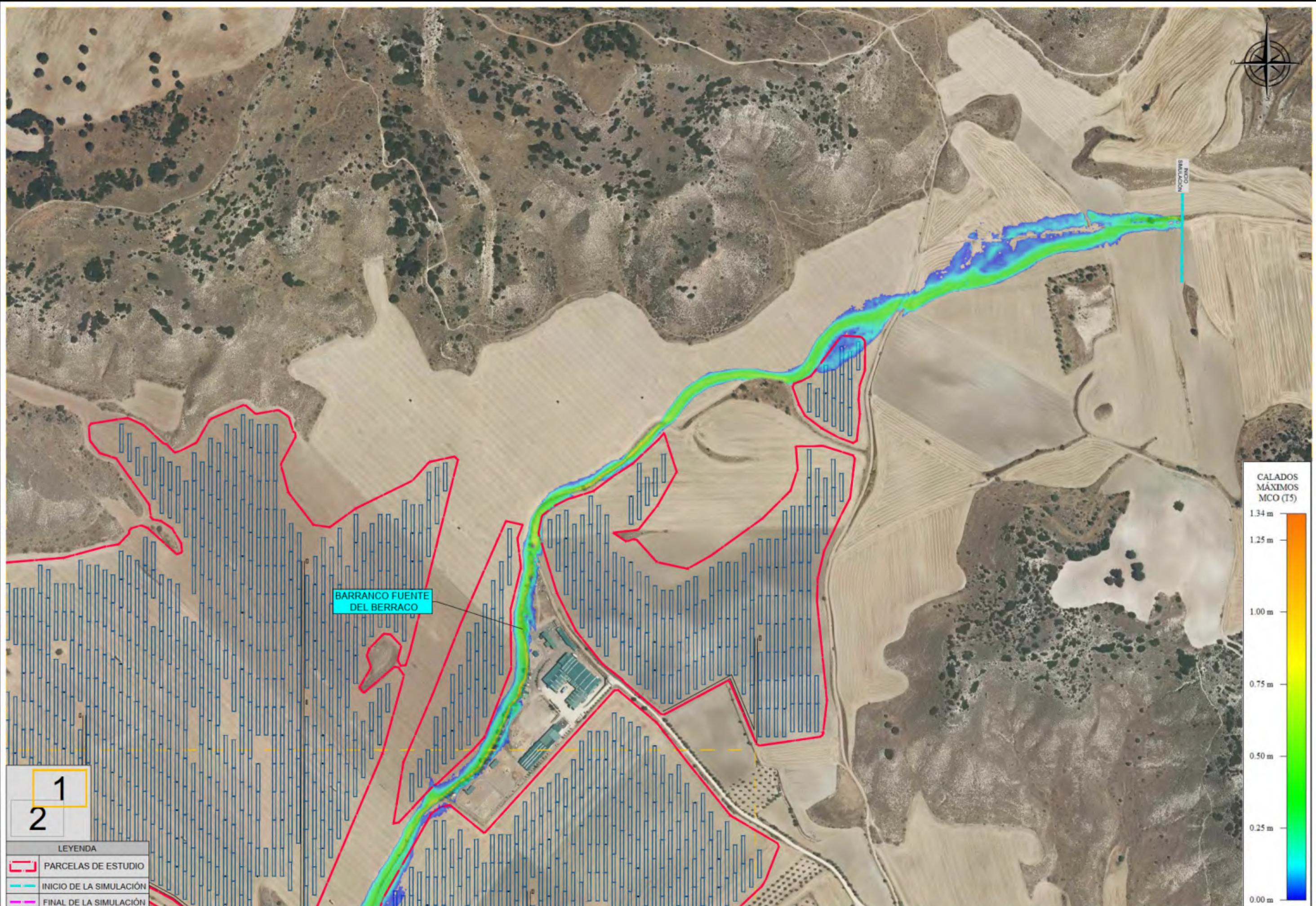
Nº	DESCRIPCIÓN	CAUCE
ODT 7	NO SE HA LOCALIZADO NINGUNA OBRA DE PASO EN ESTE PUNTO	BARRANCO FUENTE DEL BERRACO

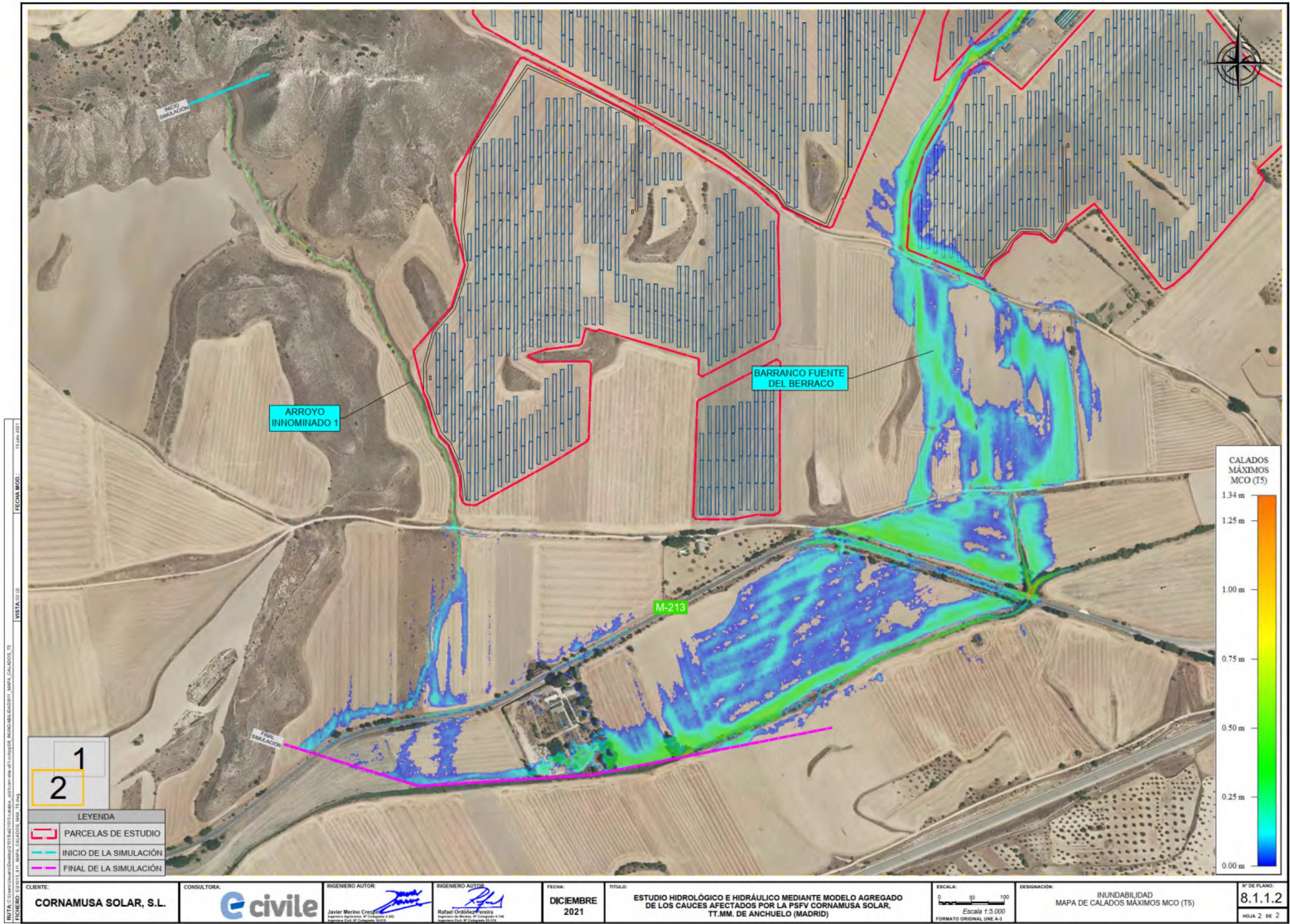


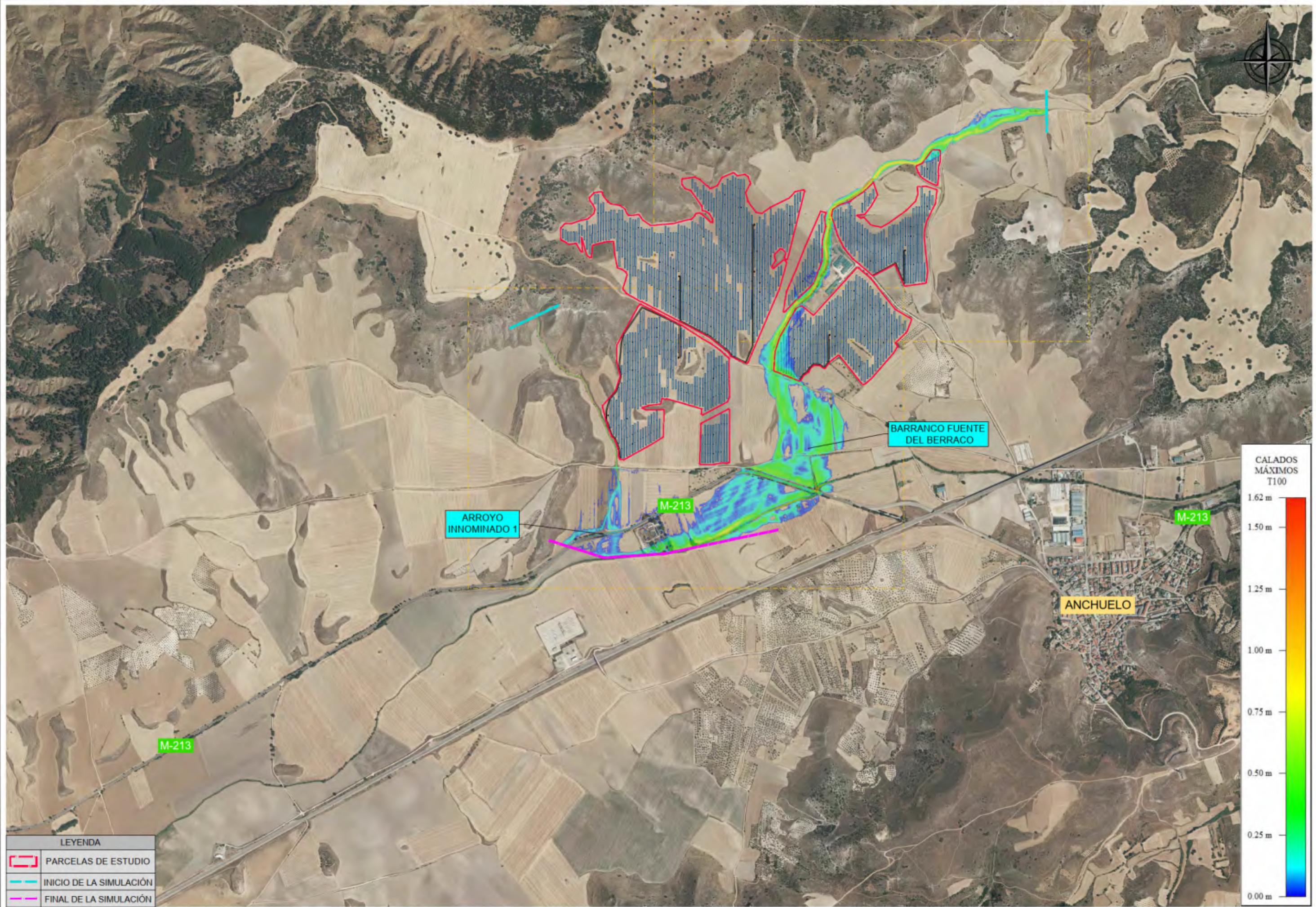
Nº	DESCRIPCIÓN	CAUCE
ODT 8	MARCO DE HASTA 1,1 m. DE ANCHURA Y 0,65 m. DE ALTURA	BARRANCO FUENTE DEL BERRACO

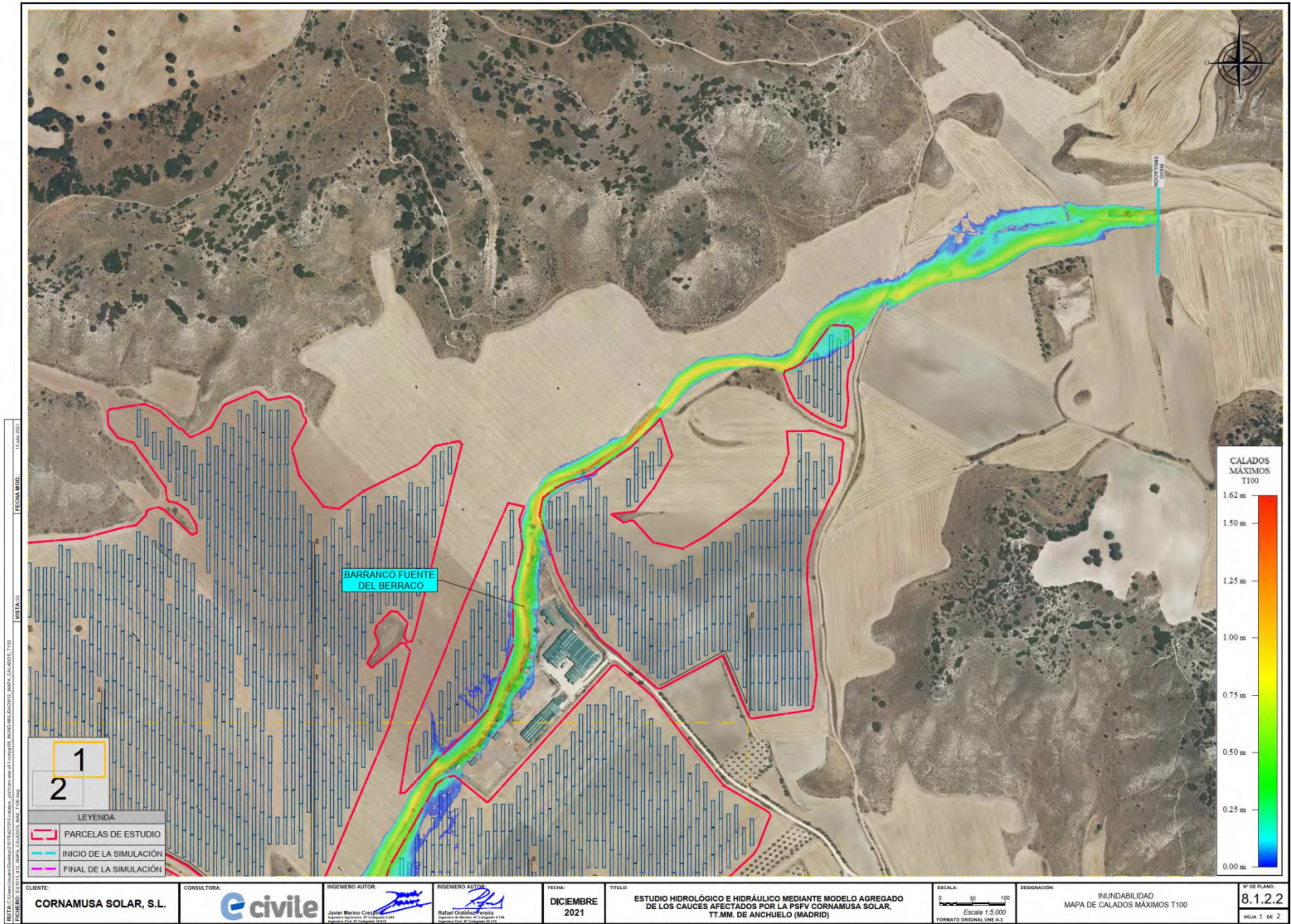


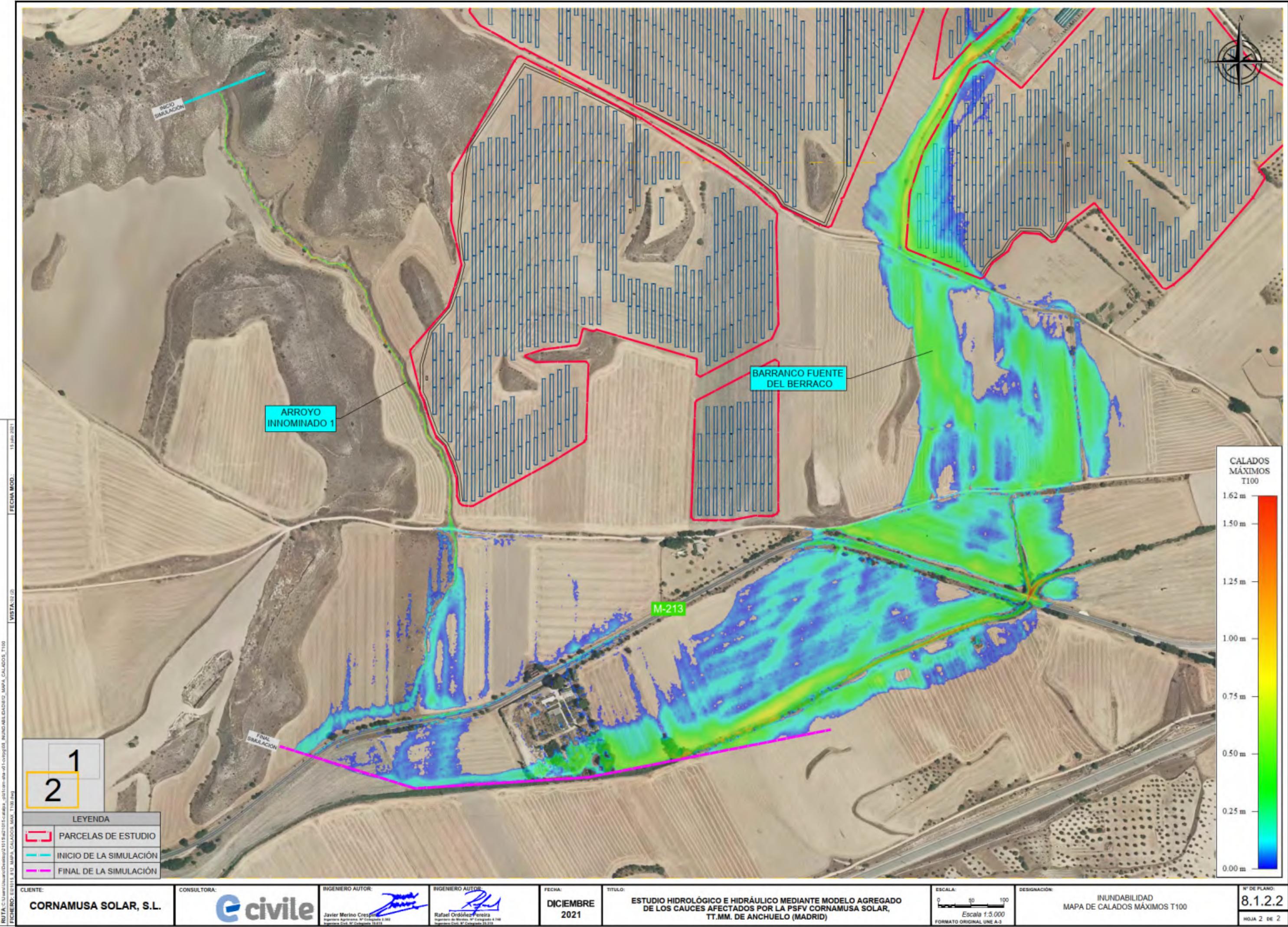


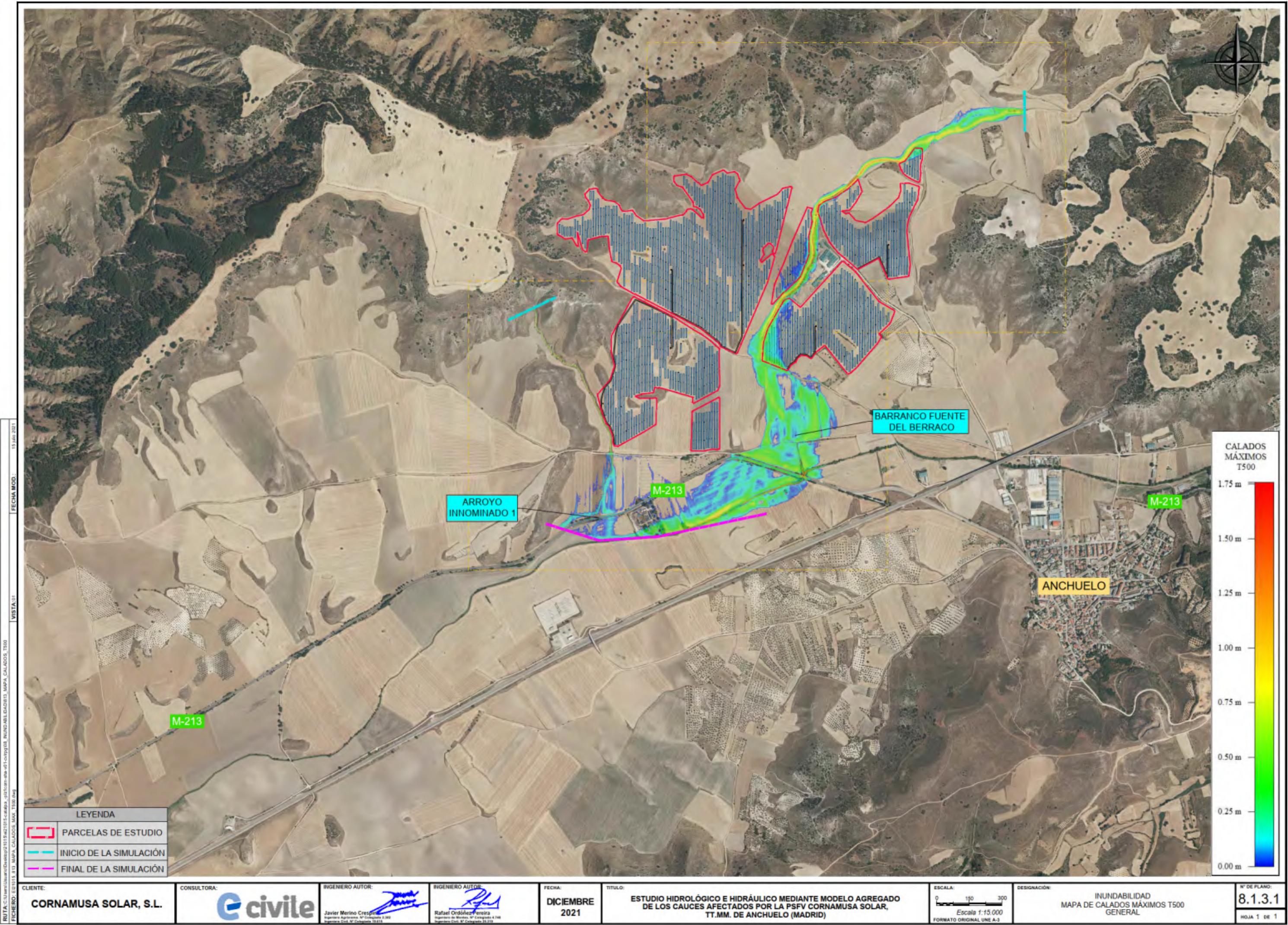


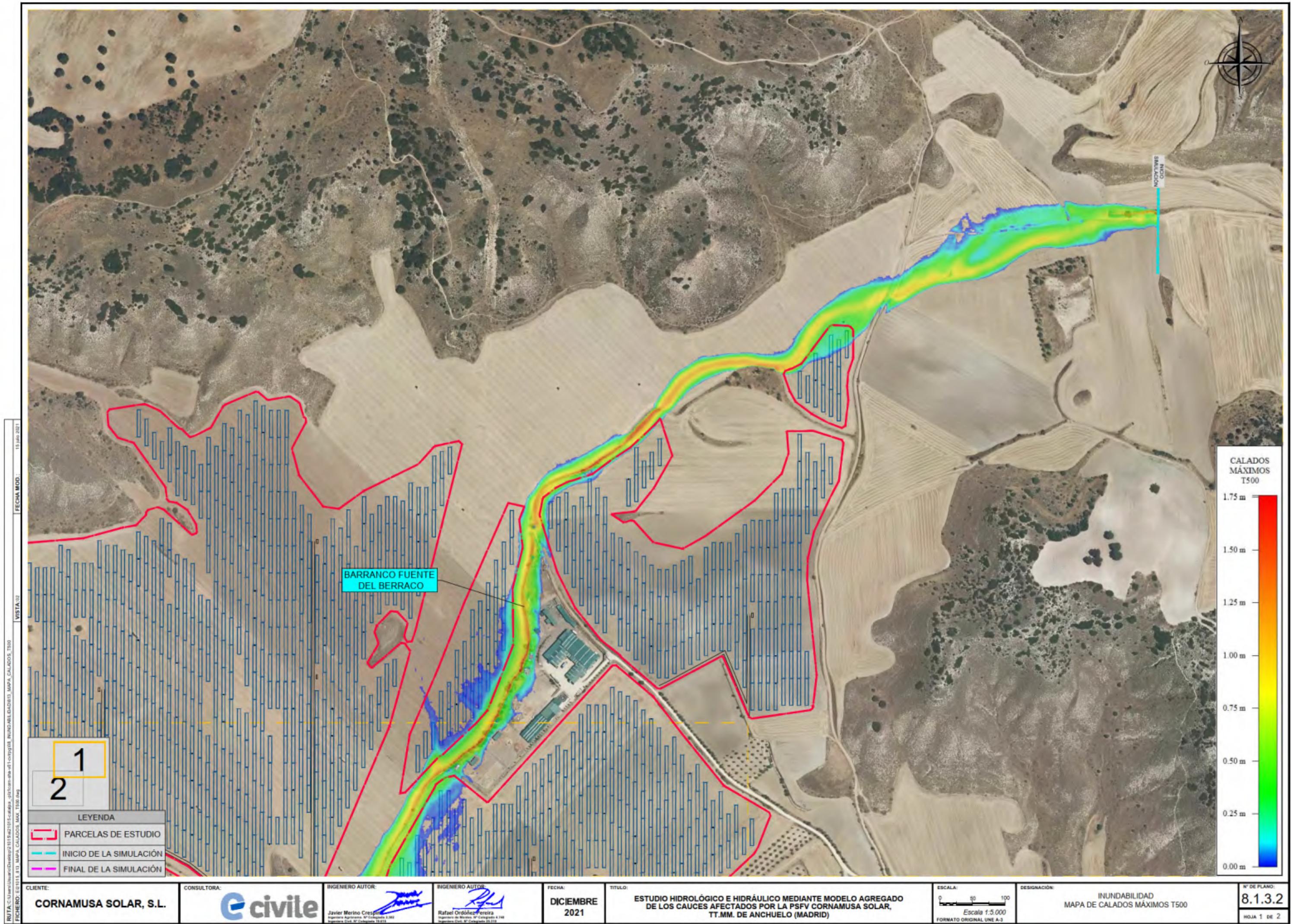


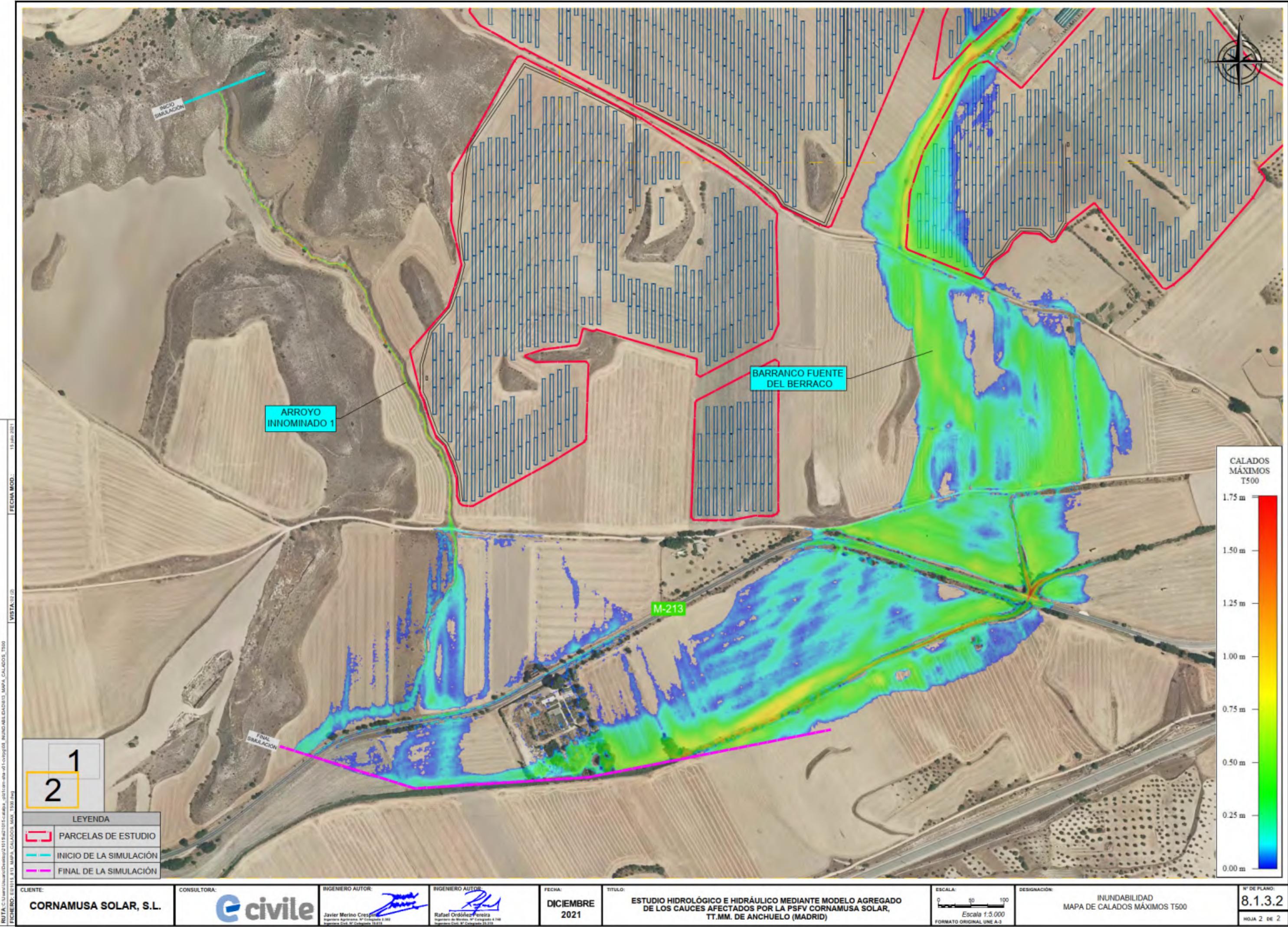


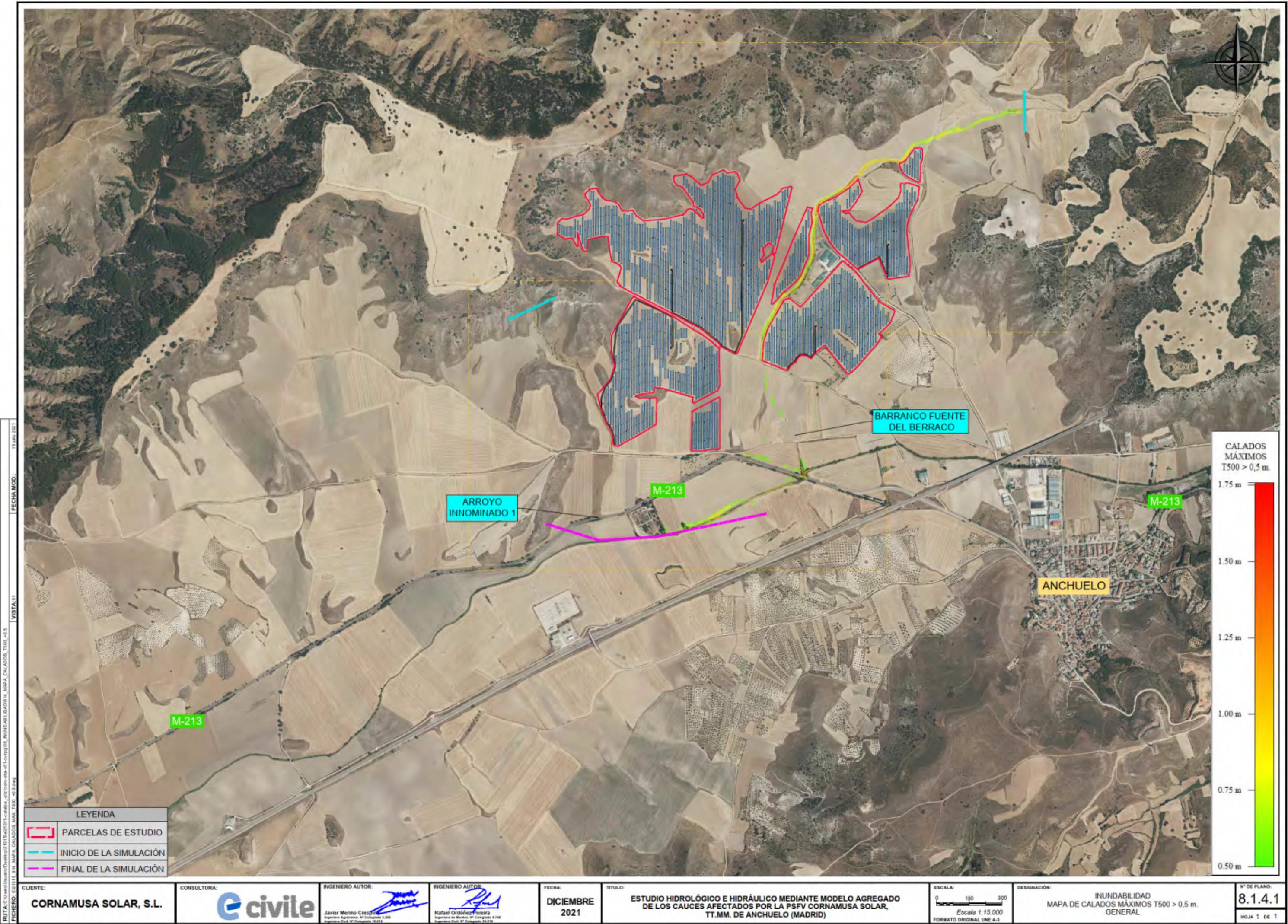


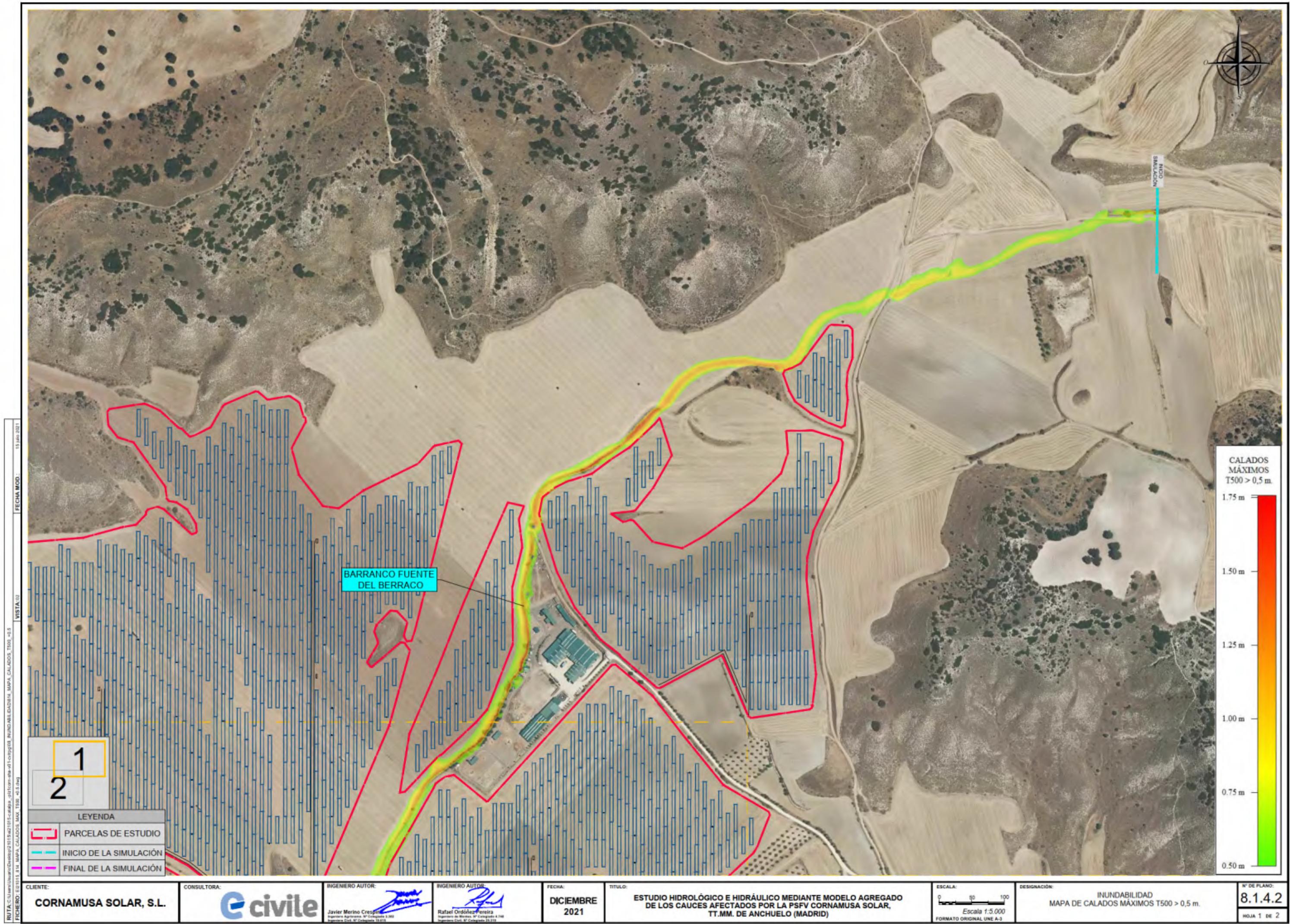


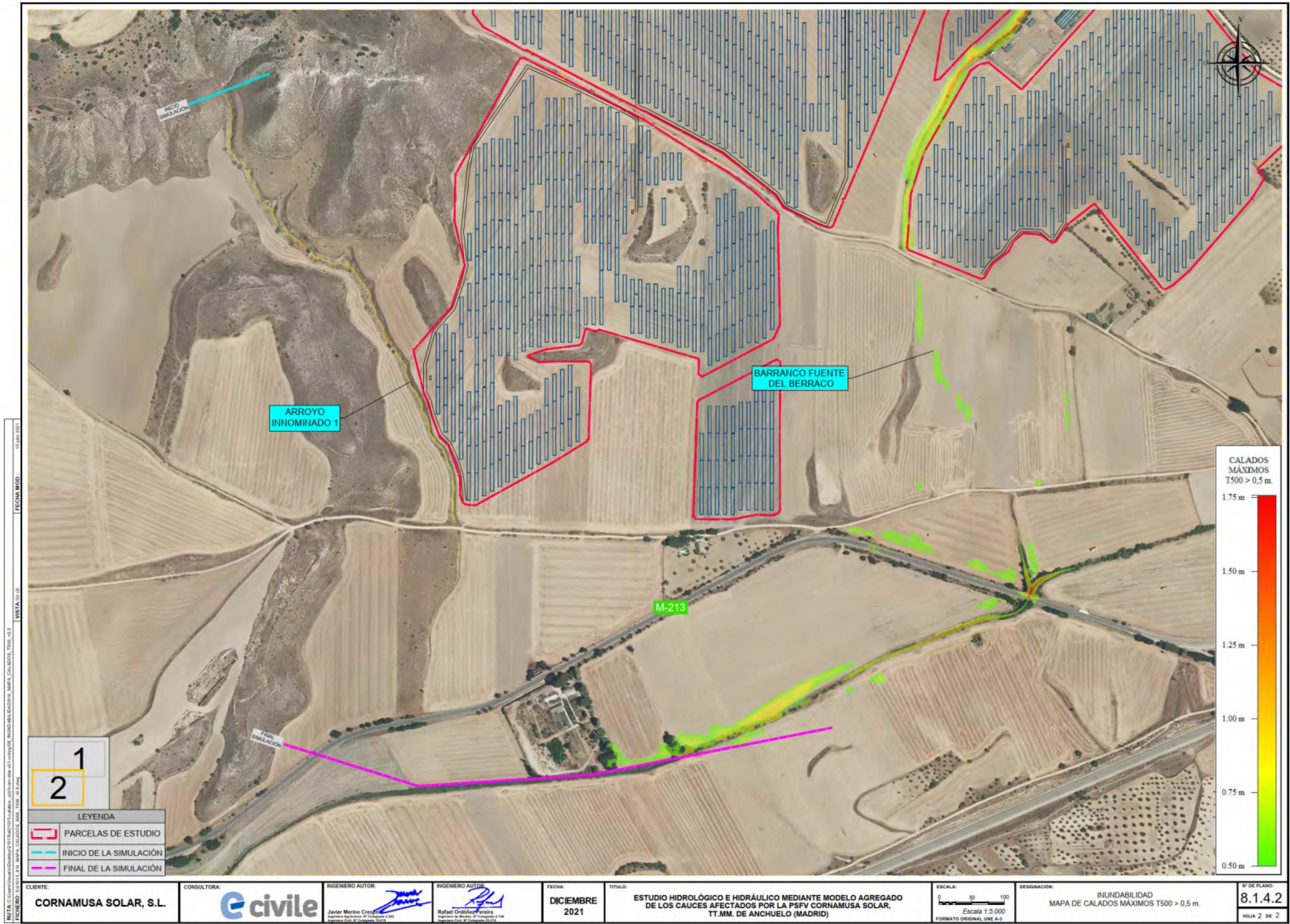


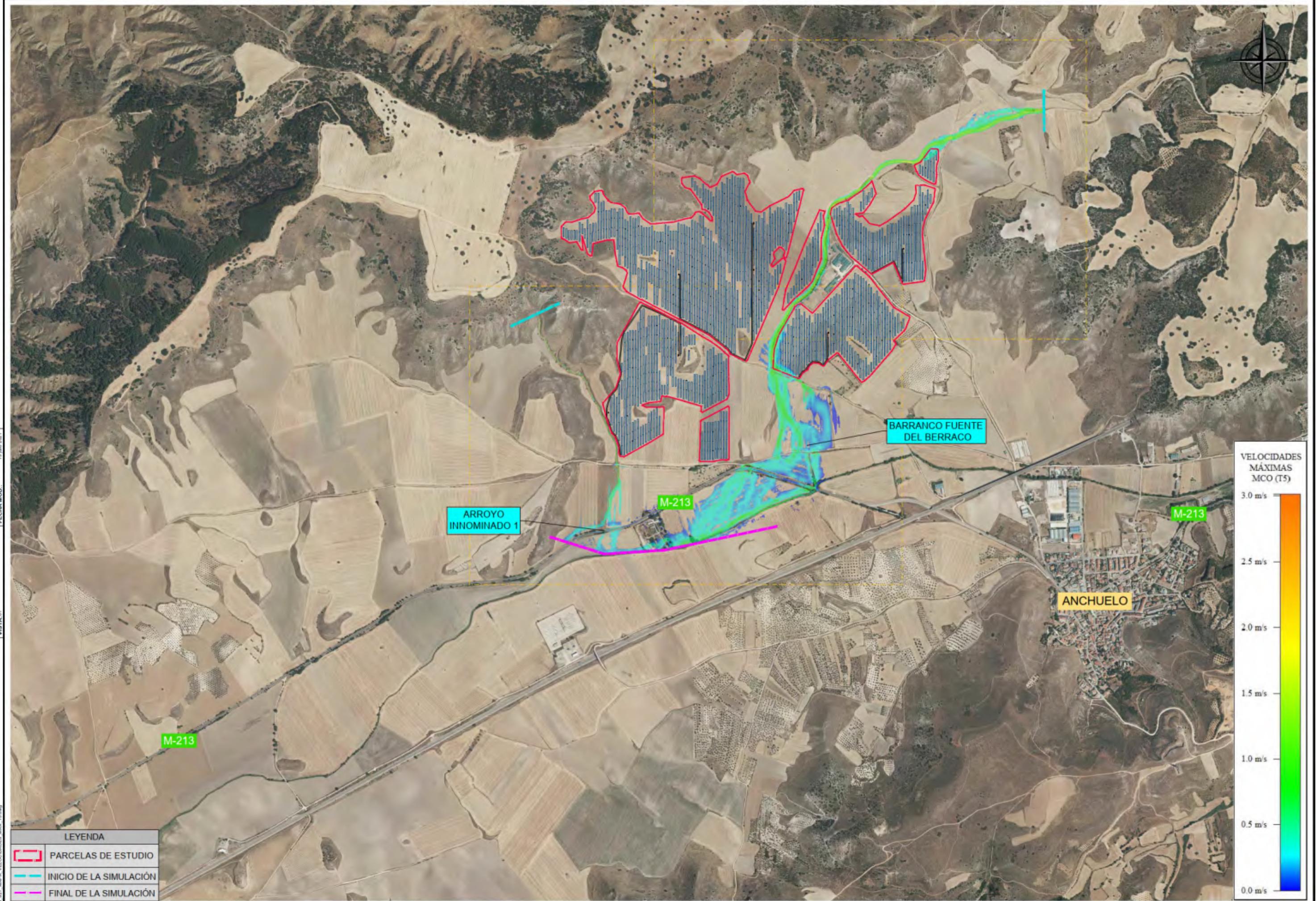


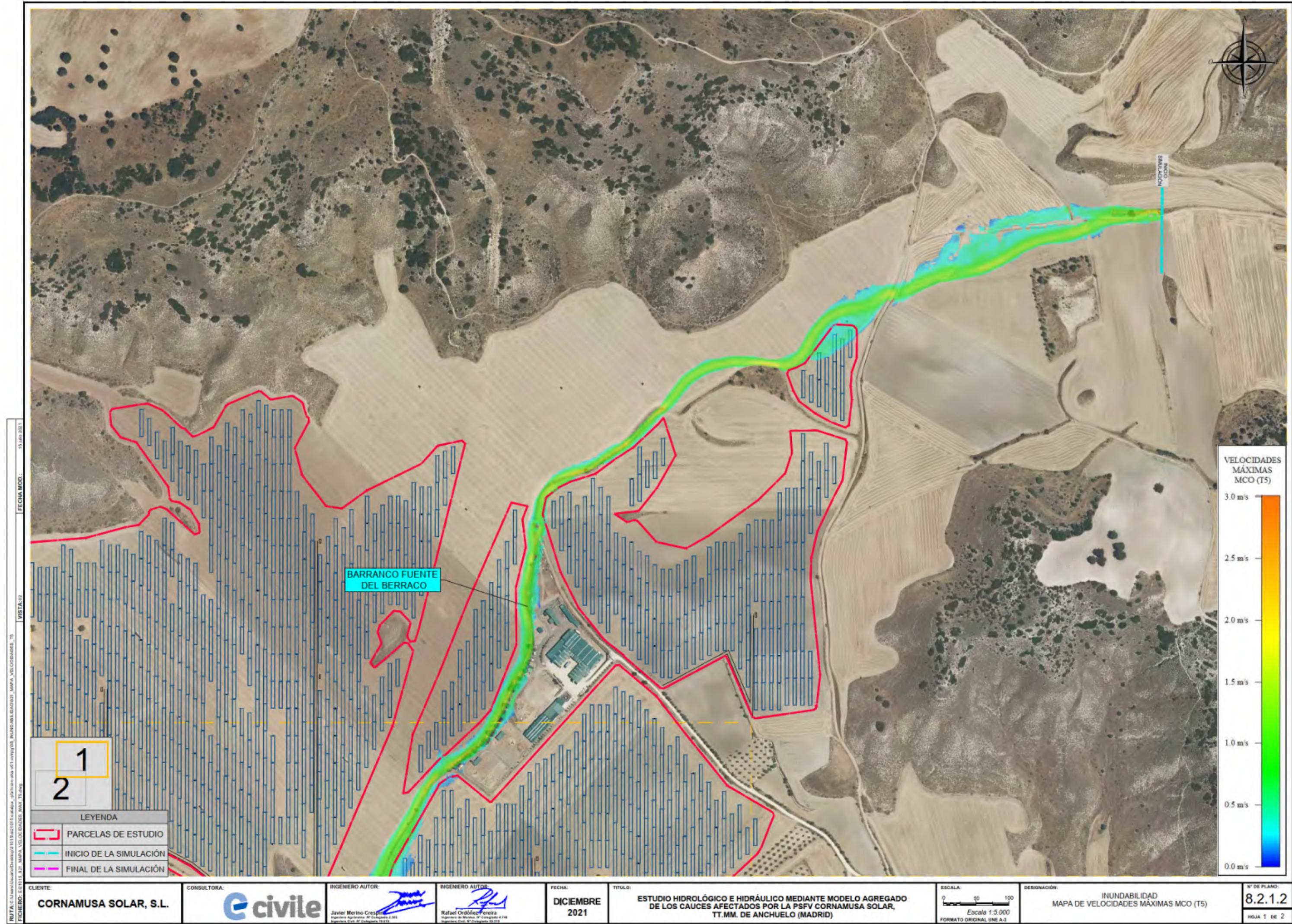


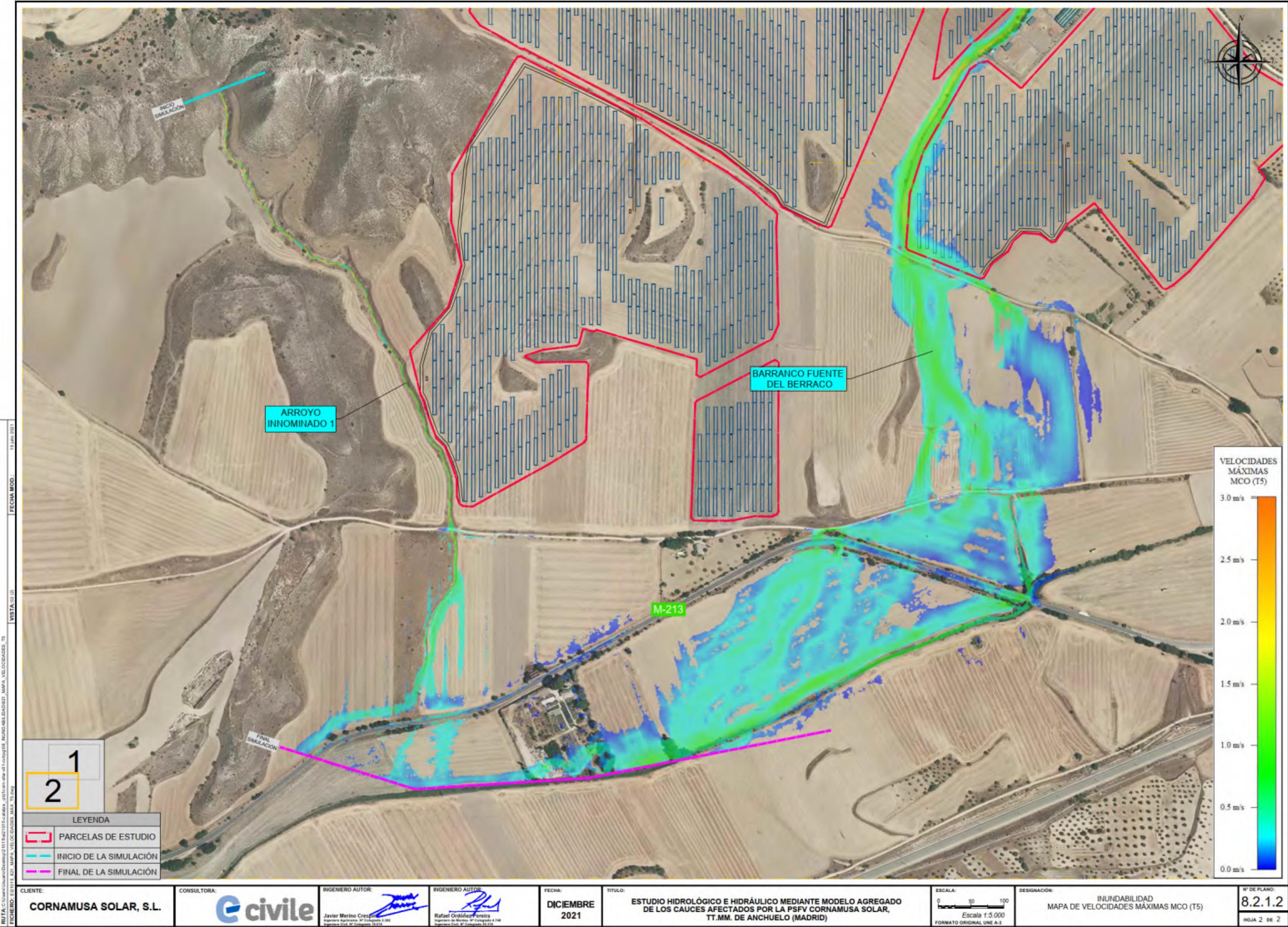


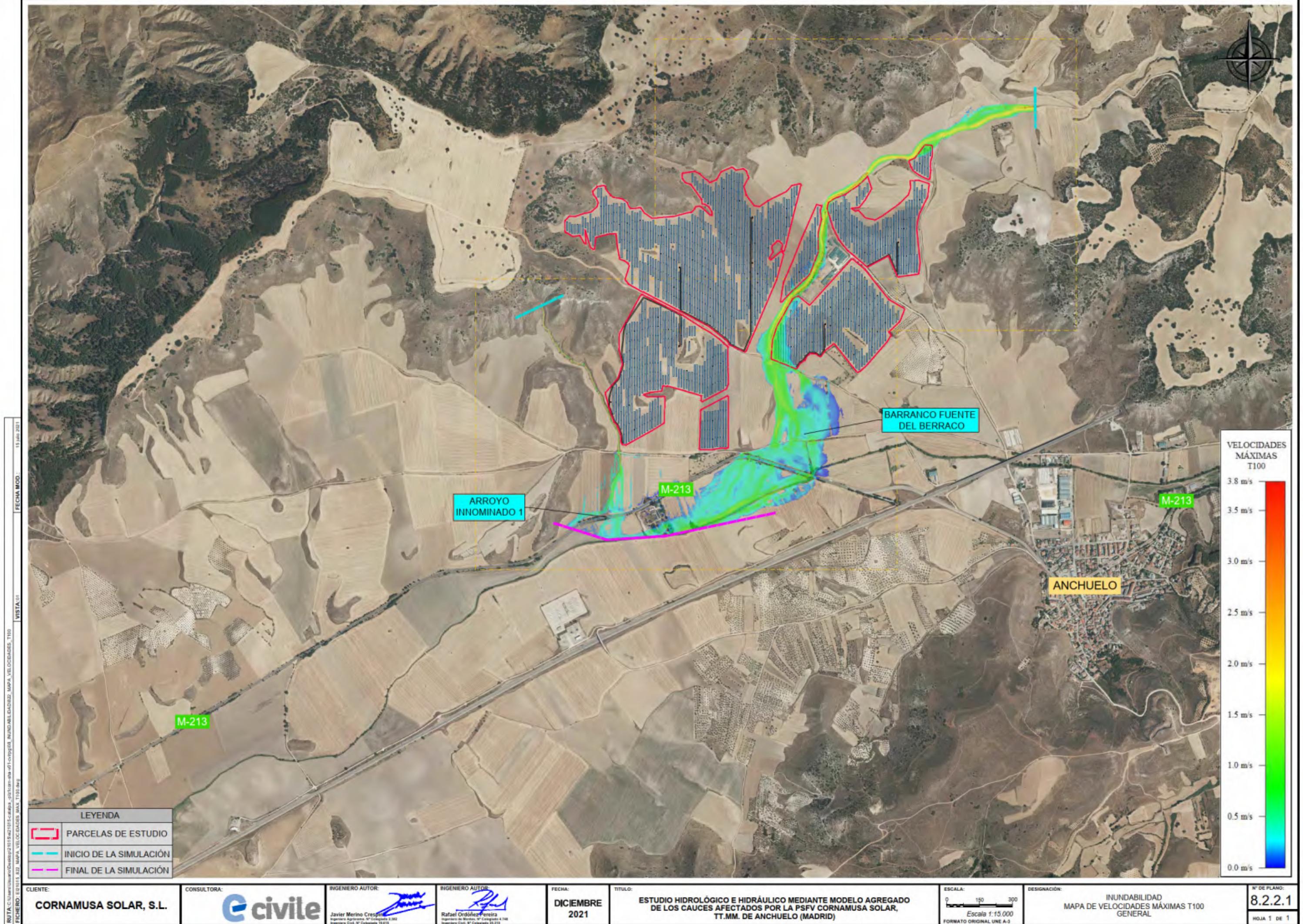


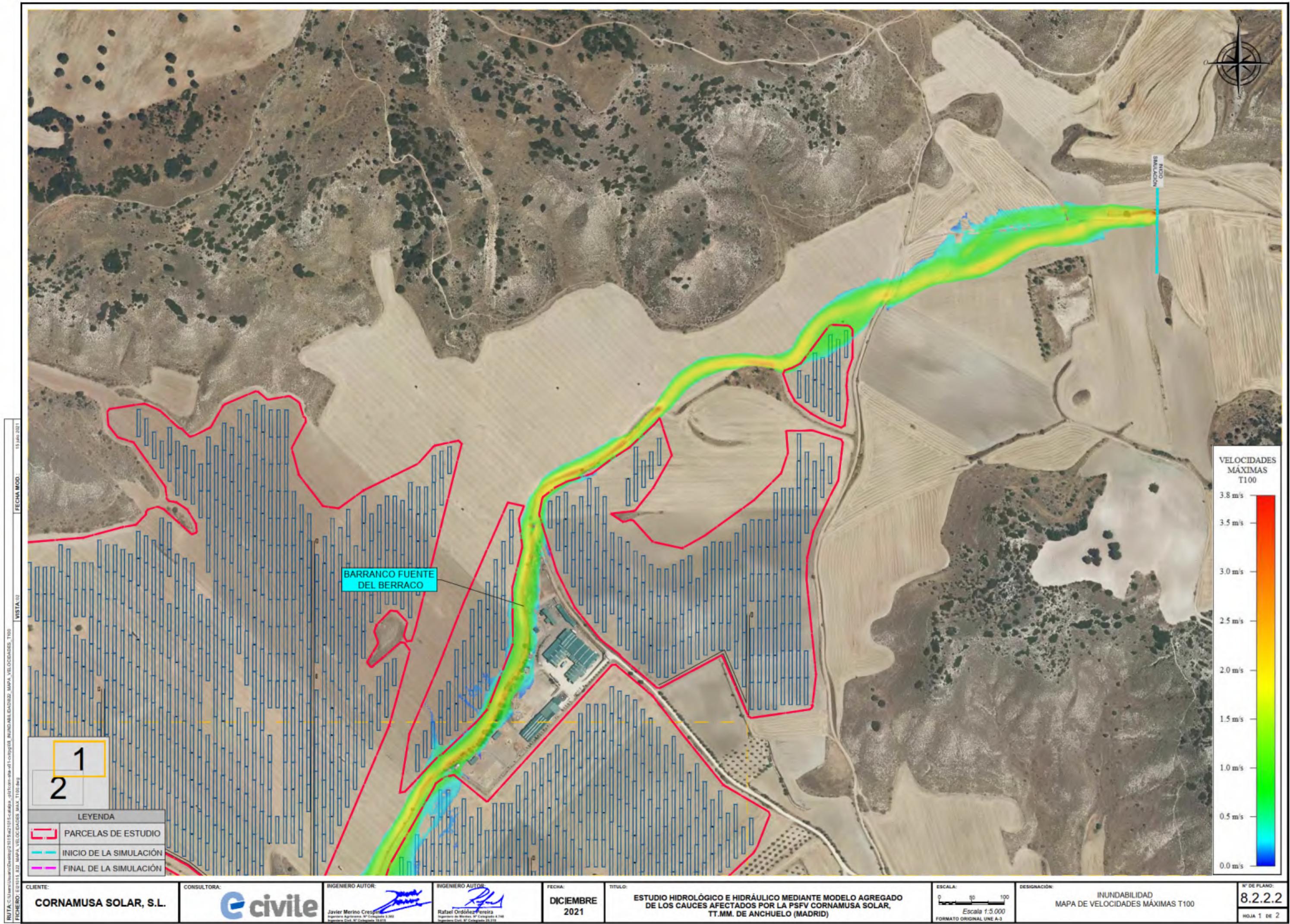


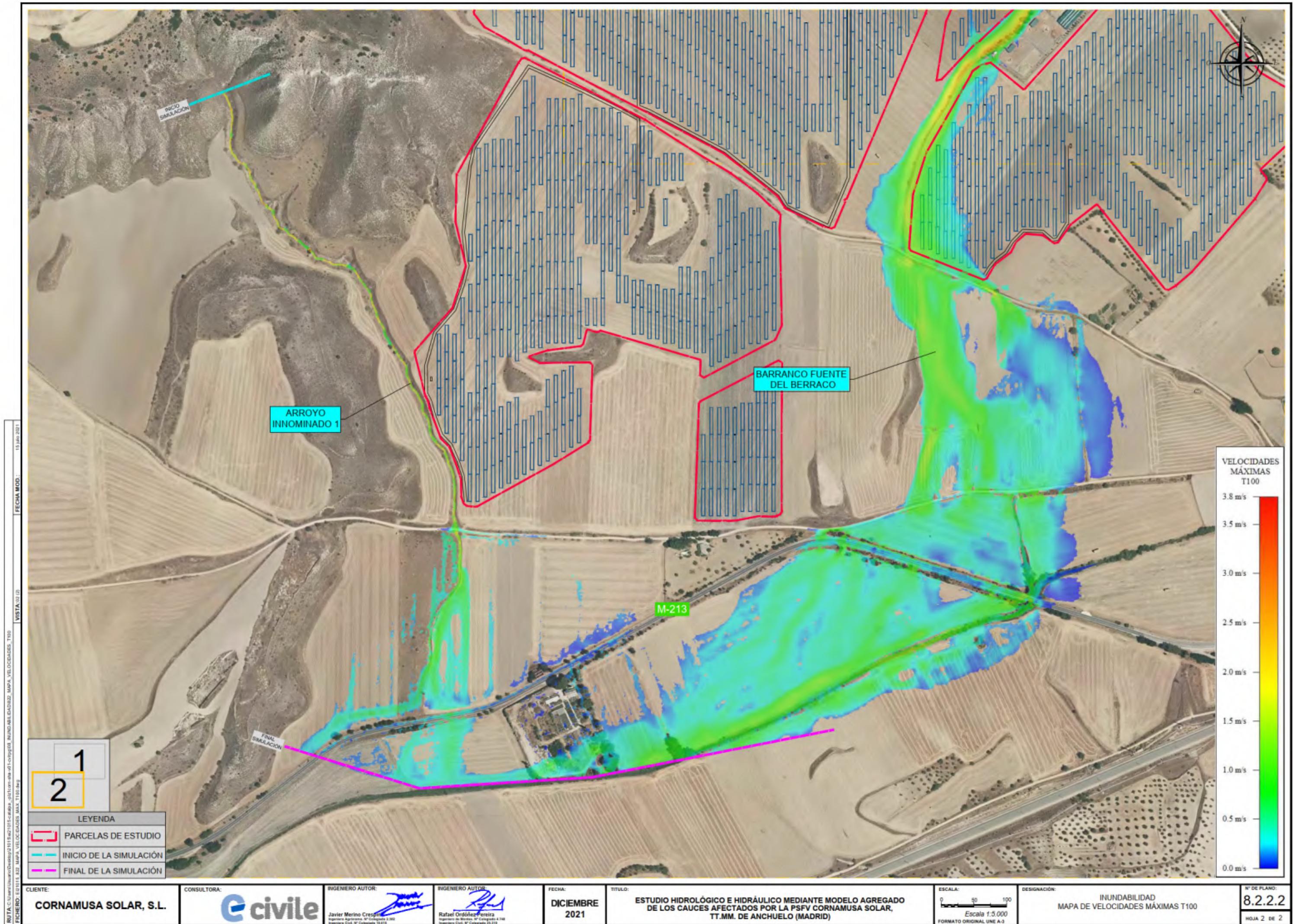


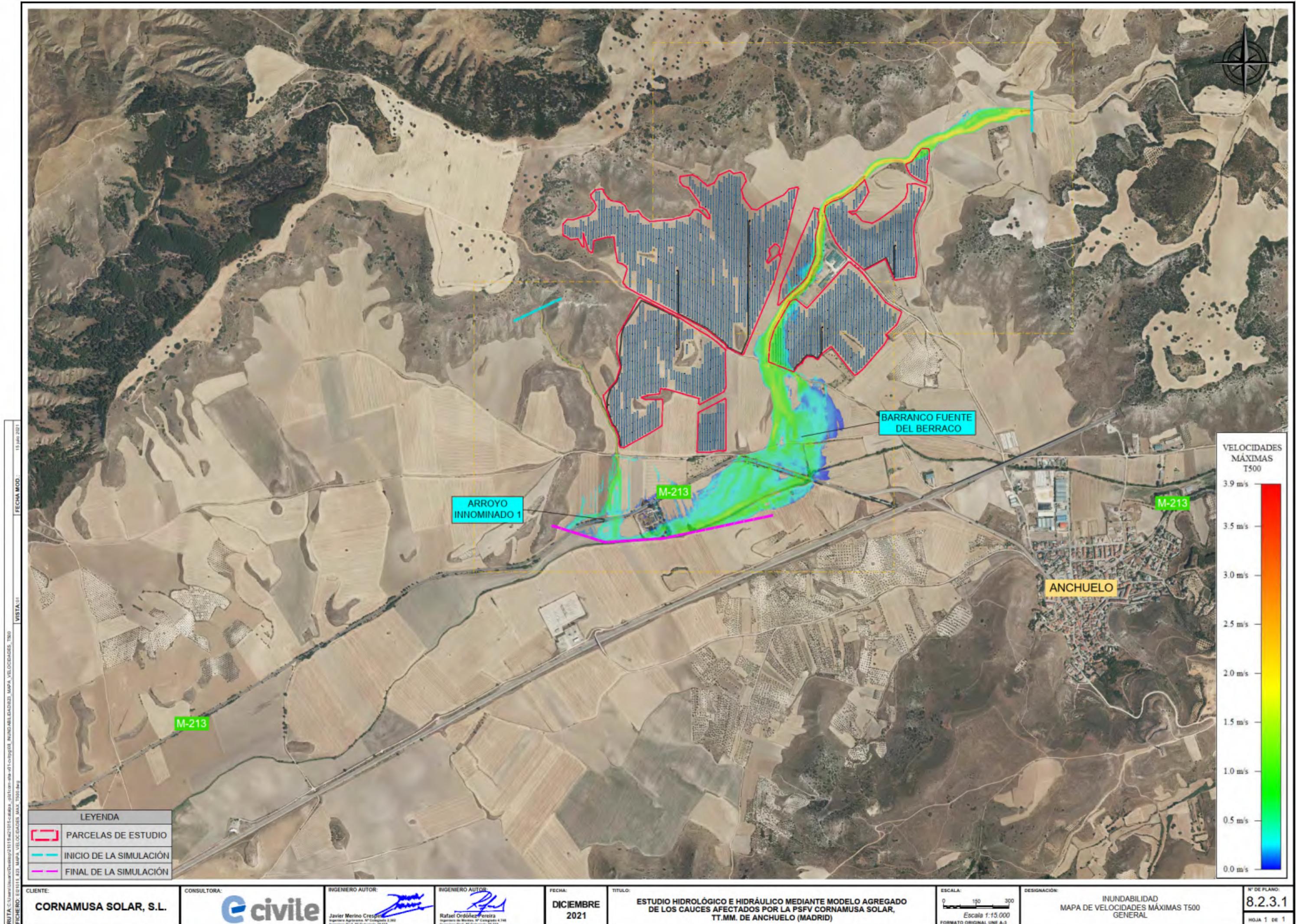


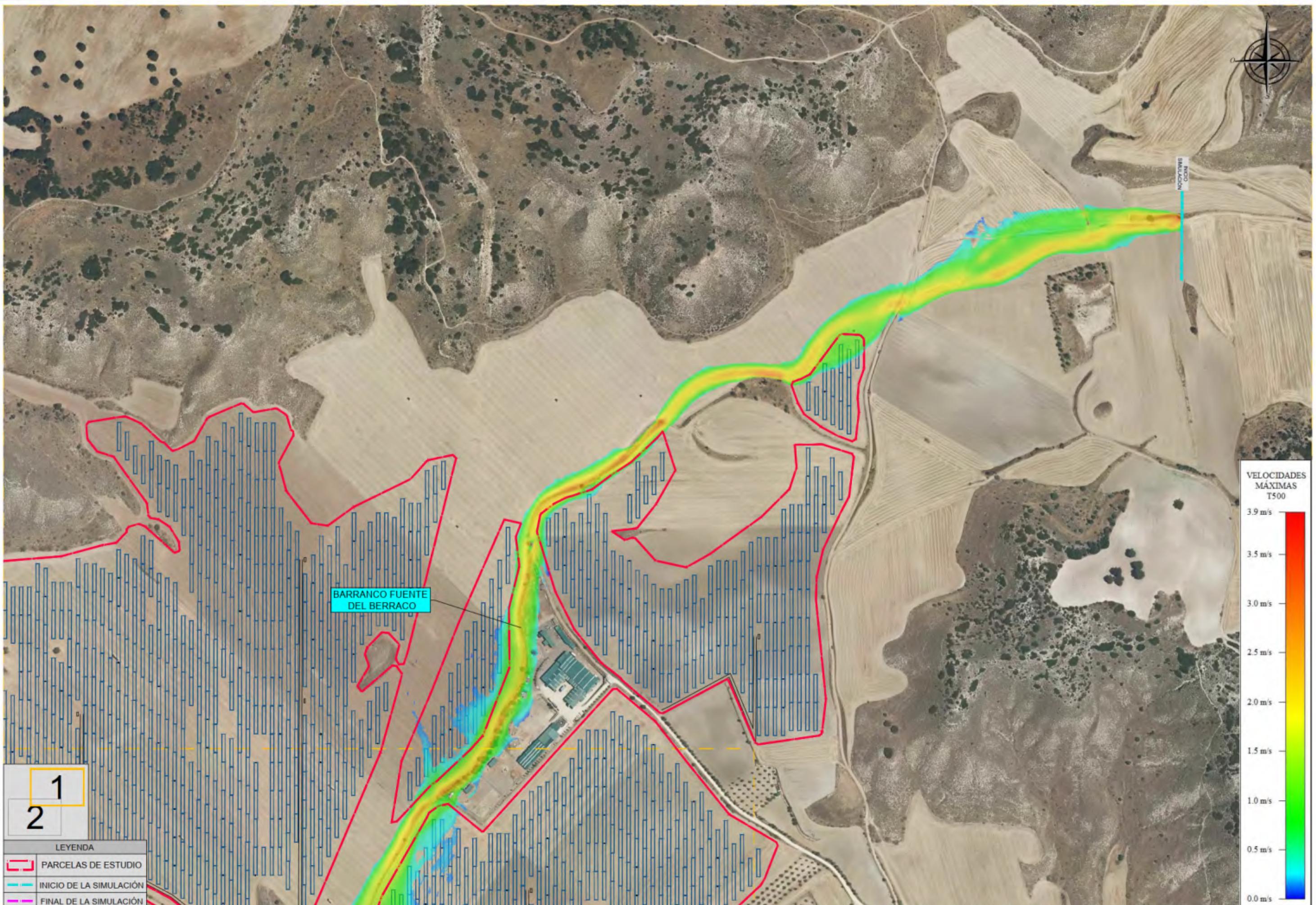


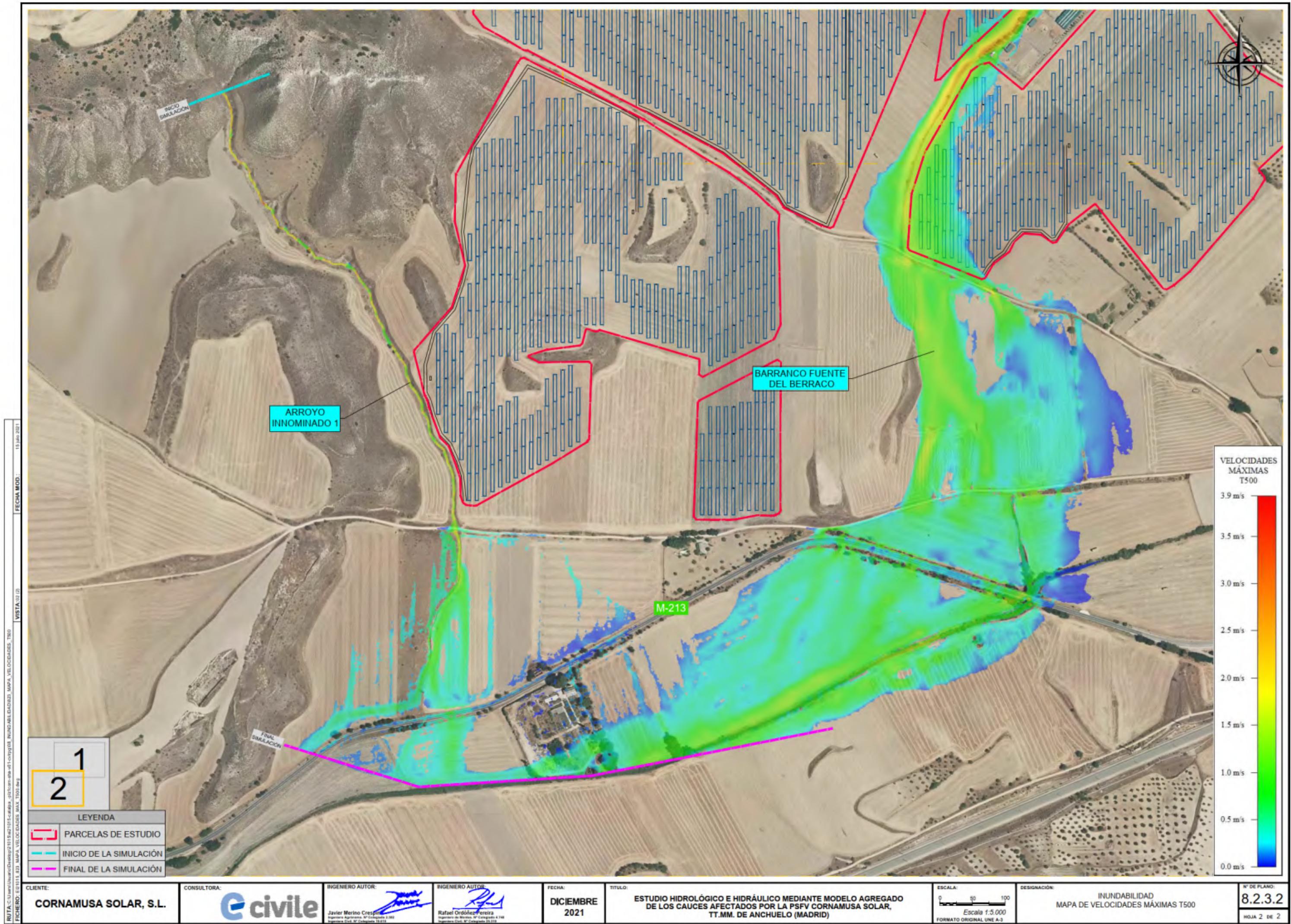


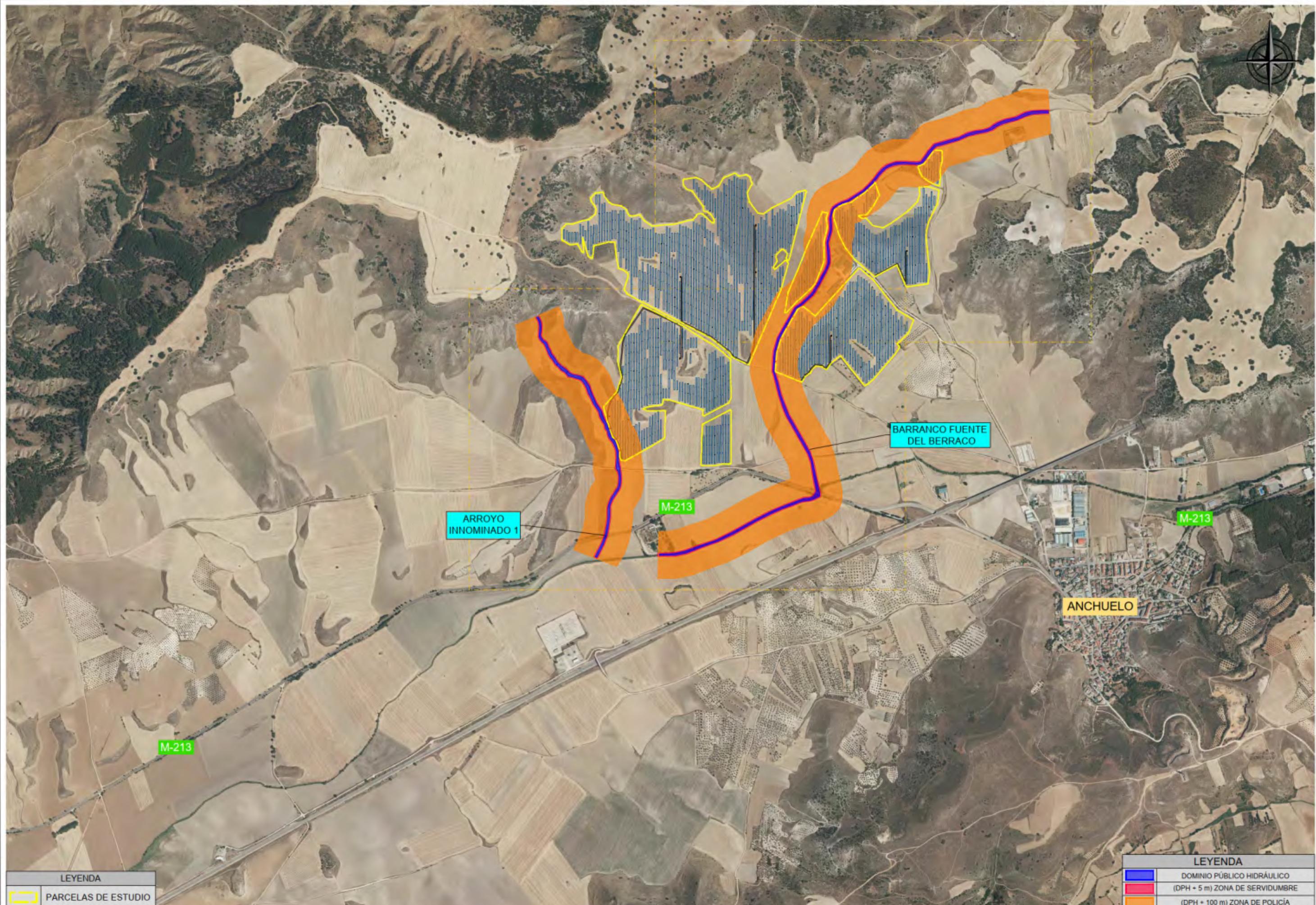






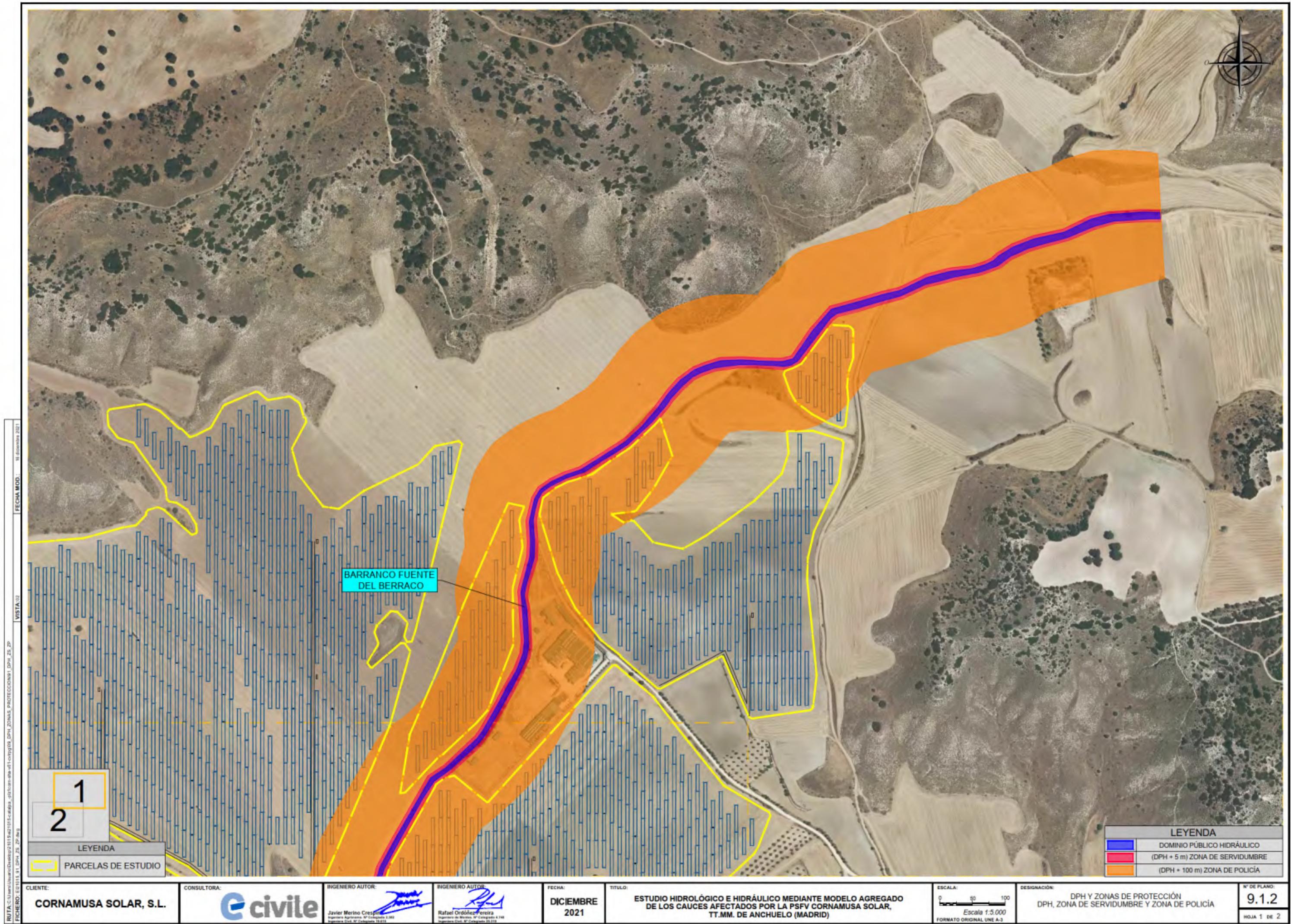


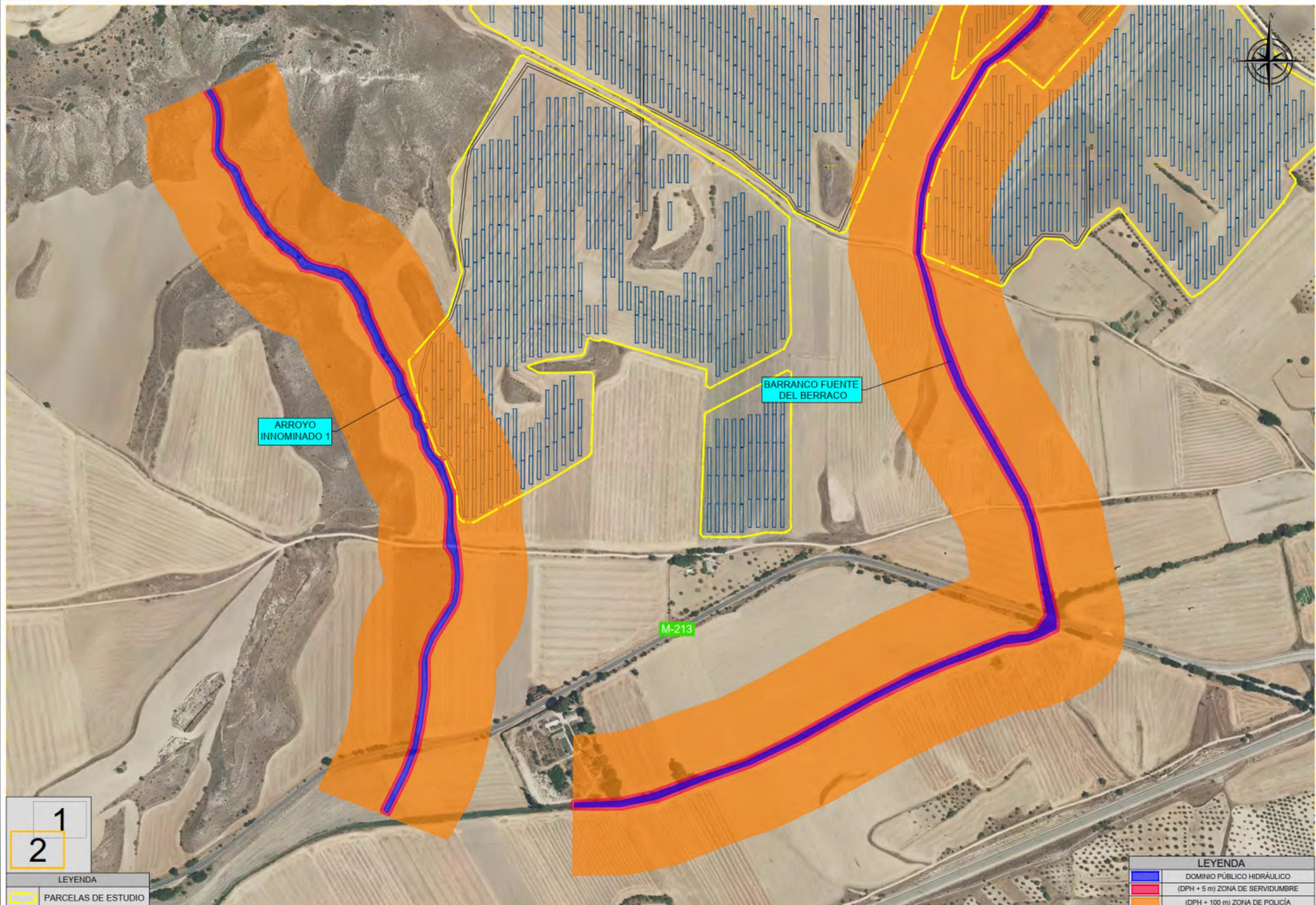


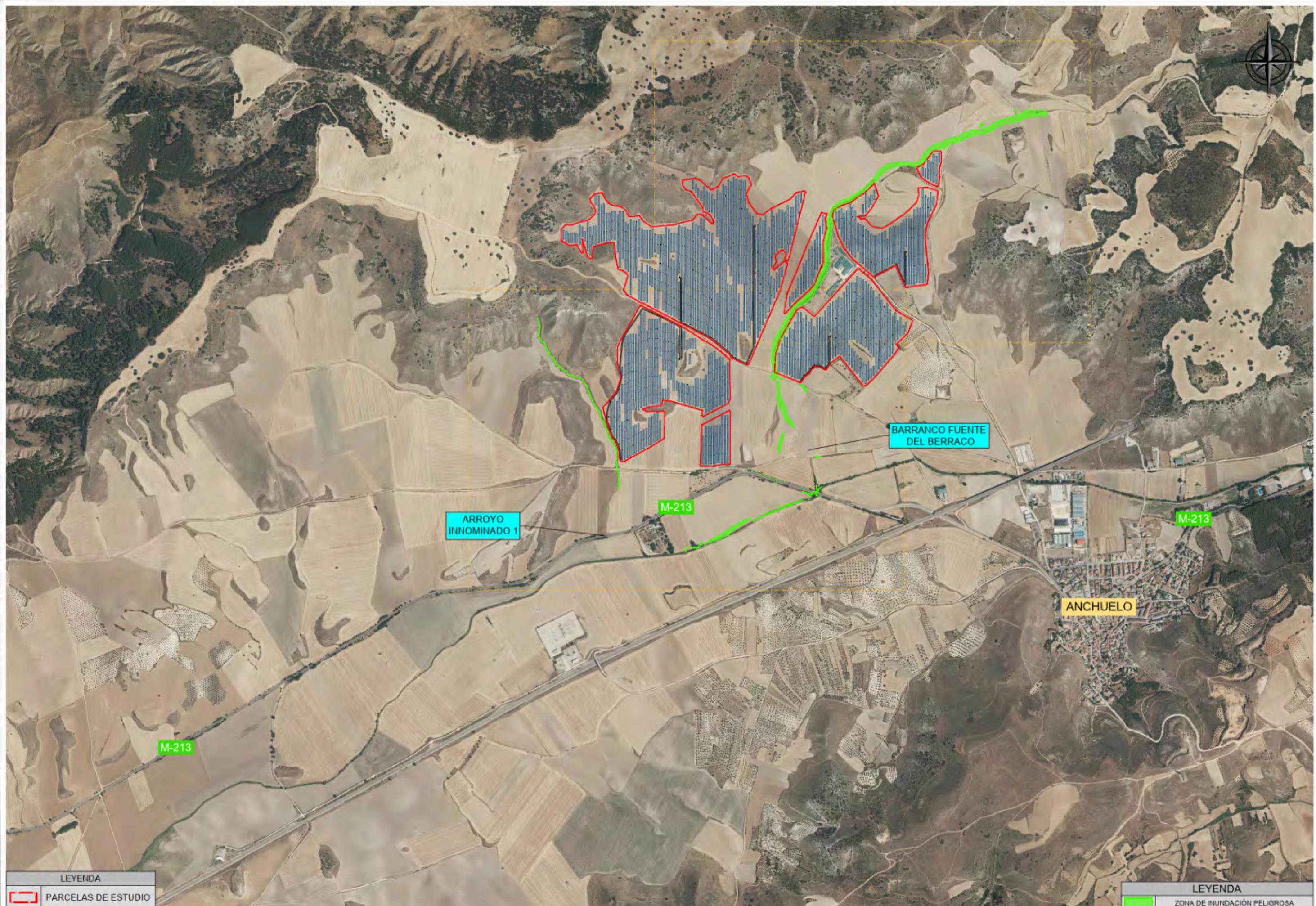


LEYENDA
[Yellow Box] PARCELAS DE ESTUDIO

LEYENDA		
	DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO	(DPH)
	(DPH + 5 m)	ZONA DE SERVIDUMBRE
	(DPH + 100 m)	ZONA DE POLICÍA







RUTA: C:\Users\Uziel\OneDrive\Documentos\11.5.6\2015-2016\...-julio\car-av-a1-cv\req\004.DFH Z0HnA5 PROTECCION2 DET ZF79921 ZP
VISTAZO
RECIA MOD.: 14-06-2014

LEYENDA

 ecivile

INGENIERO AUTOR:

INGENIERO AUTOR:

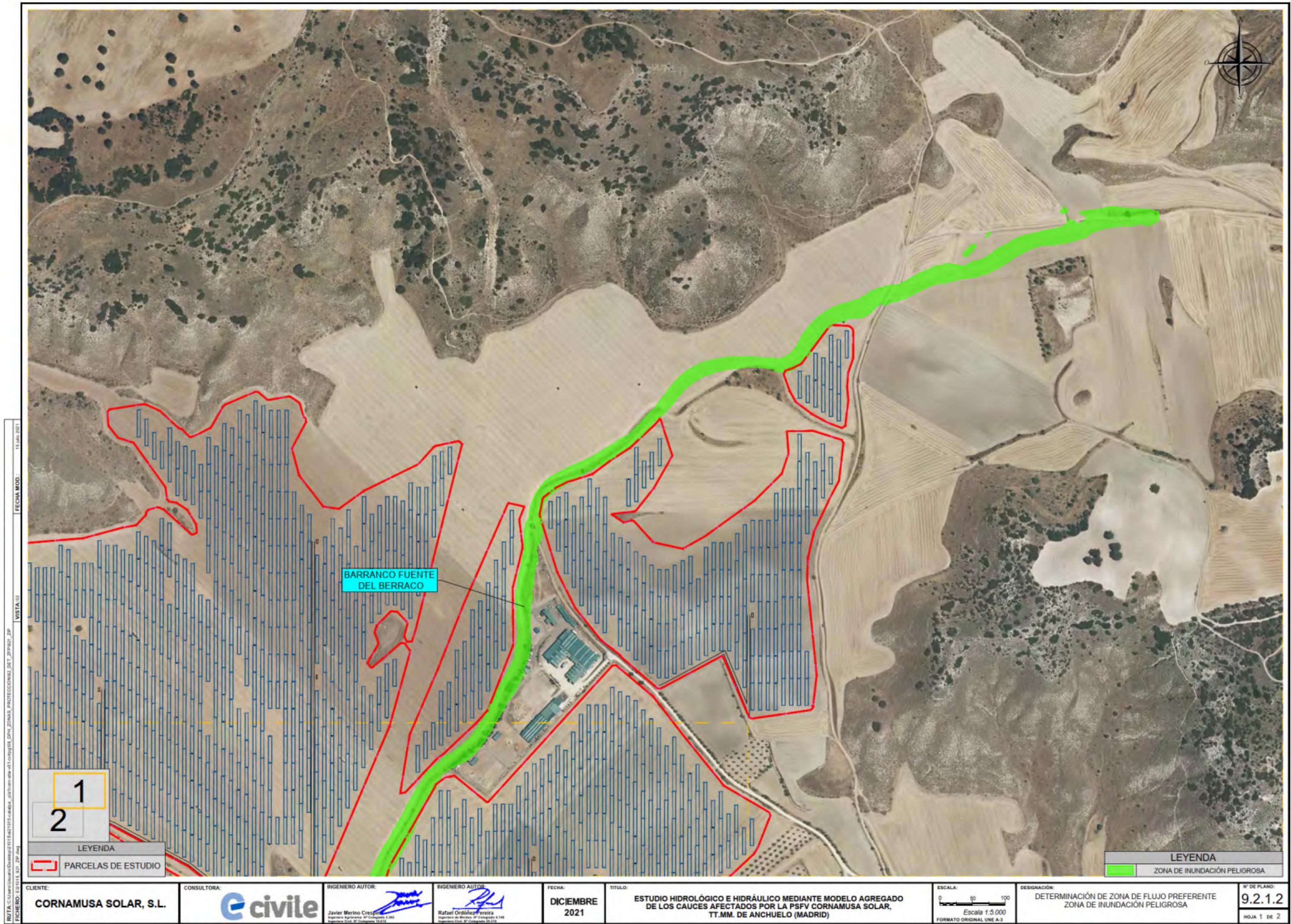

FECHA:
**DICIEMBRE
2021**

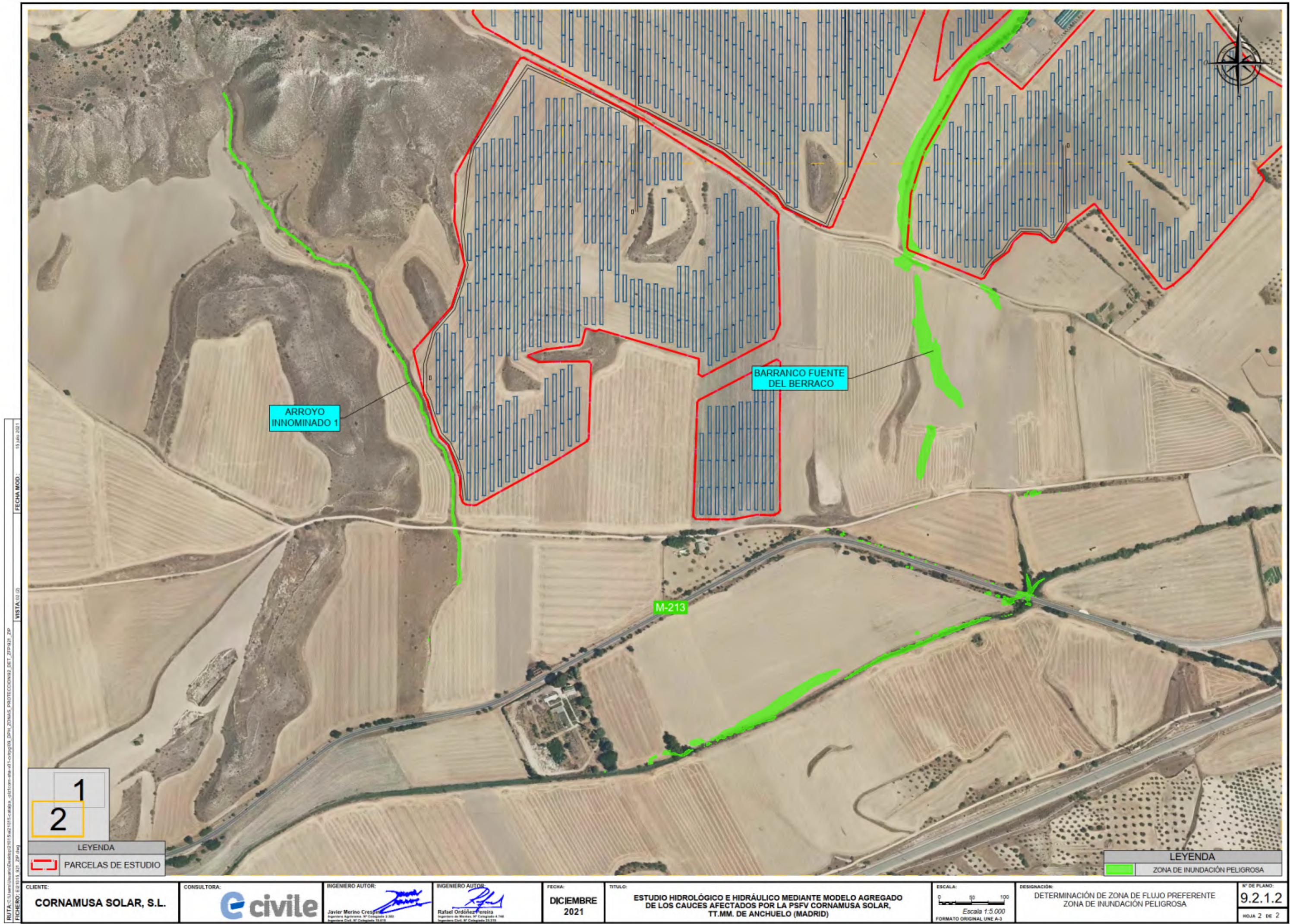
TÍTULO:
**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO MEDIANTE MODELO AGREGADO
DE LOS CAUCES AFECTADOS POR LA PSFV CORNAMUSA SOLAR,
TT.MM. DE ANCHUELO (MADRID)**

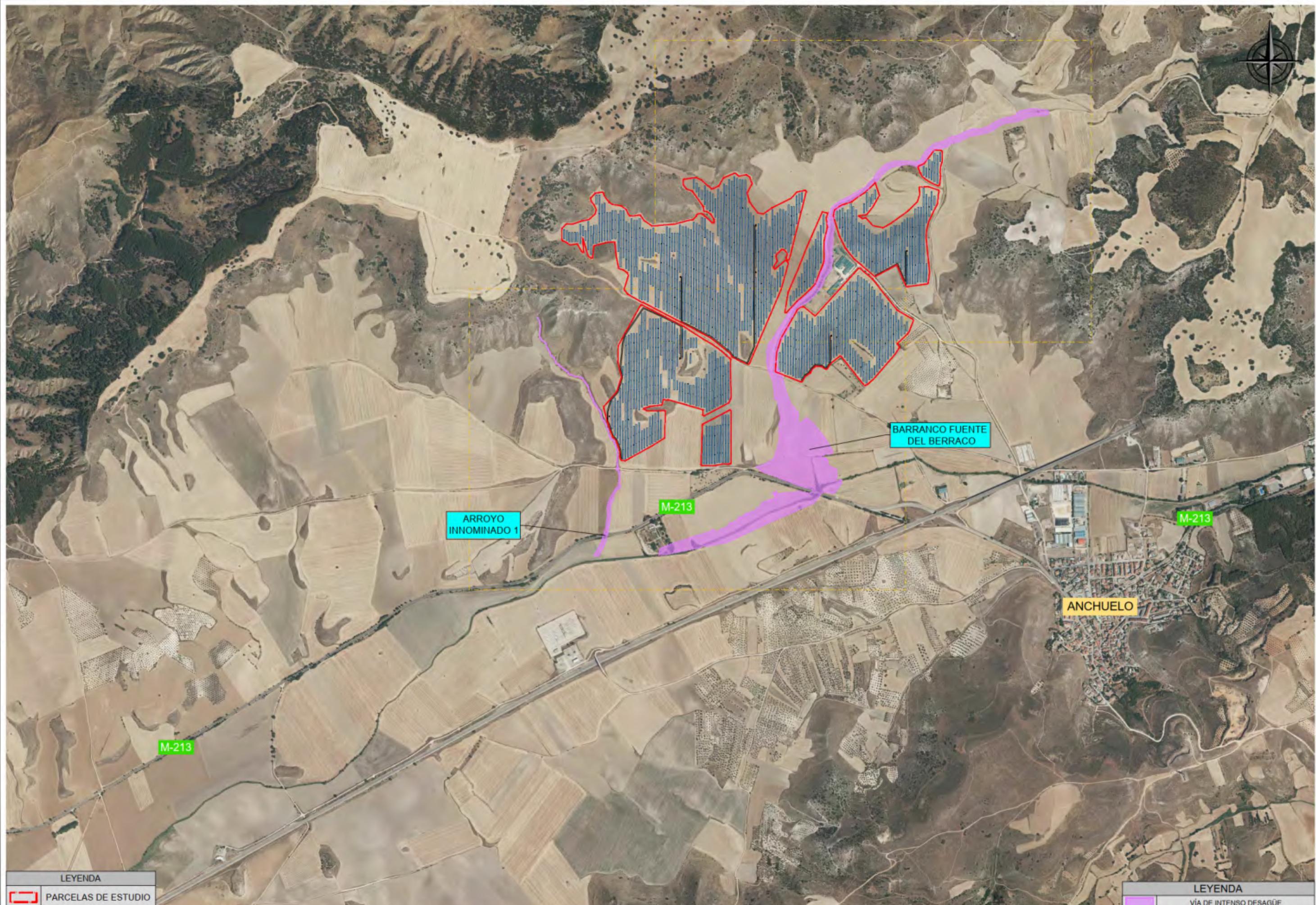
ESCALA:
0 150 300
Escala 1:15.000

**DETERMINACIÓN DE ZONA DE FLUJO PREFERENTE
ZONA DE INUNDACIÓN PELIGROSA
GENERAL**

Nº DE PIANO:
9.2.1.1
HOJA 1 DE 1







CLIENTE:
CORNAMUSA SOLAR, S.L.

CONSULTORA:
ecivite

INGENIERO AUTOR:

Javier Merino Crespo
Ingeniero Agrícola, N° Colegiado 2.362
Ingeniero Civil, N° Colegiado 18.618

INGENIERO AUTOR:

Rafael Ordóñez Fernández
Ingeniero de Minas, N° Colegiado 4.748
Ingeniero Civil, N° Colegiado 28.212

FECHA:
DICIEMBRE 2021

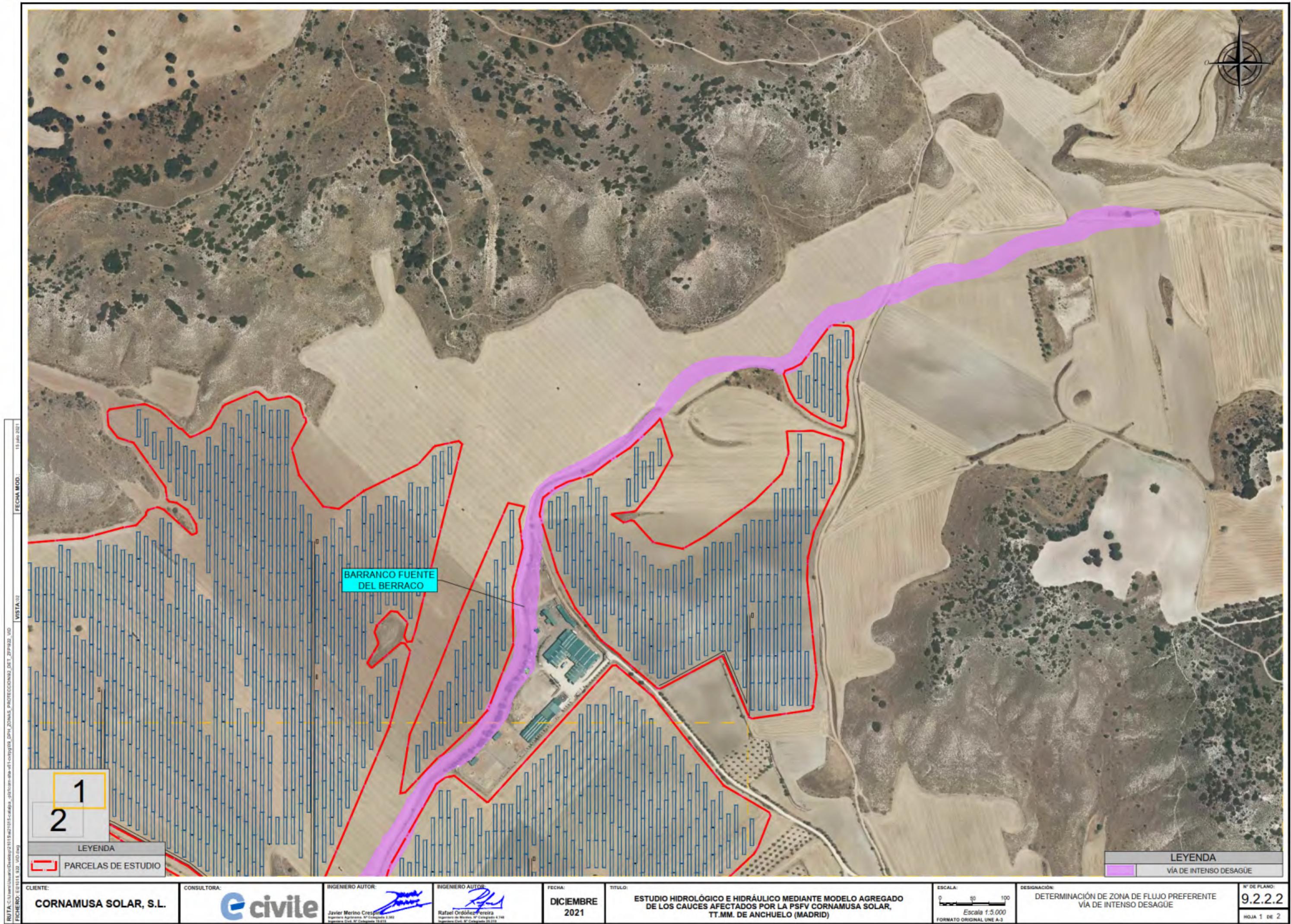
TÍTULO:
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO MEDIANTE MODELO AGREGADO DE LOS CAUCES Afectados por la PSFV CORNAMUSA SOLAR, TT.MM. DE ANCHUELO (MADRID)

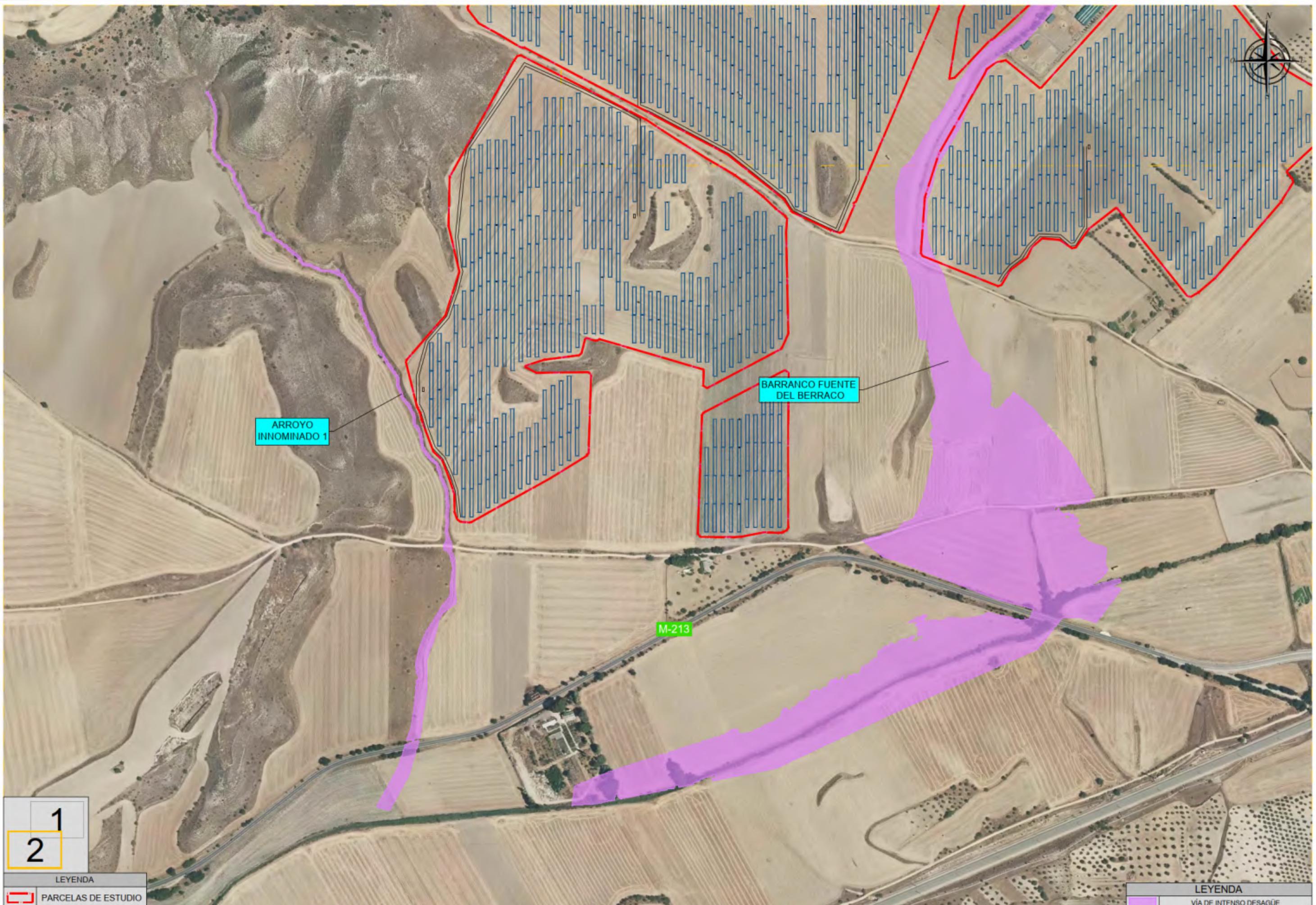
ESCALA:
0 150 300
Escala 1:15.000
FORMATO ORIGINAL UNE A-3

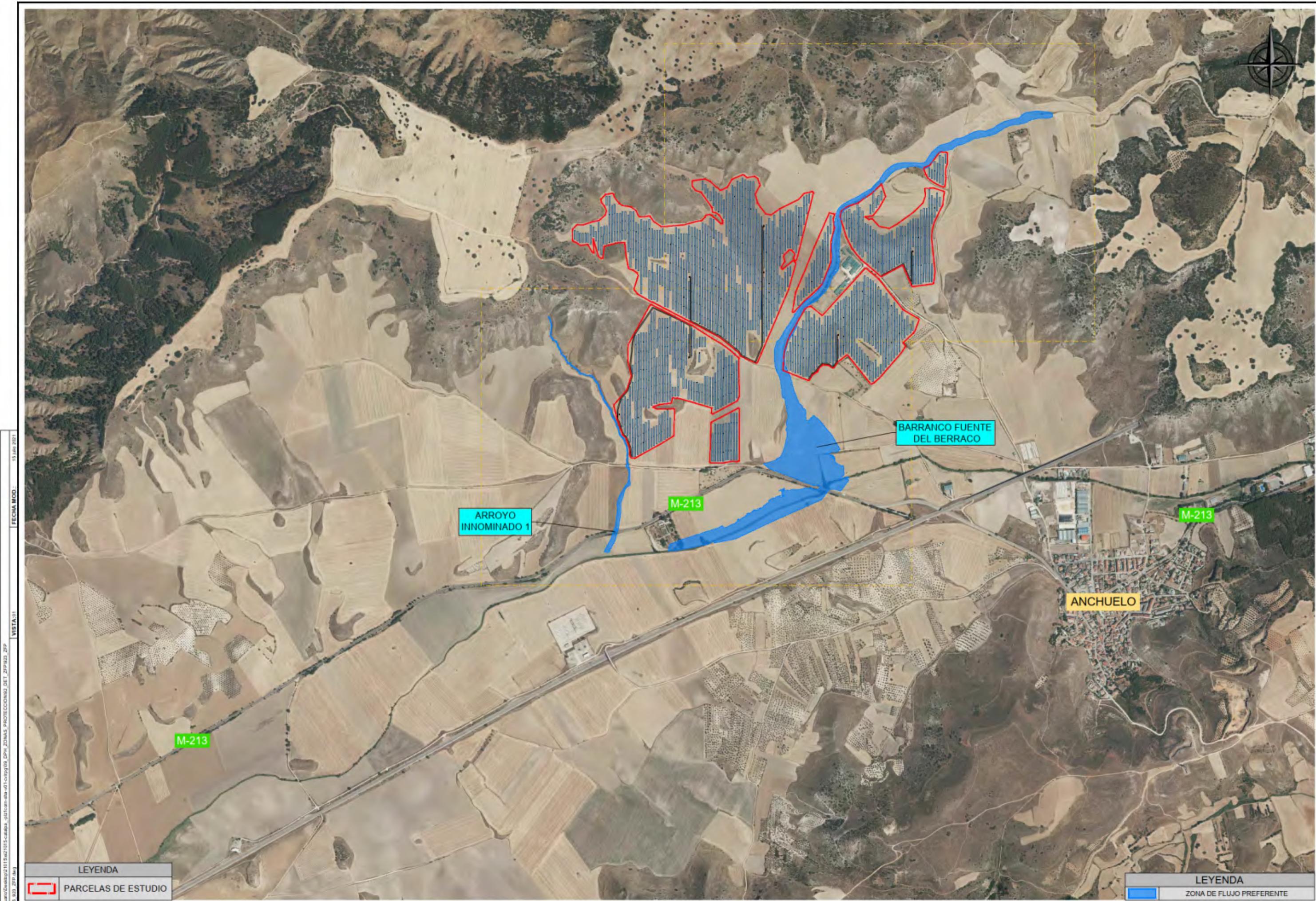
DESIGNACIÓN:
DETERMINACIÓN DE ZONA DE FLUJO PREFERENTE VÍA DE INTENSO DESAGÜE GENERAL

Nº DE PLANO:
9.2.2.1

HOJA 1 DE 1







LEYENDA

TORA:

INGENIERO AUTOR:

INGENIERO AUTOR:


FECHA:
**DICIEMBRE
2021**

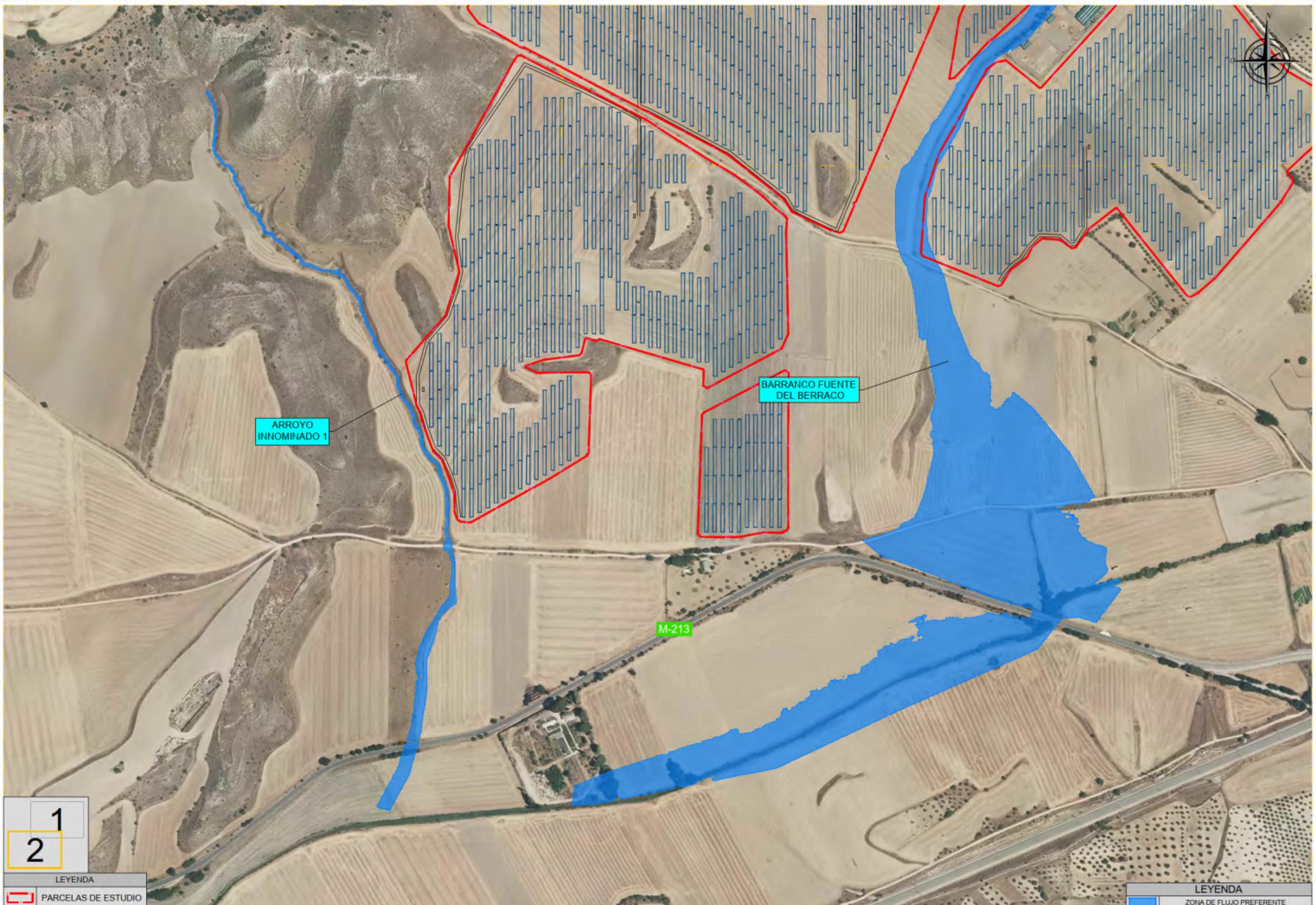
**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO MEDIANTE MODELO AGREGADO
DE LOS CAUCES AFECTADOS POR LA PSFV CORNAMUSA SOLAR,
TT.MM. DE ANCHUELO (MADRID)**

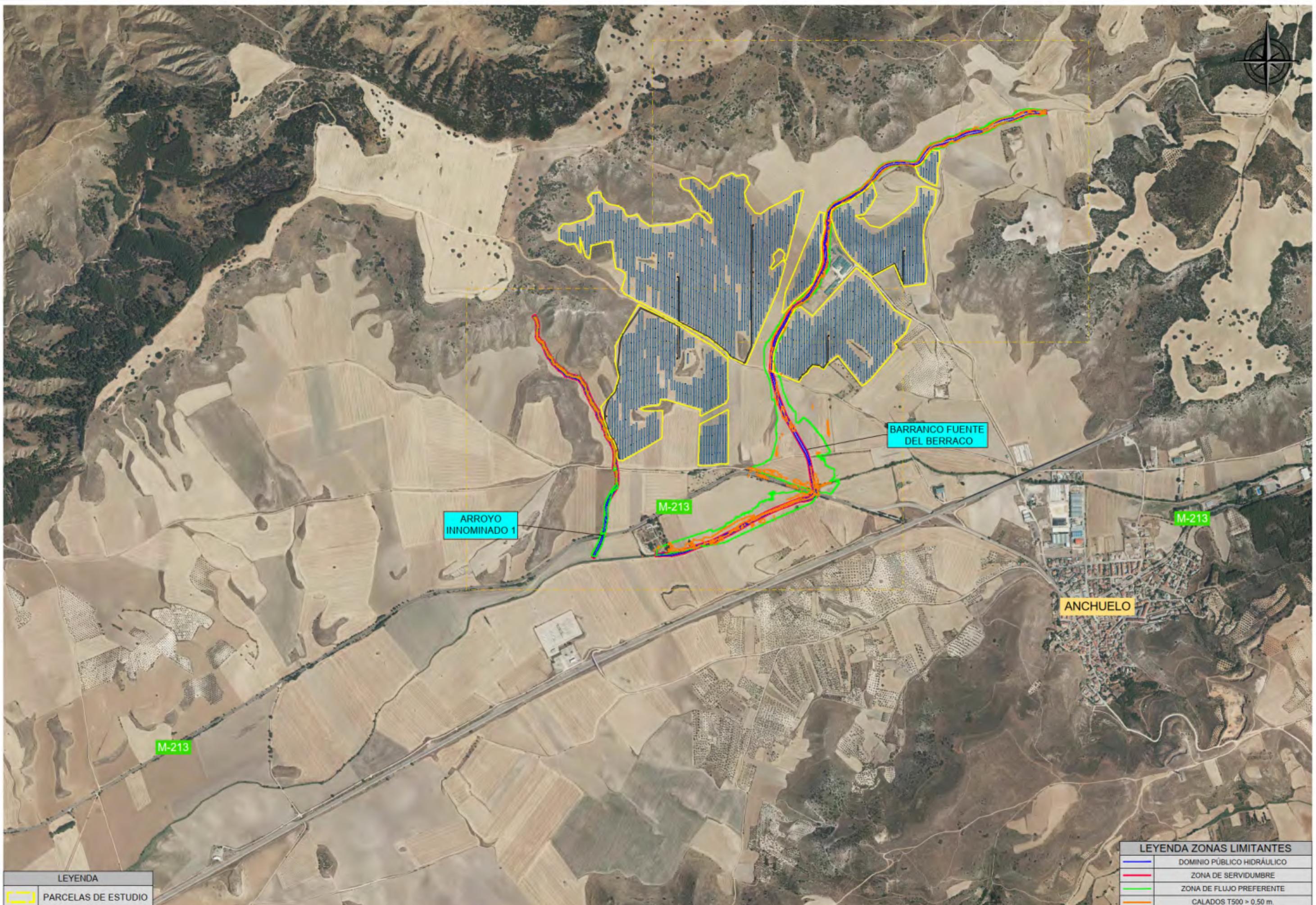
ESCALA:
 0 150 300
Escala 1:15.000

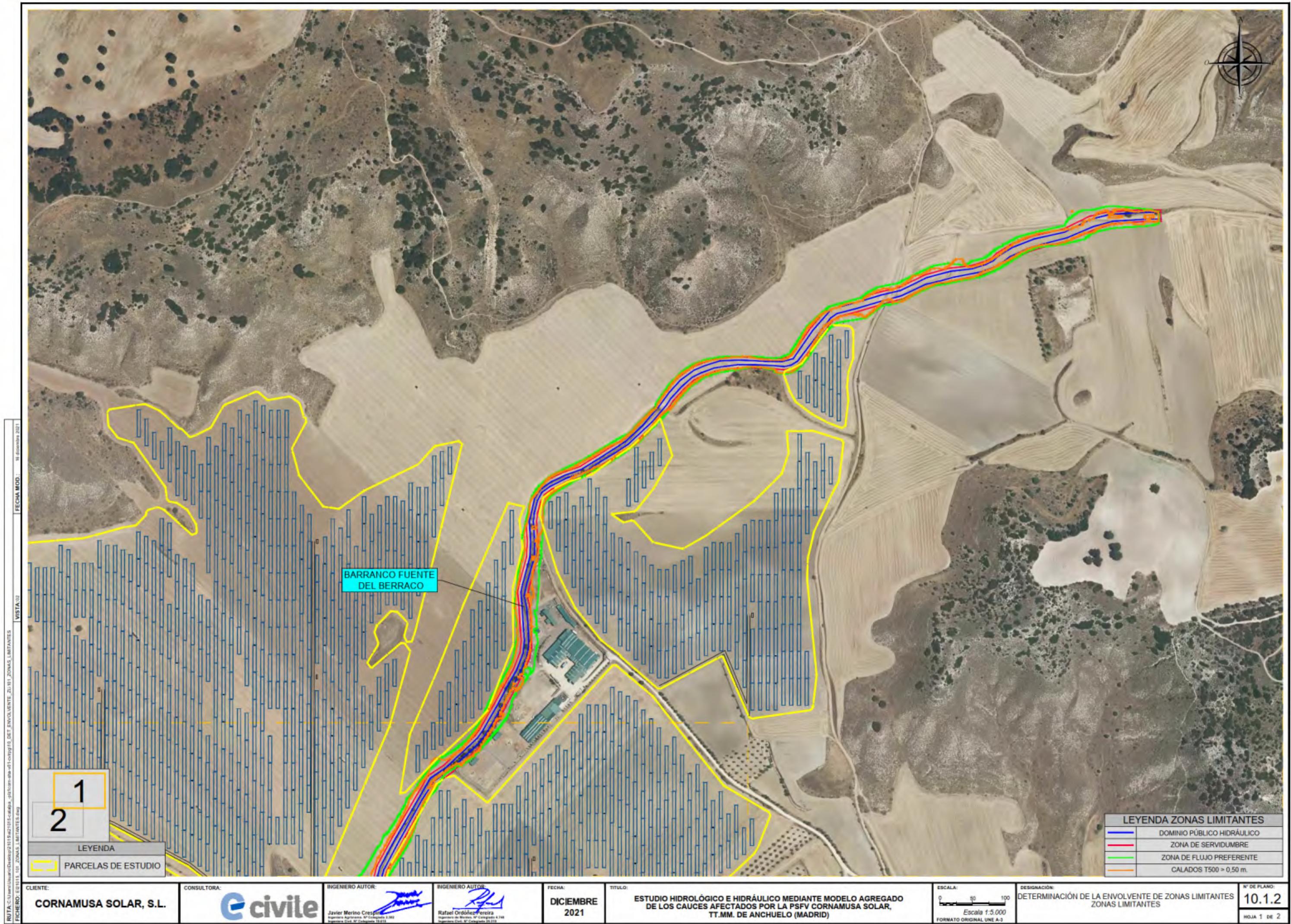
**DETERMINACIÓN DE ZONA DE FLUJO PREFERENTE
ZONA DE FLUJO PREFERENTE
GENERAL**

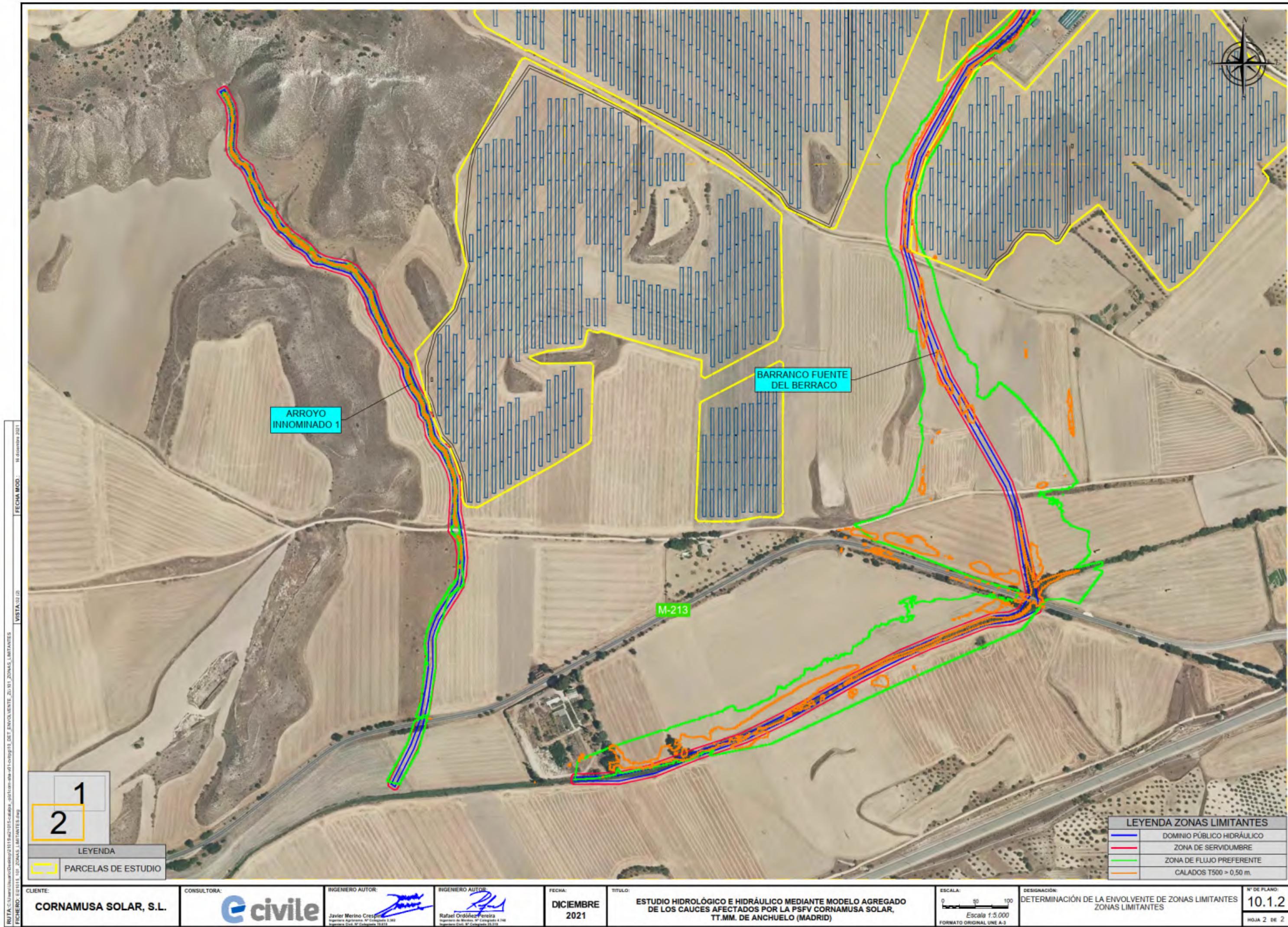
Nº DE PLANO:
9.2.3.1

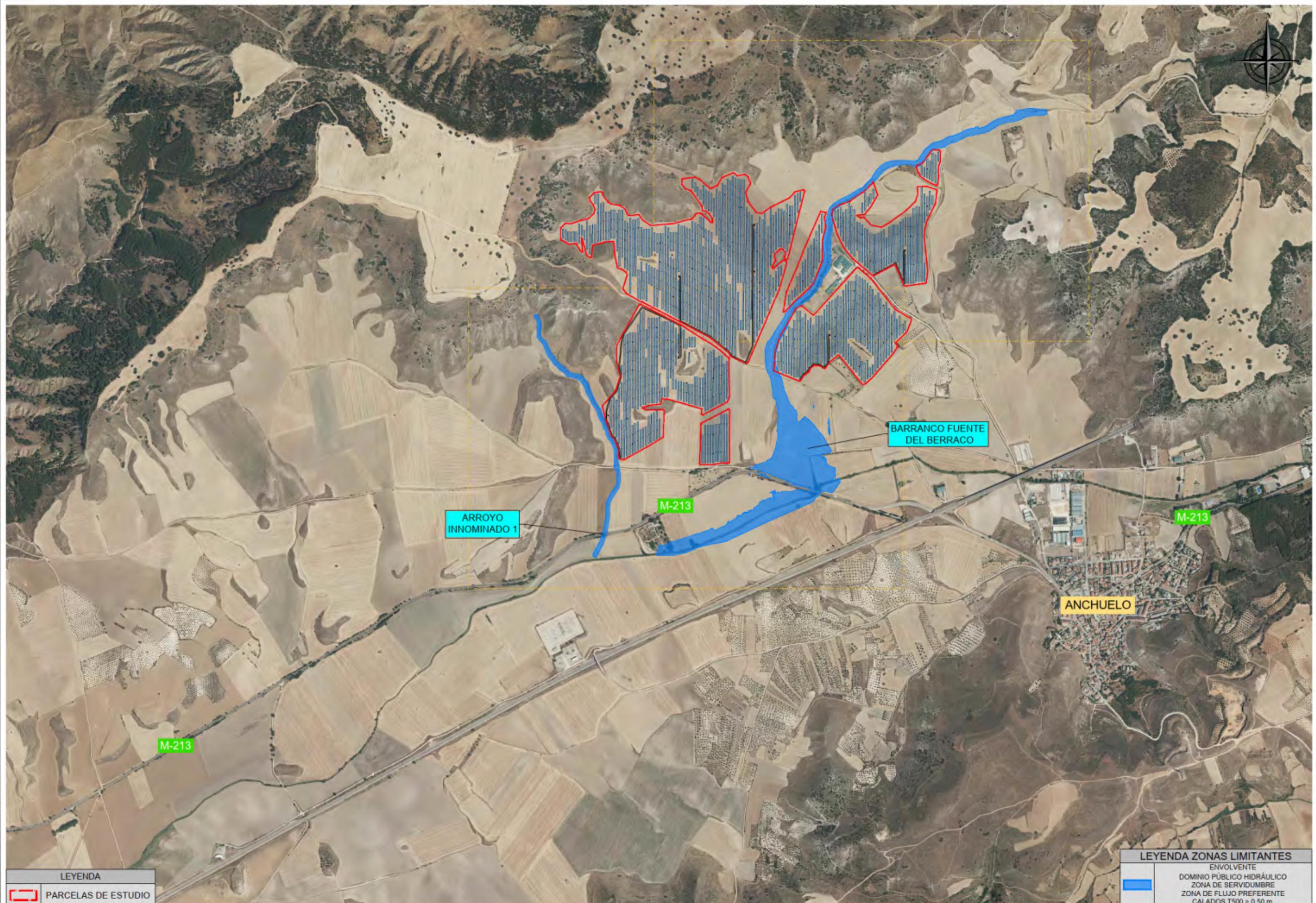












LEYENDA

PARCELAS DE ESTUDIO

LEYENDA ZONAS LIMITANTES

ENVOLVENTE
DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO
ZONA DE SERVIDUMBRE
ZONA DE FLUJO PREFERENTE
CALADOS T500 > 0,50 m.

CLIENTE:
CORNAMUSA SOLAR, S.L.

CONSULTORA:
ecivite

INGENIERO AUTOR:

Javier Merino Crespo
Ingeniero Agrícola, N° Colegiado 2.002
Ingeniero Civil, N° Colegiado 18.618

INGENIERO AUTOR:

Rafael Ordóñez Fernández
Ingeniero de Minas, N° Colegiado 4.748
Ingeniero Civil, N° Colegiado 28.232

FECHA:
DICIEMBRE 2021

TÍTULO:
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO MEDIANTE MODELO AGREGADO DE LOS CAUCOS AFECTADOS POR LA PSFV CORNAMUSA SOLAR, TT.MM. DE ANCHUELO (MADRID)

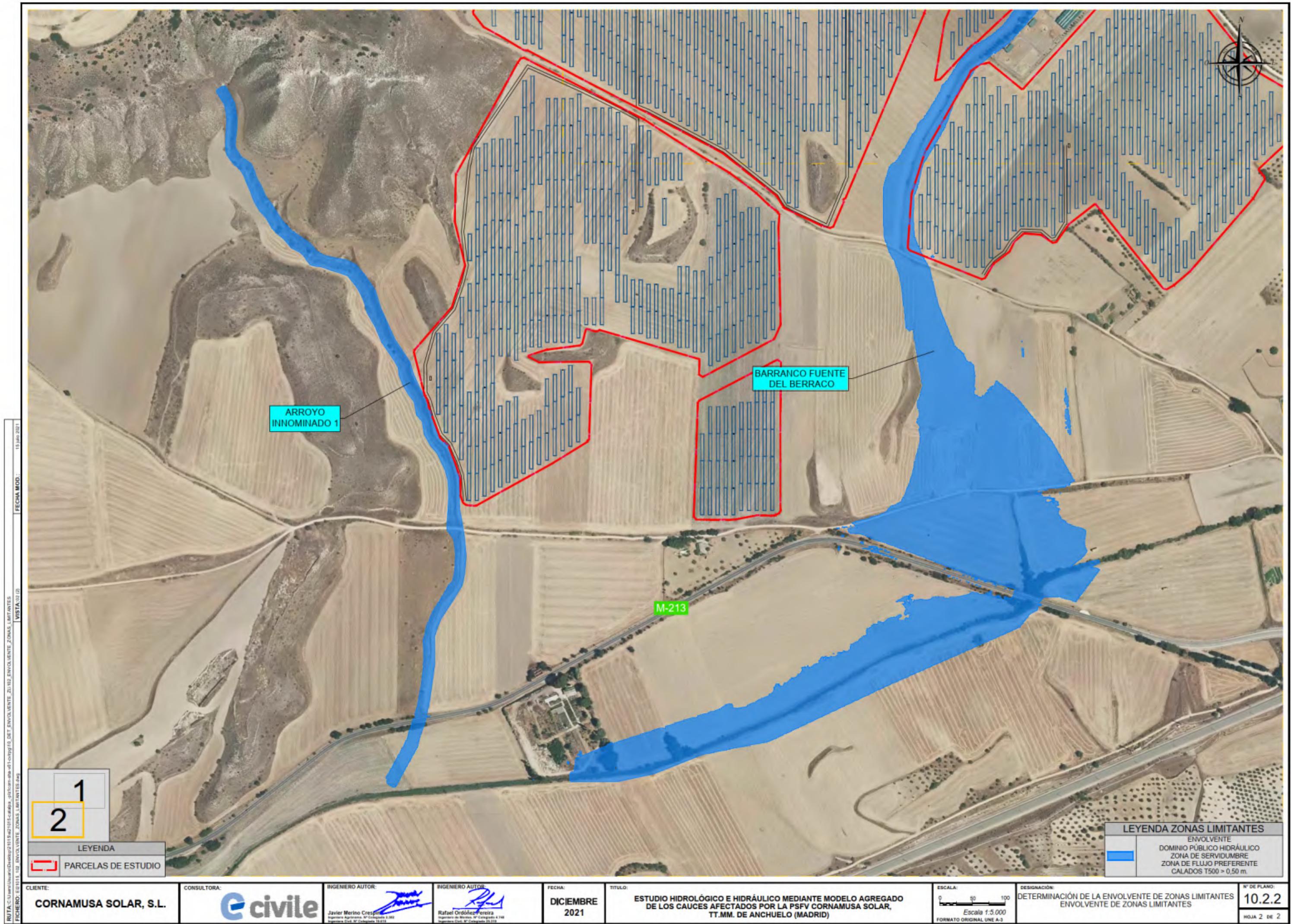
ESCALA:
0 150 300
Escala 1:15.000
FORMATO ORIGINAL UNE A-2

DESIGNACIÓN:
**DETERMINACIÓN DE LA ENVOLVENTE DE ZONAS LIMITANTES
ENVOLVENTE DE ZONAS LIMITANTES
GENERAL**

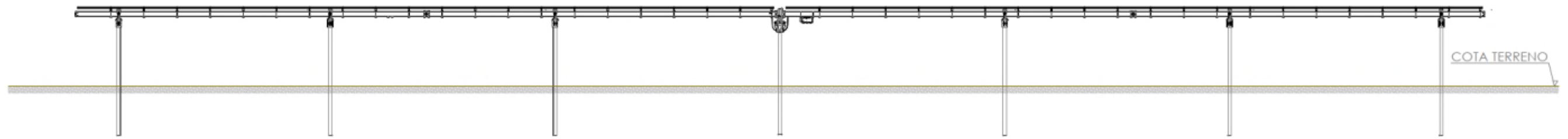
Nº DE PLANO:
10.2.1

HOJA 1 DE 1





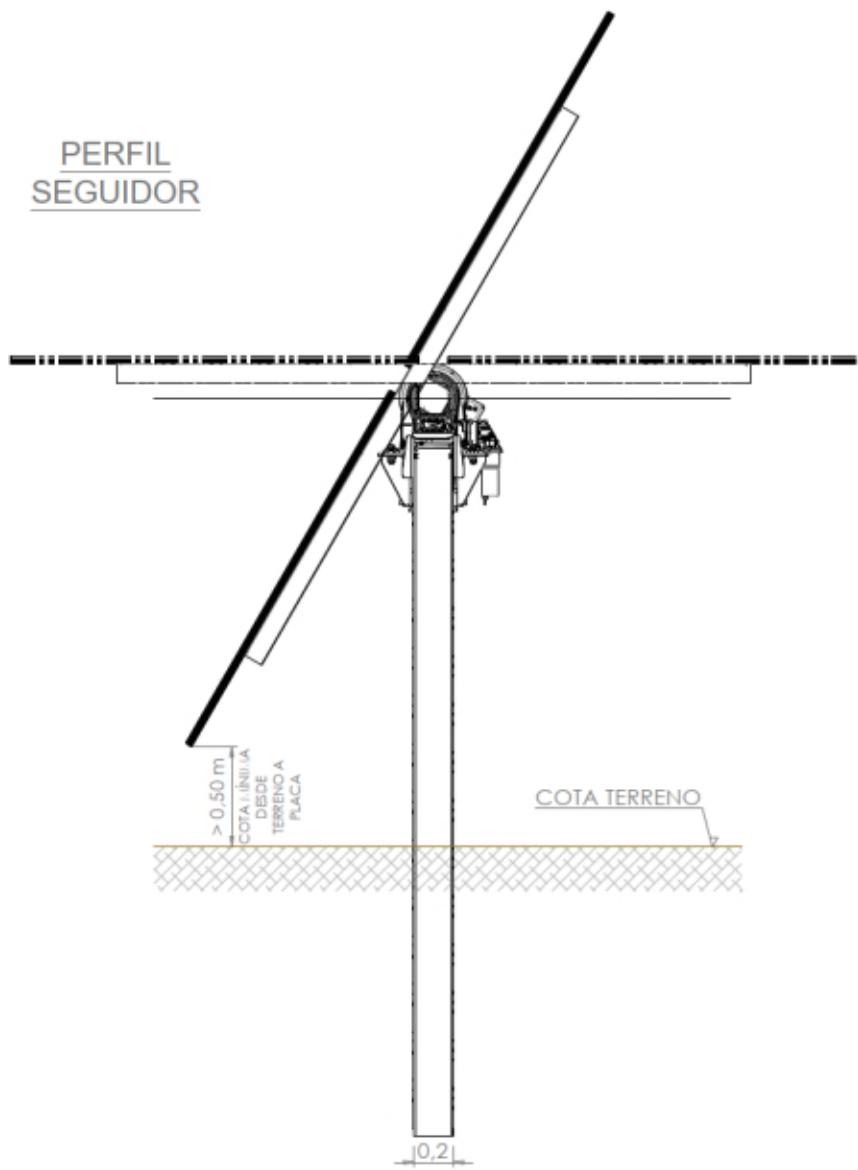
ALZADO
SEGUIDORES



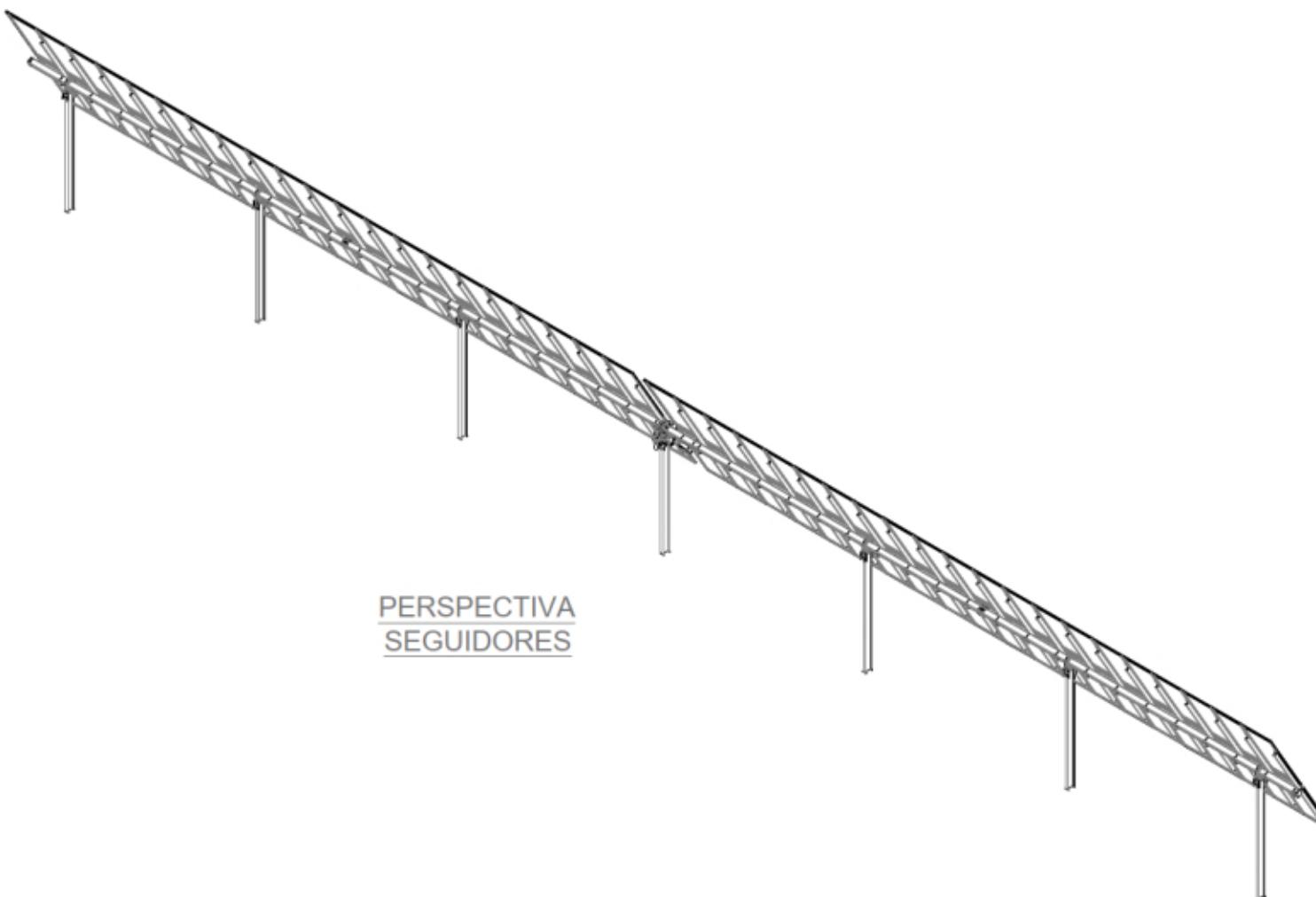
PLANTA
SEGUIDORES



PERFIL
SEGUIDOR



PERSPECTIVA
SEGUIDORES



RUTA=C:\Users\luis\OneDrive\Documentos\01-02-03-04-05-06-07-08-09-01-02-03-04-05-06-07-08-09
FICHERO: E:\0105_11 DETALLE SEGUIDORES.dwg
VISTA:01
FECHA MOD.: 16 diciembre 2021

CLIENTE:
CORNAMUSA SOLAR, S.L.

CONSULTORA:
ecivite

INGENIERO AUTOR:

Javier Merino Crespo
Ingeniero Agrimensor N° Colegiado 2.002
Ingeniero Civ. N° Colegiado 18.618

INGENIERO AUTOR:

Rafael Ordóñez Fernández
Ingeniero de Minas N° Colegiado 4.748
Ingeniero Civ. N° Colegiado 23.232

FECHA:
**DICIEMBRE
2021**

TITULO:
**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO MEDIANTE MODELO AGREGADO
DE LOS CAUCES AFECTADOS POR LA PSFV CORNAMUSA SOLAR,
TT.MM. DE ANCHUELO (MADRID)**

ESCALA:
S/E
FORMATO ORIGINAL UNE A-3

DESIGNACIÓN:
DETALLE DE SEGUIDORES

Nº DE PLANO:
11

HOJA 1 DE 1

Verbund



Anexo V. Vulnerabilidad del proyecto frente a accidentes graves y catástrofes

Contenido

1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 MARCO LEGAL	1
1.2 OBJETIVOS	2
2 METODOLOGÍA	3
3 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS POSIBLES RIESGOS	8
3.1 PELIGROSIDAD SÍSMICA	8
3.2 RIESGO POR FENÓMENOS METEOROLÓGICOS ADVERSOS	10
3.3 RIESGOS POR INUNDACIONES Y AVENIDAS	11
3.4 RIESGOS GEOLÓGICOS LITOLÓGICOS	13
3.5 RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES	15
3.6 RIESGOS TECNOLÓGICOS	16
4 CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS	18
4.1 CLASIFICACIÓN DEL RIESGO SEGÚN LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA Y AFECCIÓN AL PROYECTO	18
4.2 CLASIFICACIÓN DE LA MAGNITUD DE IMPACTO DEL PROYECTO AFECTADO POR UN ACCIDENTE O CATÁSTROFE NATURAL.....	21
5 EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS	23
5.1 RESUMEN DE LOS RESULTADOS	23
5.2 MATRIZ DE RIESGOS	28
5.3 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	28
5.4 CONCLUSIÓN FINAL	30
6 FUENTES DOCUMENTALES	30

1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se identifica el marco legal que justifica el desarrollo del presente anexo, así como la identificación de sus objetivos.

1.1 Marco legal

La Ley 9/2018 define, en su apartado 5, define la vulnerabilidad del proyecto de la siguiente manera:

"Vulnerabilidad del proyecto": Características físicas de un proyecto que pueden incidir en los posibles efectos adversos significativos que sobre el medio ambiente se puedan producir como consecuencia de un accidente grave o una catástrofe.

Esta compleja definición se aclara si se contextualiza en el ámbito de los riesgos, como la probabilidad que tienen los componentes de un proyecto para verse afectados por peligros o amenazas provenientes de accidentes graves de origen humano o por catástrofes naturales.

Asimismo, quedan definidas en dicho apartado 5 de la Ley 9/2018 los conceptos "Accidente grave" y "Catástrofe", de la siguiente manera:

"Accidente grave": suceso, como una emisión, un incendio o una explosión de gran magnitud, que resulte de un proceso no controlado durante la ejecución, explotación, desmantelamiento o demolición de un proyecto, que suponga un peligro grave, ya sea inmediato o diferido, para las personas o el medio ambiente.

"Catástrofe": suceso de origen natural, como inundaciones, subida del nivel del mar o terremotos, ajeno al proyecto que produce gran destrucción o daño sobre las personas o el medio ambiente.

Además, la Directiva 2014/52/UE, que dice textualmente:

"Al objeto de garantizar un alto nivel de protección del medio ambiente, deben tomarse medidas preventivas respecto de determinados proyectos que, por su vulnerabilidad ante accidentes graves o catástrofes naturales, como inundaciones, subida del nivel del mar o terremotos, pueden tener efectos adversos significativos para el medio ambiente. Respecto de esos proyectos, es importante tomar en consideración su vulnerabilidad (exposición y resiliencia) ante accidentes graves o catástrofes, el riesgo de que se produzcan dichos accidentes o catástrofes y las implicaciones en la probabilidad de efectos adversos significativos para el medio ambiente".

El apartado 14 del Artículo único de la Ley 9/2018, que modifica el Artículo 35.1 apartado d), recoge literalmente lo siguiente:

"Se Incluirá un apartado específico que incluya la identificación, descripción, análisis y, si procede, cuantificación de los efectos adversos esperados sobre los factores del medio, derivados de la vulnerabilidad del proyecto ante riesgos de accidentes o catástrofes, sobre el riesgo de que se produzcan dichos accidentes o catástrofes, y sobre los probables efectos adversos significativos sobre el medio ambiente, en caso de ocurrencia de los mismos, o bien informe justificativo sobre la no aplicación de este apartado al proyecto".

Asimismo, el apartado 41 modifica el Anexo VI, indicando que el estudio ambiental debe incluir la información que expone seguidamente y que en el punto 7. Vulnerabilidad del proyecto dice literalmente:

7. Vulnerabilidad del proyecto.

Una descripción de los efectos adversos significativos del proyecto en el medio ambiente a consecuencia de la vulnerabilidad del proyecto ante el riesgo de accidentes graves y/o catástrofes relevantes, en relación con el proyecto en cuestión. Para este objetivo, podrá utilizarse la información relevante disponible y obtenida a través de las evaluaciones de riesgo realizadas de conformidad con otras normas, como la normativa relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (SEVESO), así como la normativa que regula la seguridad nuclear de las instalaciones nucleares. En su caso, la descripción debe incluir las medidas previstas para prevenir y mitigar el efecto adverso significativo de tales acontecimientos en el medio ambiente, y detalles sobre la preparación y respuesta propuesta a tales emergencias.

1.2 Objetivos

El objetivo del presente anexo es el cumplimiento de lo indicado en el apartado 14 del Artículo único de la Ley 9/2018, que modifica el Artículo 35.1 apartado d).

Para ello, en este anexo se identifican los siguientes objetivos específicos:

- **Objetivo 1: Identificar el riesgo** de que se produzcan accidentes graves o catástrofes naturales, así como una **descripción y caracterización general** de cada riesgo en el ámbito de estudio y los efectos adversos significativos sobre el medio ambiente en caso de ocurrencia.
- **Objetivo 2: Describir la vulnerabilidad del proyecto o probabilidad que tiene el proyecto para verse afectado** por accidentes graves o catástrofes naturales.
- **Objetivo 3: Describir los efectos adversos significativos sobre medio ambiente derivados de la vulnerabilidad del proyecto** ante accidentes graves o catástrofes naturales.

- **Objetivo 4: Evaluación del riesgo** a partir de los **objetivos 2 y 3.**

2 METODOLOGÍA

La evaluación de riesgos específicos de que se produzcan accidentes graves o catástrofes naturales y los **efectos adversos significativos sobre medio ambiente derivados de la vulnerabilidad del proyecto** ante accidentes graves o catástrofes naturales, se basa en el documento de la EPA de orientación para la evaluación y el cálculo el coste de los pasivos ambientales de la Environmental Protection Agency (*Guidance on assessing and costing environmental liabilities. Wexford, Ireland. Environmental Protection Agency, 2014.*).

Las fases metodológicas para la evaluación de riesgos específicos son las siguientes:

- Fase 1. Identificación de riesgo (Objetivo 1)
- Fase 2. Clasificación de riesgo según su probabilidad ocurrencia y efectos sobre el proyecto (Objetivo 2)
- Fase 3. Clasificación de la magnitud de impacto del proyecto como consecuencia de que el proyecto sufra un accidente o catástrofe natural (Objetivo 3)
- Fase 4. Evaluación de riesgo (Objetivo 4)

A continuación, se describen las fases metodológicas para la evaluación de riesgos relacionadas anteriormente.

Fase 1: Identificación de los posibles riesgos e inventario de la información básica existente para su caracterización

Se consideran los riesgos plausibles considerando aquellos incidentes anormales pero plausibles que pueden ocurrir en el ámbito del proyecto.

En esta fase se recopila la información básica relativa a las causas y la magnitud de los riesgos, en base a la información existente sobre cada uno de los posibles riesgos para su posterior análisis.

El desarrollo de la fase se encuentra en el apartado 3. Por otra parte, se indicarán las fuentes bibliográficas utilizadas en el inventario de la información, las cuales se reúnen en el apartado final.

Fase 2: Clasificación del riesgo según la probabilidad de ocurrencia y efectos sobre el proyecto

Una vez identificado el riesgo potencial, se evalúa la probabilidad de que ocurra. Se considera un análisis de los procedimientos de seguridad existentes y los controles ambientales propuestos, para estimar la probabilidad de que ocurran los riesgos potenciales

identificados. A continuación, se definen las categorías para la clasificación del riesgo según la probabilidad de ocurrencia:

- Categoría 1. Extremadamente improbable
- Categoría 2. Muy improbable
- Categoría 3. Improbable
- Categoría 4. Probable
- Categoría 5. Muy probable

Estas categorías se establecen considerando los siguientes criterios que definen a dichas categorías:

CATEGORÍA 1. EXTREMADAMENTE IMPROBABLE

- Puede ocurrir solo en circunstancias excepcionales.
- Una vez cada 500 o más años.

CATEGORÍA 2. MUY IMPROBABLE

- No se espera que ocurra; y / o ningún incidente registrado o evidencia anecdótica; y / o muy pocos incidentes en organizaciones, instalaciones o comunicaciones asociadas; y / o poca oportunidad, razón o medio para que ocurra.
- Puede ocurrir una vez cada 100-500 años.

CATEGORÍA 3. IMPROBABLE

- Puede ocurrir en algún momento; y / o pocos incidentes poco frecuentes, registrados al azar o poca evidencia anecdótica; algunos incidentes comparables en organizaciones en todo el mundo; alguna oportunidad, razón o medios para que ocurra.
- Puede ocurrir una vez cada 10-100 años.

CATEGORÍA 4. PROBABLE

- Probable o puede ocurrir; incidentes registrados regularmente y evidencia anecdótica fuerte.
- Probablemente ocurrirán una vez cada 1-10 años.

CATEGORÍA 5. MUY PROBABLE

- Muy probable que ocurra; alto nivel de incidentes registrados y / o evidencia anecdótica fuerte.
- Probablemente ocurrirá más de una vez al año.

El desarrollo de la fase se encuentra en el apartado 4.1.

Fase 3: Clasificación de la magnitud de impacto del proyecto como consecuencia de que el proyecto sufra un accidente o catástrofe natural

Debe tenerse en cuenta que, al clasificar el riesgo según las consecuencias del impacto, la calificación asignada asume que todas las medidas de mitigación propuestas y los procedimientos de seguridad no han logrado evitar el accidente y / o desastre mayor.

- Categoría 1. Impacto menor.
- Categoría 2. Impacto limitado.
- Categoría 3. Impacto grave.
- Categoría 4. Impacto muy grave.
- Categoría 5. Impacto catastrófico.

Se establece una clasificación de riesgo en categorías según los factores ambientales afectados y distinguiendo entre efectos medioambientales (tanto en el medio biótico como en el medio físico) y efectos socioeconómicos (que incluye personas afectadas, salud, pérdidas económicas y efectos en los servicios y en las infraestructuras).

CATEGORÍA 1. IMPACTO MENOR

- *Efectos medioambientales:*
 - Efectos espacialmente localizados.
 - Efectos temporales de duración tan sólo a corto plazo (menor a 1 año).
 - Contaminación nula.
- Efectos socioeconómicos:
 - Número de personas afectadas: Nulo o bajo
 - Efectos en la salud: Pequeño número de lesiones menores con tratamiento de primeros auxilios.
 - Efectos económicos: Menores a 0,5 millones de euros.
 - Efectos en los servicios o infraestructuras: Interrupción localizada menor. Efectos durante menos de 6 horas.

CATEGORÍA 2. IMPACTO LIMITADO

- Efectos medioambientales:
 - Efectos localizados.
 - Efectos a medio plazo (prolongación menor a 5 años).

- Contaminación simple.
- Efectos socioeconómicos:
 - Número de personas afectadas: Limitado.
 - Efectos en la salud: Algunas lesiones graves requiriendo hospitalización y tratamiento médico.
 - Efectos económicos: Entre 0,5 y 3 millones de euros.
 - Efectos en los servicios o infraestructuras: Desplazamiento localizado de un pequeño número de personas durante 6-24 horas. Apoyo personal a través de medios locales. Funcionamiento normal de la comunidad con algunos inconvenientes.

CATEGORÍA 3. IMPACTO GRAVE

- Efectos medioambientales:
 - Efectos con cierta extensión espacial (has).
 - Efectos a largo plazo (duración prolongada superior a 5 años).
 - Contaminación con dispersión de efectos.
- Efectos socioeconómicos:
 - Número de personas afectadas: Número significativo de personas en el área afectada impactada con varias muertes (<5).
 - Efectos en la salud: Múltiples lesiones graves o extensas (20), hospitalización significativa.
 - Efectos económicos: Entre 3 y 10 millones de euros.
 - Efectos en los servicios o infraestructuras: Gran cantidad de personas desplazadas durante 6 a 24 horas o posiblemente más allá; hasta 500 evacuados. Recursos externos necesarios para el apoyo personal. Comunidad solo parcialmente funcionando, algunos servicios disponibles.

CATEGORÍA 4. IMPACTO MUY GRAVE

- Efectos medioambientales:
 - Efectos espacialmente extensos.
 - Efectos de duración prolongada o permanente.
 - Contaminación intensa.
- Efectos socioeconómicos:
 - Número de personas afectadas: De 5 a 50 víctimas.

- Efectos en la salud: Hasta 100 heridos graves.
- Efectos económicos: Entre 10 y 25 millones de euros.
- Efectos en los servicios o infraestructuras: Hasta 2000 evacuados. Funcionamiento deficiente de la comunidad, servicios mínimos disponibles

CATEGORÍA 5. IMPACTO CATASTRÓFICO

- Efectos medioambientales:
 - Efectos de gran amplitud geográfica.
 - Efectos generalizados de muy larga duración y/o permanentes.
 - Contaminación muy intensa.
- Efectos socioeconómicos:
 - Número de personas afectadas: Gran número de personas afectadas con un número significativo de víctimas mortales (> 50).
 - Efectos en la salud: Más 100 heridos graves.
 - Efectos económicos: Más 25 millones de euros.
 - Efectos en los servicios o infraestructuras: Más de 2000 evacuados. Daños graves a la infraestructura que causan interrupciones significativas o pérdida de servicios clave durante un período prolongado. La comunidad no puede funcionar sin un apoyo significativo.

El desarrollo de la fase se encuentra en el apartado 4.2.

Fase 4: Evaluación del riesgo

Para la evaluación de riesgos (apartado 5) se emplean las clasificaciones de probabilidad de ocurrencia y consecuencia del impacto.

Previo resumen de la información más relevante para cada uno de los riesgos, y cálculo del valor del riesgo (en el apartado 5.1) se construye una matriz de riesgo (en el apartado 5.2) para representar la naturaleza de cada riesgo y asignarle un escenario de riesgo determinado. Esta matriz está codificada por colores que representan escenarios de alto, medio y bajo riesgo.

Finalmente, en base a los objetivos inicialmente planteados y los resultados obtenidos, se discuten y concluye, sin olvidar el marco general del estudio ambiental. Esta discusión se incluye en el apartado 5.3 y las conclusiones finales se incluyen en el apartado 5.4.

3 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS POSIBLES RIESGOS

A continuación, se describen aquellos aspectos de la peligrosidad relativos a catástrofes o accidentes graves en el área de estudio, y que se han considerado de relevancia para la zona.

Existe información básica concerniente a los aspectos relacionados con las catástrofes naturales, los cuales se encuentran en el apartado de descripción del medio (en los apartados de clima, hidrología, geología, etc.).

3.1 Peligrosidad sísmica

La peligrosidad sísmica está ligada a las zonas del territorio donde se producen terremotos. En la Resolución de 5 de mayo de 1995, de la Secretaría de Estado de Interior, por la que se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros por el que se aprueba la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico, se incluye un mapa de Peligrosidad Sísmica en España para un período de retorno de 500 años, del Instituto Geográfico Nacional. Asimismo, se enumeran los términos en aquellas áreas donde son previsibles sismos de intensidad igual o superior a los de grado VII (ver ilustración).



Figura 1. Mapa de peligrosidad sísmica de España según escala de Mercalli. Fuente IGN

En esta escala, el grupo VI se corresponde con un daño potencial moderado y el VII con daño moderado-fuerte.

En base a esto y, analizando más detalladamente el ámbito de estudio, ninguno de los términos del ámbito se encuentra en la relación del anexo II de la citada Resolución de 5 de mayo de 1995, en la que se incluyen aquellos términos cuyo grado de peligrosidad es igual o superior a VII en la escala de Mercalli.

Otra forma de medir la peligrosidad sísmica es mediante el parámetro de aceleración sísmica básica, que mide directamente las aceleraciones que sufre la superficie del suelo usando como factor de referencia la aceleración de la gravedad ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

A diferencia de otras medidas que cuantifican terremotos como la Escala Richter, el parámetro de aceleración sísmica básica no es una medida de la energía total liberada del terremoto, por lo que no se trata de una medida de magnitud, sino de intensidad. Se puede medir con simples acelerómetros y es sencillo correlacionar con la Escala de Mercalli (ver tabla).

Tabla 1. Equivalencias entre los valores de la escala de Mercalli y la aceleración sísmica, así como la percepción del temblor y el daño potencial

Escala de Mercalli	Aceleración sísmica (m/s^2)	Percepción del temblor	Potencial de daño
I	< 0,0017g	No apreciable	Ninguno
II-III	0,0017g–0,014g	Muy leve	Ninguno
IV	0,014g–0,039g	Leve	Ninguno
V	0,039g–0,092g	Moderado	Muy leve
VI	0,092g–0,18g	Fuerte	Leve
VII	0,18g–0,34g	Muy fuerte	Moderado
VIII	0,34g–0,65g	Severo	Moderado-fuerte

De manera coherente con lo que se observa en el mapa de peligrosidad sísmica según la escala de Mercalli, también resulta que el ámbito de estudio (ver figura a continuación) se encuentra en la zona de aceleración sísmica más baja, por tanto, donde la intensidad de actividad sísmica es menor en el contexto geográfico peninsular.

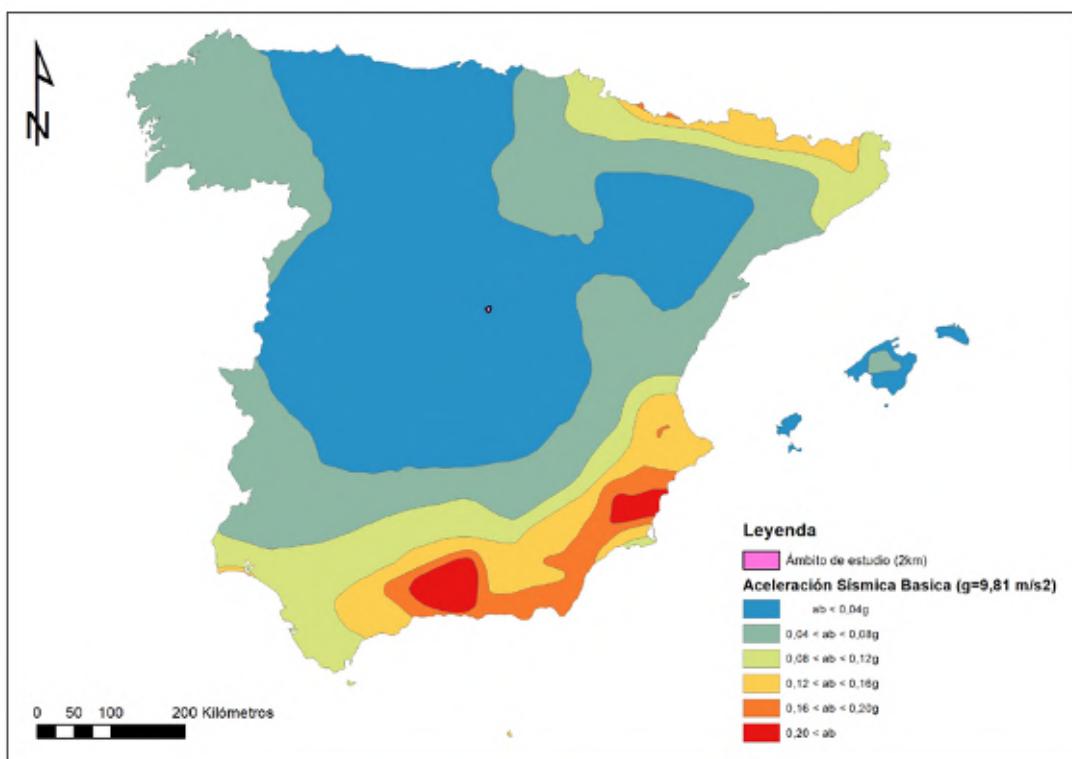


Figura 2. Mapa de peligrosidad sísmica de España en valores de intensidad. Fuente IGN. Se le añade la franja de 2km del ámbito del estudio.

3.2 Riesgo por fenómenos meteorológicos adversos

De acuerdo con la clasificación establecida por la Dirección General de Protección Civil y Emergencias, los fenómenos meteorológicos adversos a tener en cuenta en los planes especiales que se establecen en el artículo 15 de la Ley 17/2015 del Sistema de Protección Civil son: altas temperaturas, costeros, frío intenso, lluvias intensas, nevadas, tormentas y rayos y vientos fuertes. Sin embargo, las líneas eléctricas sólo resultan susceptibles de verse afectadas significativamente por rachas de viento fuerte.

De acuerdo con el Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos de AEMET (METEOALERTA), cuya finalidad es la de discriminar la peligrosidad del fenómeno y su posible adversidad, se establecen para cada uno de estos fenómenos, tres umbrales específicos que dan origen a tres niveles definidos por colores:

- Nivel verde: no existe riesgo por debajo de su valor.
- Nivel amarillo: no existe riesgo para la población, en general, aunque sí para alguna actividad concreta.
- Nivel naranja: existe un riesgo meteorológico importante; se trata de fenómenos meteorológicos no habituales y con cierto grado de peligro para las actividades usuales.

- Nivel rojo: el riesgo meteorológico es extremo; se trata de fenómenos meteorológicos no habituales, de intensidad excepcional y con un nivel de riesgo para la población muy alto.

Los umbrales establecidos para la comunidad de Madrid sobre los fenómenos meteorológicos adversos se recogen en el Anexo 1 del citado Plan (ver tabla a continuación).

Tabla 2. Umbrales establecidos para la Comunidad de Madrid sobre los fenómenos meteorológicos adversos. Datos según la Dirección General de Protección Civil y Emergencias

ZONA	Racha Máxima (Km/h)	Nieve 24 h (cm)
Sierra de Madrid	80	100
Metropolitana y Henares	70	90
Sur, Vegas y Oeste	70	130

No obstante, analizados los datos meteorológicos de AEMET sobre la velocidad del viento medida en las Estaciones de Torrejón de Ardoz (Madrid) en el período 1960-2018 (ver figuras a continuación), la racha diaria medida no se ha sobrepasado ninguna vez, alcanzando los 110,88 Km/h la racha más alta registrada. Por otro lado, el máximo de las velocidades medias diarias no ha sobrepasado nunca los 70 Km/h (nivel amarillo), por lo que puede deducirse que, en la zona de estudio, estos sucesos resultan excepcionales, aunque no son descartables en períodos de tiempos amplios.

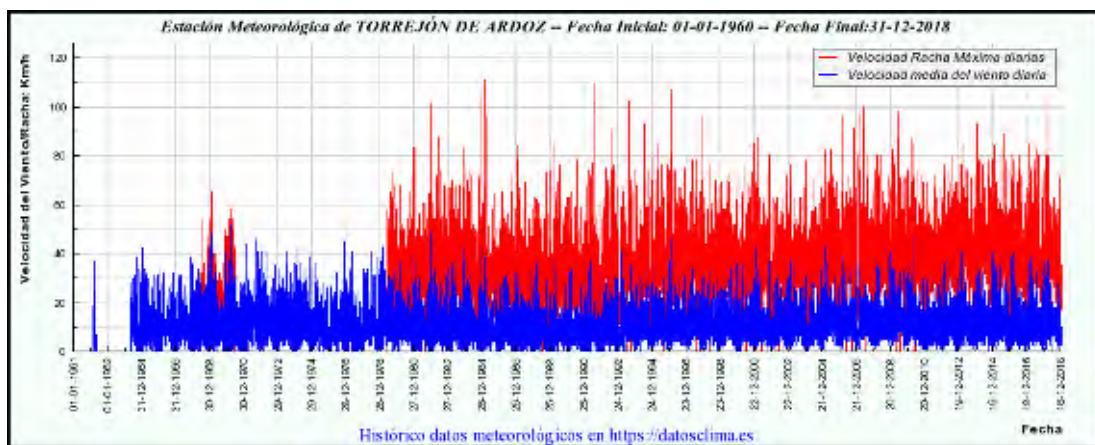


Figura 3. Velocidad de la racha de viento medida en la Estación de Torrejón de Ardoz (Madrid). Fuente AEMET.

3.3 Riesgos por inundaciones y avenidas

En este apartado se estudia las zonas inundables inventariadas en el ámbito hidrográfico del proyecto. Son numerosos los cauces de agua superficiales localizados sobre el ámbito de estudio (ver tabla y figura a continuación):

Tabla 3. Relación de cauces según la Confederación Hidrográfica del Tajo

Nombre	Longitud (Km)	Nombre	Longitud (Km)
Arroyo de Anchuelo	6,22	Barranco Valdelaleña	0,88
Arroyo de Retuenga	3,87	Barranco de la Cofradía	0,66
Barranco Fuente del Berraco	3,14	Cauce innominado	1,25

Destacan por su longitud y su importancia en el área de estudio el arroyo de Anchuelo, el arroyo de Retuenga y el Barranco Fuente del Berraco.

Para el desarrollo de la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundaciones, el Ministerio para la Transición Ecológica ha puesto en marcha el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI), un instrumento de apoyo a la gestión del espacio fluvial, la prevención de riesgos, la planificación territorial y la transparencia administrativa.

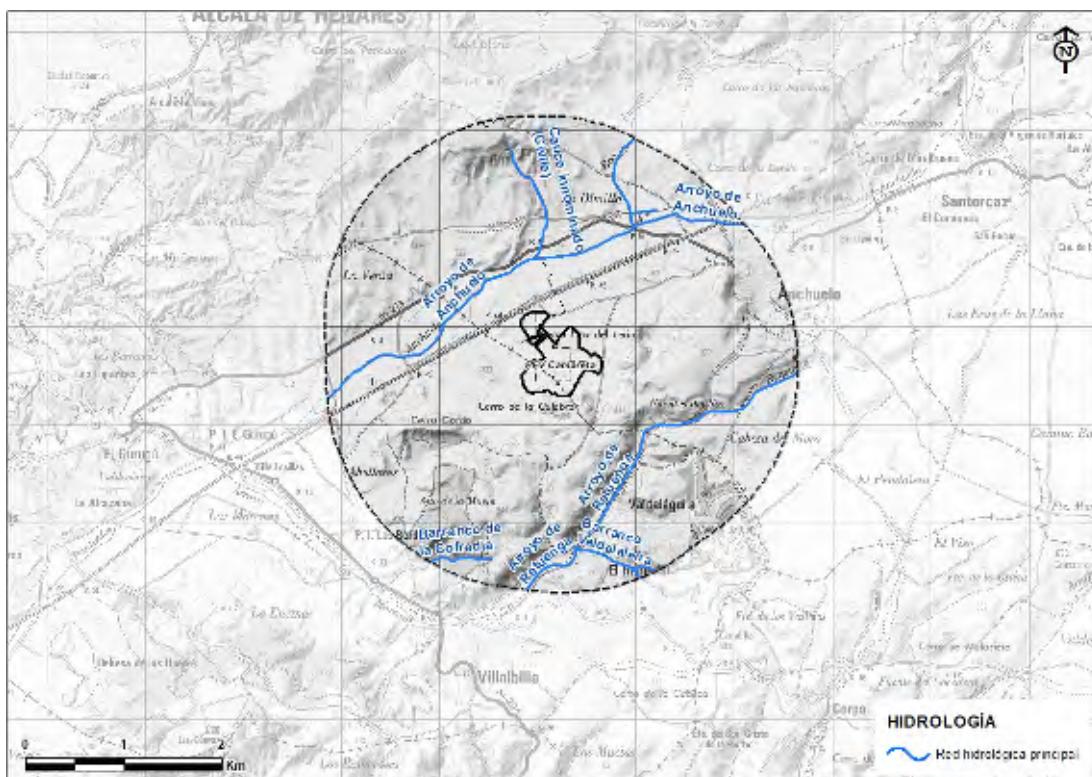


Figura 4. Red hidrográfica principal. Fuente: Confederación Hidrográfica del Tajo.

La información cartográfica de zonas inundables se elabora según los criterios establecidos en la Directiva 2007/60/CE, en el Real Decreto 903/2010 y en la Ley 9/2010 y contiene las

áreas definidas como Zonas Inundables asociadas a períodos de retorno en estudios llevados a cabo por las autoridades competentes en materia de aguas, ordenación del territorio y Protección Civil, y la correspondiente información alfanumérica asociada.

La delimitación de estas zonas inundables se realiza para los caudales asociados al Periodo de Retorno correspondiente considerado en el SNCZI, (10, 50, 100 y 500 años).

Según la información vectorial obtenida del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI), los únicos cursos presentes en el ámbito de estudio en los que se identifican zonas inundables son el arroyo de Anchuelo y el arroyo de Retuenga.

En el arroyo de Anchuelo se identifica un tramo en la zona central del ámbito con láminas de zonas inundables para los períodos de retorno de 100 (naranja) y 500 años (amarillo).

En el arroyo de Retuenga se identifica un tramo al sur del ámbito de estudio con láminas de zonas inundables para los períodos de retorno de 10 (rojo), 50 (rosa), 100 (naranja) y 500 años (amarillo).

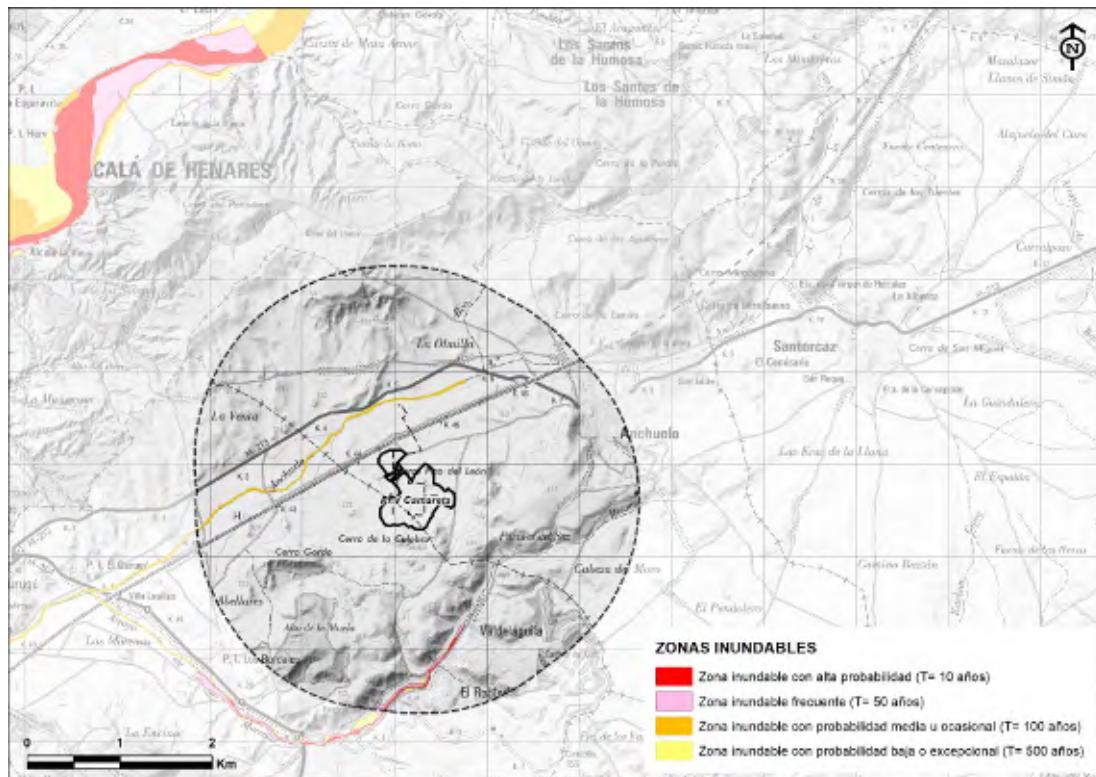


Figura 5. Zonas con probabilidad de inundación en períodos de 10, 50, 100 y 500 años.

Fuente: MITECO

3.4 Riesgos geológicos litológicos

Los riesgos geológicos litológicos son aquellos asociados a la existencia de un determinado tipo de roca y/o mineral. Entre estos riesgos encontramos los riesgos cársticos, la

expansividad de arcillas, la radioactividad natural y radón, la presencia de minerales asbestiformes, entre otros.

Según el mapa de “Peligrosidad geológica, escala 1:500.000” publicada por el IGME, se pone de manifiesto la presencia de riesgo moderado a alto debido a la presencia de zonas con arcillas expansivas potencialmente inestables y/o con peligros o riesgos puntuales conocidos (ver figura). Se trata zonas con arcillas expansivas zonalmente predominantes o emplazadas en puntos con problemas derivados de la expansividad y potencialidad de expansión moderada o alta. A parte de este riesgo, no se han encontrado otros riesgos geológicos asociados a la litología.

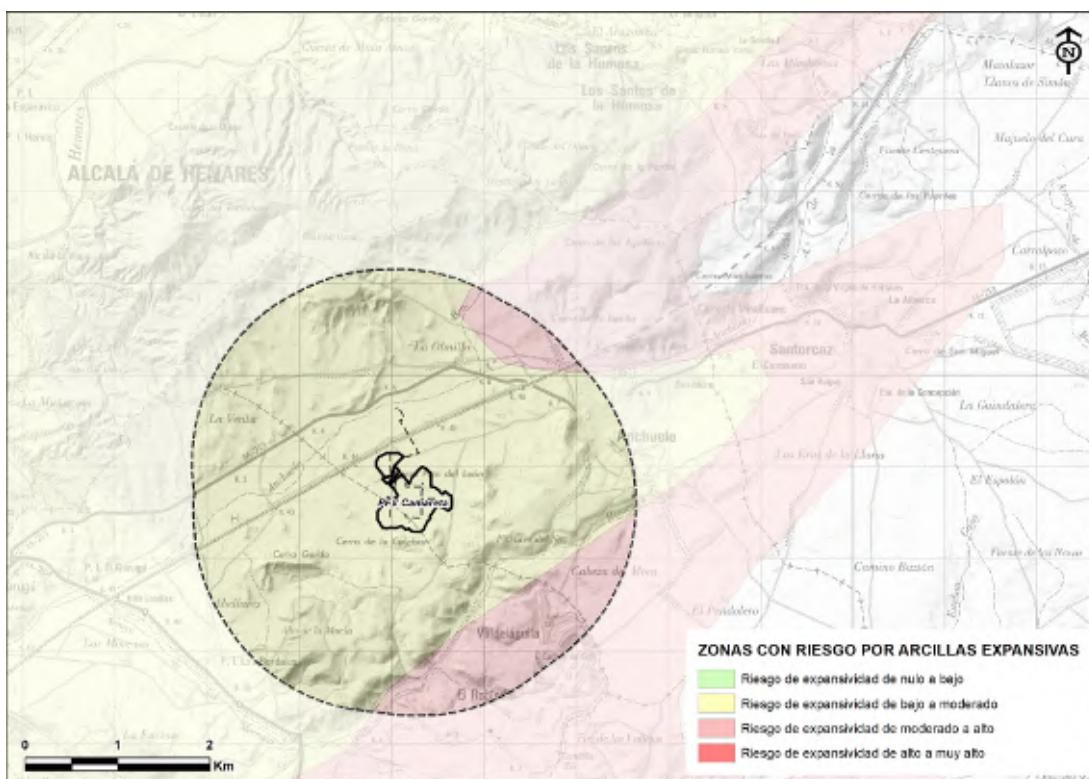


Figura 6. Mapa de Peligrosidad Geológica en el que se observa la extensión de las zonas con riesgos por arcillas expansivas. Fuente: IGME.

Para evitar la aparición de los problemas que provocan las arcillas expansivas, deberán seguirse las medidas preventivas oportunas, tanto en proyecto como en ejecución.

3.5 Riesgo por incendios forestales

Para la estimación del riesgo por posibles incendios forestales se parte del mapa de modelos de combustibles de la Comunidad de Madrid (ver figura). Este Mapa de Modelos de Combustibles Forestales de la Comunidad de Madrid se ha creado mediante el tratamiento y filtrado de datos LIDAR, imágenes SPOT con infrarrojo, datos del 4ºIFN, Mapa Forestal de la Comunidad de Madrid, Ortofoto actuales, histórico de incendios, mapa de pastos de la Comunidad de Madrid, colaboración del Cuerpo de Agentes Forestales en cuanto a sotobosque, identificación de especies, zonas de leñas, presión ganadera, así como parcelas de validación en campo en las zonas de estructuras más complejas. Para la caracterización y cartografía de los combustibles forestales se toma como punto de partida de clasificación del catálogo PROMETHEUS y se amplía a los casos mixtos de pasto y matorral contemplados en Scott&Burgan y mediante inclusión de nuevos modelos propios de Madrid.

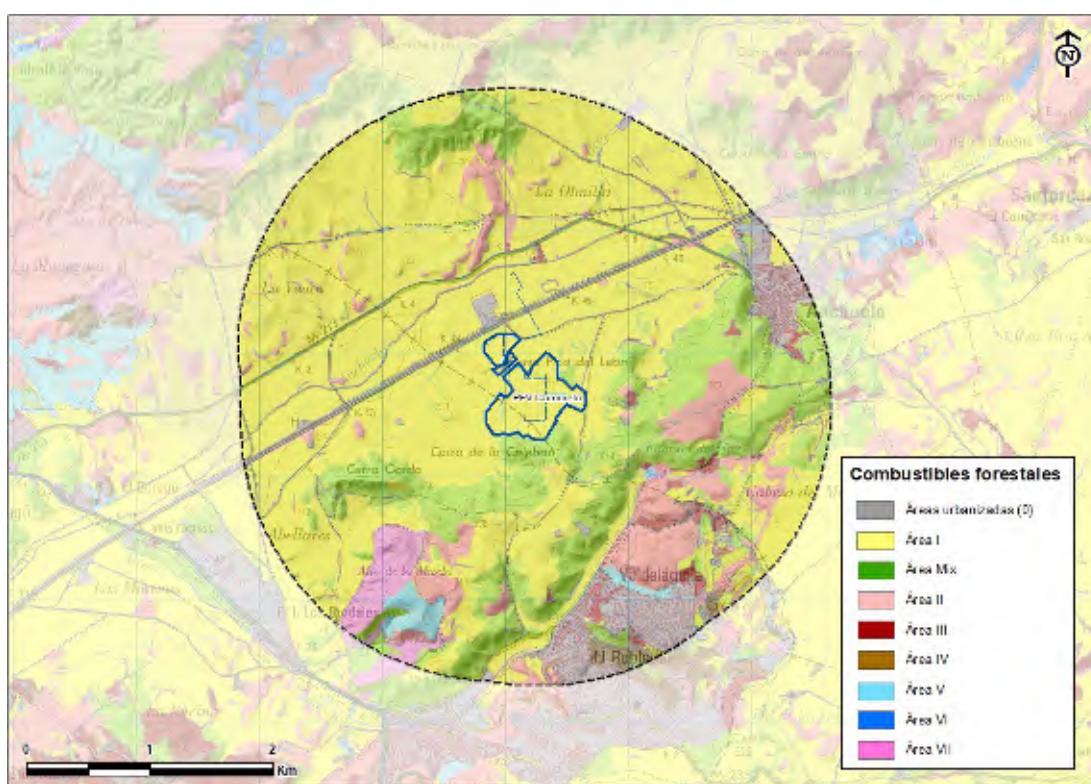


Figura 7. Mapa de Modelo de combustibles de la Comunidad de Madrid. Fuente: Catálogo de Información Geográfica de la Comunidad de Madrid.

La mayor parte del ámbito es área de tipo I (cultivos agrícolas), seguida de las de nivel II (matorral), y estando el resto de niveles también presentes, aunque siendo tan solo una superficie minoritaria del área de estudio.

Las zonas de mayor riesgo coinciden, lógicamente con las zonas de matorral y de bosque, las cuales, a su vez, son coincidentes con los modelos de mayor carga de combustible, mayor inflamabilidad y mayor velocidad de propagación. Estas zonas también coinciden con

las zonas de mayor pendiente ya que en el contexto del ámbito de estudio, las zonas más llanas son las zonas cultivadas o, según el caso, antropizadas. Resultan también, de forma usual, que las zonas de mayor pendiente y vegetación natural son las zonas más inaccesibles y mayor dificultad para la extinción.

3.6 Riesgos tecnológicos

Dentro del ámbito de estudio se han identificado una única carretera, de titularidad autonómica (M-213), por lo que el riesgo por el tráfico de vehículos en las carreteras existentes se evalúa como bajo.

Asimismo, aunque existen infraestructuras de ferrocarril muy próximas a las implantaciones de los paneles solares, el riesgo derivado del transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril se considera también bajo, dada la baja probabilidad de este tipo de accidentes.

Tabla 4. Infraestructuras de carreteras presentes en el ámbito de estudio

Tipo de infraestructura	Identificación	Recorrido sobre el ámbito (Km)
Carretera	M-213	6,96
Ferrocarril	Ave Madrid-Guadalajara	4,6

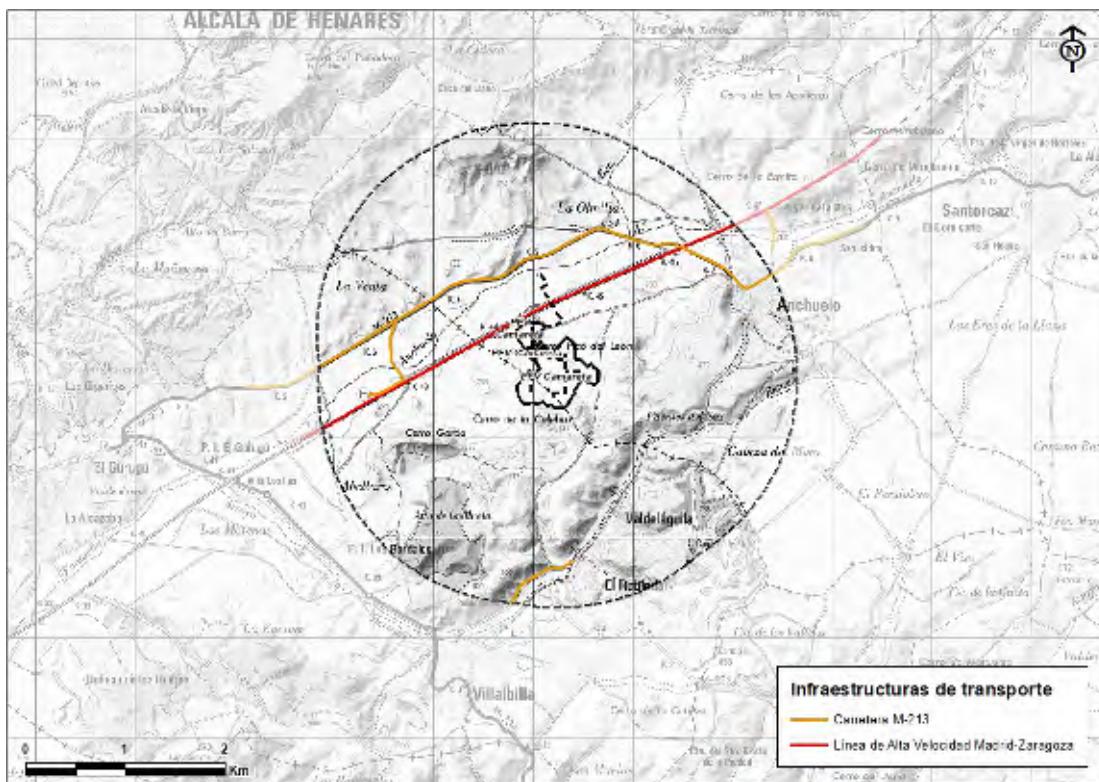


Figura 8. Infraestructuras viarias en el ámbito de estudio. Fuente. Base Topográfica Nacional Escala 1:25.000. CNIG. Elaboración propia.

En el ámbito se constata la presencia del gaseoducto "Rivas – Loeches – Arganda – Alcalá" y del oleoducto "Rota-Zaragoza".

Tabla 5. Infraestructuras de conducción de combustible presentes en el ámbito de estudio

Tipo	Nombre	Recorrido sobre el ámbito (Km)
Gaseoducto	Rivas – Loeches – Arganda – Alcalá	3,9
Oleoducto	Rota-Zaragoza	4,8

El trazado de las infraestructuras de conducción de combustible presentes en el ámbito de estudio no discurre por ninguna de las dos Plantas solares fotovoltaicas proyectadas.

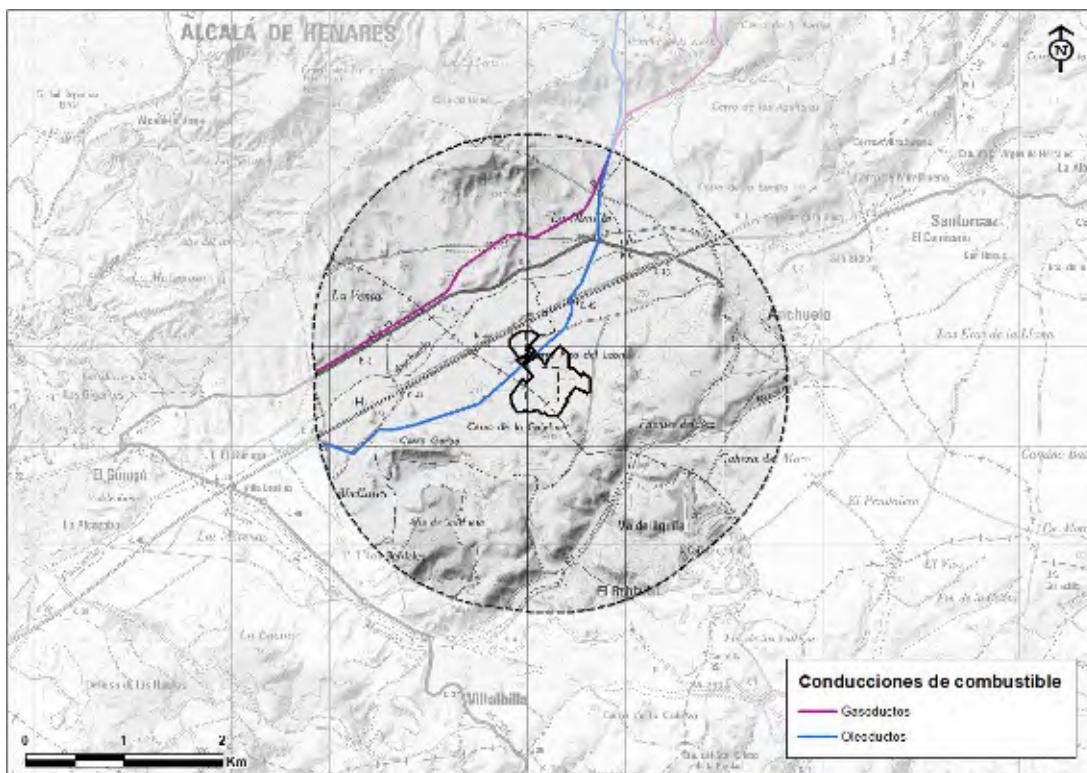


Figura 9. Infraestructuras de conducción de combustible presentes en el ámbito de estudio.
Fuente. Base Topográfica Nacional Escala 1:25.000. CNIG. Elaboración propia.

Por último, según la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA. Ministerio de Fomento), el ámbito de estudio no se halla afectado por servidumbres aeronáuticas. Las más cercanas al ámbito de estudio serían las del Aeropuerto Internacional Adolfo Suárez Madrid – Barajas, que están situadas a unos 10 kilómetros de distancia del límite occidental del ámbito de estudio.

4 CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

En el apartado anterior se han identificado los siguientes riesgos:

1. Sísmico.
2. Fenómenos meteorológicos adversos.
3. Inundaciones y avenidas.
4. Litológicos.
5. Incendios forestales.
6. Tecnológicos.

La clasificación de los riesgos, identificados en el apartado anterior, es la clave para la cuantificación y evaluación posterior de dichos riesgos. Se diferencian dos bloques: por un lado, la clasificación del riesgo de afectar o vulnerar al proyecto, mediante las probabilidades de ocurrencia y también de afectar significativamente al proyecto; y por otro, la clasificación del riesgo según la magnitud y las consecuencias en cuanto a impacto ambiental, en el caso de que el proyecto fuera afectado.

4.1 Clasificación del riesgo según la probabilidad de ocurrencia y afección al proyecto

En el caso de los paneles solares fotovoltaicos, la vulnerabilidad de los componentes del proyecto se puede reducir a la probabilidad de que se produzca la caída, ruptura o daño de elementos constructivos como consecuencia de las catástrofes potenciales que se puedan producir en el ámbito analizado (terremotos, fuertes vientos, inundaciones, inestabilidad del terreno, incendios forestales y riesgos tecnológicos).

Como se indicó en el apartado 2, una vez identificado el riesgo potencial, se evalúa la probabilidad, no sólo de que ocurra el accidente o catástrofe natural, sino que también dicho accidente o catástrofe produzca efectos sobre el proyecto objeto del presente documento. A continuación, se clasifica el riesgo según la probabilidad de ocurrencia:

- Categoría 1. Extremadamente improbable
- Categoría 2. Muy improbable
- Categoría 3. Improbable
- Categoría 4. Probable
- Categoría 5. Muy probable

En cuanto al primero de los riesgos identificados, la peligrosidad sísmica, la probabilidad de ocurrencia es extremadamente improbable por encontrarse en la zona de menor actividad sísmica de la península.

Entre los fenómenos meteorológicos adversos en la zona de estudio podrían darse vientos fuertes, sucesos que resultan excepcionales, si bien no son descartables en periodos de tiempos amplios, por lo que podemos calificarlos de improbables, siendo muy improbable atendiendo a la posibilidad de afectar significativamente a un proyecto de construcción paneles solares fotovoltaicos como el que aquí nos ocupa.

En lo relativo a inundaciones y avenidas, existen sólo dos únicos cursos, el arroyo de Anchuelo y el arroyo de Retuenga, en los que se identifican zonas inundables, concretamente en el arroyo de Retuenga un tramo con láminas de zonas inundables para los períodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 pero dicho tramo se localiza en el sur del ámbito de estudio, a más de 1 kilómetro de distancia y por tanto muy alejado de las infraestructuras eléctricas proyectadas, y en el arroyo de Anchuelo se identifica un tramo con láminas de zonas inundables para los períodos de retorno de 100 y 500 años, que constituyen los escenarios menos probables posibles.

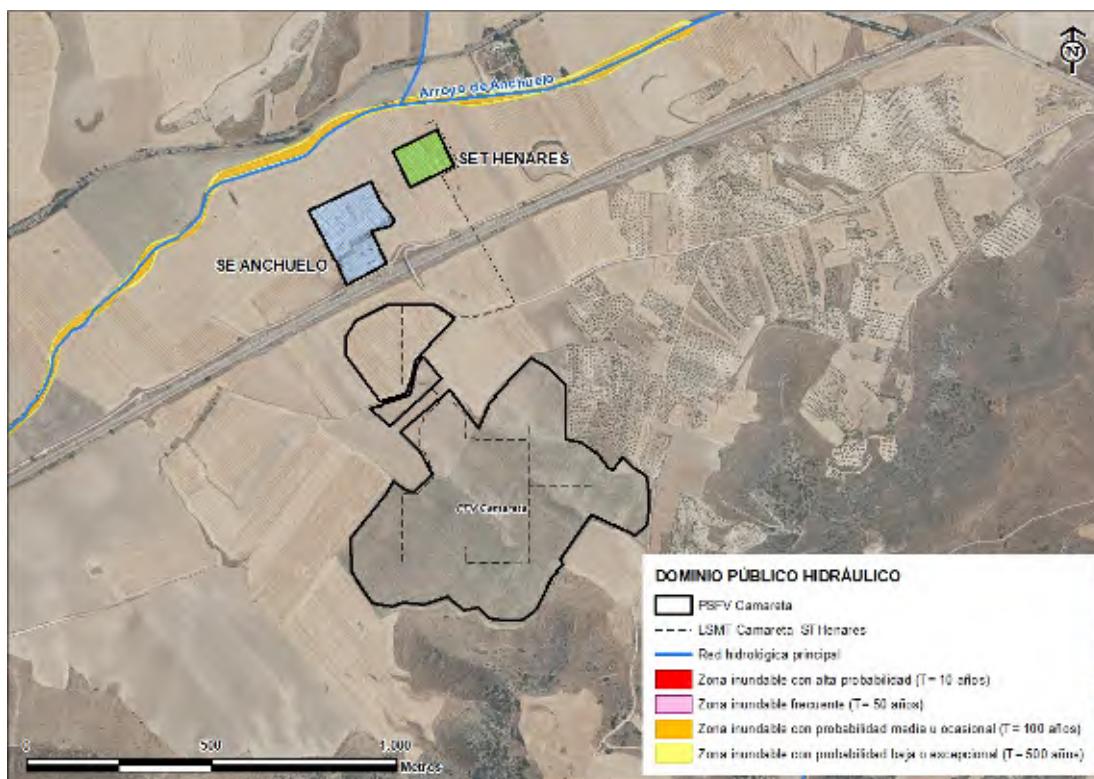


Figura 10. Arroyo Anchuelo, su zona de policía y zona con probabilidad de inundación para los períodos de 100 y 500 años respecto al proyecto. Fuente: Cuenca Hidrográfica del Tajo y Ministerio para la Transición ecológica.

Estas áreas del arroyo de Anchuelo estarían a más de 250 m de las plantas solares fotovoltaicas, por lo que ninguna de las zonas inundables afectaría a estas infraestructuras. Se considera que la probabilidad de que inundaciones puedan afectar al proyecto es baja.

Existe riesgo bajo por la presencia de zonas con arcillas expansivas en la PFV Camareta solar. Dado que adicionalmente se tomarán medidas para mejorar las cimentaciones, podemos calificar la probabilidad de afectar al proyecto como improbable.

Respecto al riesgo de incendios forestales, la mayor parte del ámbito es área de tipo I y II, siendo tan solo una superficie minoritaria las áreas de diferente tipología. La PFV coincide íntegramente con zonas agrícolas sin vegetación natural incluidas en áreas de nivel I, por lo que la probabilidad de incendio se clasifica como muy improbable.

Por último, en cuanto a los riesgos tecnológicos, se puede estimar de muy improbable que un accidente de tráfico, ferrocarril o de una infraestructura de conducción de combustible ocurra, y que pueda afectar al proyecto.

Tabla 6. Tipos de riesgo y probabilidad de ocurrencia en el ámbito de estudio

Nº	Tipo de Riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Categoría
1	Sísmico	Extremadamente improbable	Categoría 1
2	Fenómenos meteorológicos adversos	Muy improbable	Categoría 2
3	Inundaciones y avenidas	Improbable	Categoría 3
4	Litológicos	Improbable	Categoría 3
5	Incendios forestales	Muy improbable	Categoría 2
6	Tecnológicos	Muy improbable	Categoría 2

4.2 Clasificación de la magnitud de impacto del proyecto afectado por un accidente o catástrofe natural

En el presente apartado se estima la magnitud y las consecuencias en materia de impacto ambiental que se producirían una vez que ocurriera alguno de los accidentes o eventos catastróficos, cuya probabilidad de ocurrencia se han estimado en el apartado anterior.

Así pues, es importante aclarar que, al clasificar el riesgo según las consecuencias del impacto, la calificación asignada asume que todas las medidas de mitigación propuestas y los procedimientos de seguridad no han logrado evitar el accidente y / o desastre mayor.

Como se indicó en la metodología de la presente evaluación de riesgos, se establece una clasificación de la magnitud del impacto en categorías según los factores ambientales afectados, considerando efectos medioambientales y socioeconómicos.

En caso de seísmo, la caída de elementos de las infraestructuras proyectadas que ocasionaría, tendría un impacto limitado y cuantitativamente quizás insignificante respecto de los impactos que podría producir el propio seísmo. Por esta razón, la afección a la infraestructura se valora como impacto limitado.

Las consecuencias que la ocurrencia de vientos fuertes pudiera tener sobre el proyecto tendría un efecto limitado, ya que, en el caso más extremo podrían provocar la caída de uno o varios elementos, por lo que el impacto que tendría sobre el medio sería también limitado.

En caso de que se produjeran efectos sobre las infraestructuras por avenidas o inundaciones en los arroyos de Anchuelo y de Retuenga, su magnitud sería limitada, especialmente considerando la distancia de las PFV a las zonas de inundación.

Los impactos que se pudieran producir en caso de pequeños fenómenos de inestabilidad de los elementos de las infraestructuras en zonas con arcillas expansivas, son de carácter menor, especialmente por la velocidad de estos procesos en el contexto de las tareas de vigilancia y mantenimiento habituales de las PFV de estas características.

Respecto al riesgo de incendios forestales, podría provocar efectos menores, ya que, aunque podría afectar a varios elementos, la presencia de perímetros de seguridad y la ausencia de vegetación disminuiría la intensidad del fuego al no tener material combustible.

Por último, en cuanto a los riesgos tecnológicos, un accidente provocaría un impacto menor ya que se limitaría al impacto ambiental provocado por la interrupción del suministro eléctrico y el derribo de algún elemento.

Tabla 7. Tipos de riesgo, magnitud y consecuencias de impacto en el ámbito de estudio

Nº	Tipo de Riesgo	Magnitud y consecuencias del impacto	Categoría
1	Sísmico	Limitado	Categoría 2
2	Fenómenos meteorológicos adversos	Limitado	Categoría 1
3	Inundaciones y avenidas	Limitado	Categoría 2
4	Litológicos	Menor	Categoría 1
5	Incendios forestales	Menor	Categoría 1
6	Tecnológicos	Limitado	Categoría 2

5 EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS

En este apartado se analiza los resultados obtenidos hasta el momento para posteriormente evaluar los riesgos de los diferentes escenarios a través de la matriz de riesgos.

5.1 Resumen de los resultados

Previamente a establecer la matriz de riesgos, se resume la información más relevante para cada uno de los riesgos (ver tabla a continuación).

En esta tabla se indica para cada uno de los riesgos considerados:

- Vulnerabilidad del proyecto, estimado mediante la probabilidad de ocurrencia de que el proyecto se vea afectado por accidente grave o catástrofe natural y el valor del índice de vulnerabilidad (V) estimado para la evaluación del riesgo
- Magnitud de los efectos ambientales que se produjeran en caso de que el proyecto fuera afectado por accidente grave o catástrofe natural y valor del índice de magnitud de los efectos ambientales (M) estimado para la evaluación del riesgo
- Evaluación del riesgo mediante un índice (R) que resulta del producto del valor del índice de vulnerabilidad (V) y el valor del índice de magnitud de los efectos ambientales (M). Es decir, $R = V \times M$
- Medidas minimización del riesgo y plan de respuesta

Tabla 8. Resumen la información más relevante para cada uno de los riesgos: Vulnerabilidad del proyecto (V); Magnitud de los efectos ambientales que se produjeran en caso de que el proyecto fuera afectado por accidente grave o catástrofe natural (M); Evaluación del riesgo mediante un índice (R) que resulta del producto del valor del índice de vulnerabilidad (V) y Medidas minimización del riesgo y plan de respuesta

ID	Riesgo	Vulnerabilidad del Proyecto (V) (Probabilidad de ocurrencia de afección al proyecto)	V	Magnitud de efectos ambientales (M) (en caso de que el proyecto fuera afectado)	M	R = VxM	Evaluación del riesgo (R=VxM)	Medidas de minimización del riesgo
1	Sísmico	Extremadamente improbable	1	Limitado	2	2	Escenario de riesgo bajo	
2	Fenómenos meteorológicos adversos	Muy improbable	2	Limitado	2	4	Escenario de riesgo bajo	
3	Inundaciones y avenidas	Muy improbable	3	Limitado	2	6	Escenario de riesgo bajo	
4	Litológicos	Improbable	3	Menor	1	3	Escenario de riesgo bajo	
5	Incendios forestales	Muy improbable	2	Menor	1	2	Escenario de riesgo bajo	
6	Tecnológicos	Muy improbable	2	Limitado	2	4	Escenario de riesgo bajo	

5.2 Matriz de riesgos

Para la evaluación de riesgos se emplean las clasificaciones de probabilidad de ocurrencia y de vulnerabilidad del proyecto frente a la magnitud de impacto causado por el proyecto en caso de que sucediera el accidente grave o catástrofe natural. Se emplea una matriz de riesgo para representar la naturaleza de cada riesgo y asignarle un escenario determinado (ver tabla).

Tabla 9. Matriz de riesgo en la que se ubican los escenarios de cada uno de los riesgos contemplados considerando la probabilidad de ocurrencia de afección al proyecto y los efectos ambientales asociados al proyecto en caso de producirse accidente grave o catástrofe natural.

Probabilidad de ocurrencia de afección al proyecto	Muy probable	5						
	Probable	4						
	Improbable	3	Litológicos (3)	Inundac. (6)				
	Muy improbable	2	Incendios (2)	F.meteor. (4) Tecnológ. (4)				
	Extrema/improbable	1		Sísmico (2)				
			1	2	3	4	5	
			Menor	Limitado	Grave	Muy grave	Catástrofe	
			Efectos ambientales asociados al proyecto tras el suceso					

Esta matriz está codificada por colores:

- El área **roja** representa "*escenarios de riesgo alto*".
- El área **naranja** representa "*escenarios de riesgo medio*".
- El área **verde** representa "*escenarios de riesgo bajo*".

Se observa que todos los riesgos se encuentran en escenarios clasificados como de riesgo bajo.

5.3 Discusión de los resultados

En cuanto al riesgo derivado de la peligrosidad sísmica, el aspecto más destacable del análisis es que la probabilidad de ocurrencia de un seísmo es extremadamente improbable, por encontrarse en la zona de menor actividad sísmica de la península. En su caso, la caída de elementos de las Plantas solares que occasionaría, tendría un impacto limitado, aunque

insignificante respecto de los impactos que podría producir el propio seísmo. Por ello, considerando ambos aspectos, el escenario que resulta es de bajo riesgo (valor de R=2).

Los fenómenos meteorológicos adversos, en particular los vientos fuertes son sucesos muy improbables. Además, dadas las características de las PFV, es muy improbable que afectasen significativamente a las infraestructuras, por lo que el impacto sería limitado. Considerando ambos motivos, el escenario que resulta es de bajo riesgo (valor de R=4). Comparando con el riesgo anterior, podemos decir que existe mayor probabilidad de que ocurra, pero si así lo hiciera, tanto la posibilidad de afectar al proyecto, como los impactos como consecuencia de esta posible afección al proyecto, ocasionaría un escenario de riesgo bajo.

Las zonas inundables se circunscriben a los arroyos de Anchuelo y de Retuenga. Concretamente en el arroyo de Retuenga se identifica un tramo con láminas de zonas inundables para los períodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años, pero dicho tramo se localiza a más de 1 kilómetro de distancia del ámbito de estudio, y por tanto muy alejado de las infraestructuras eléctricas proyectadas.

En el arroyo de Anchuelo se identifica un tramo con láminas de zonas inundables para los períodos de retorno de 100 y 500 años, que serían los escenarios más improbables. Estas áreas estarían a más de 250 m de la PFV. Se considera que la probabilidad de ocurrencia de efectos sobre las infraestructuras por inundación es improbable. En caso de que se produjeran efectos en algún elemento, su magnitud sería limitada, por lo que escenario de riesgo no deja de ser bajo (valor de R=6).

En el caso del riesgo por la presencia de zonas con arcillas expansivas potencialmente inestables es bajo. Por la localización parcial de este riesgo, y por las medidas de mejora de la cimentación, podemos calificar la probabilidad de afectar al proyecto como improbable y los impactos de carácter menor, especialmente por la velocidad de estos procesos y la vigilancia de las medidas protectoras que se implementen. Por todo ello, el escenario que resulta es de bajo riesgo (valor de R=3).

Respecto al riesgo de incendios forestales, la mayor parte del ámbito es área de tipo I y II, siendo tan solo una superficie minoritaria las áreas de la otra tipología. La PFV estaría íntegramente proyectada en áreas de nivel I, por lo que se considera muy improbable la ocurrencia de un incendio en esas zonas, y con la presencia de perímetros de seguridad y

ausencia de vegetación, es muy improbable que se afectase a los elementos del proyecto. El escenario de riesgo seguiría siendo por tanto bajo (valor de R=2).

En cuanto a los riesgos tecnológicos, se puede estimar de muy improbable que un accidente pudiera afectar al proyecto, lo que provocaría en su caso, un impacto limitado, ya que se limitaría al impacto ambiental provocado por la interrupción del suministro eléctrico y el derribo de algún/os elemento/os. De todo esto, se desprende que el escenario de riesgo sería bajo (valor de R=4).

5.4 Conclusión final

Como conclusión final a este análisis podemos afirmar que todos los escenarios de riesgo derivados de los efectos que el proyecto pudiera sufrir por accidentes graves o catástrofes naturales son bajos.

6 FUENTES DOCUMENTALES

Las fuentes bibliográficas empleadas en el presente anexo son:

A nivel nacional:

- Aspectos metodológicos.
 - Guidance on assessing and costing environmental liabilities. Wexford, Ireland. Environmental Protection Agency, 2014.
- Peligrosidad Sísmica.
 - Atlas Nacional de España del IGN.
 - o Mapas (capas en formato *.shp) de aceleración básica para España.
 - Mapas (formato *.jpg) de áreas donde son previsibles sismos de diferentes grados de intensidad (I a VII) según la escala EMS-98 (Escala Macro sísmica Europea) o de Mercalli (periodo de retorno de 500 años). (según Resolución de 5 de mayo de 1995, de la Secretaría de Estado de Interior, por la que se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros por el que se aprueba la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico).
- Peligrosidad por fenómenos meteorológicos adversos.
 - AEMET.

- Datos históricos de variables meteorológicas disponibles según la estación meteorológica. En particular, datos sobre vientos en: <https://datosclima.es/Aemethistorico/Viento.php>.
- Dirección General de Protección Civil y Emergencias / AEMET.
- Plan Nacional de Predicción y vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos, FMA (METEOALERTA): (<http://www.protecccioncivil.es/riesgos>).
- CSIC.
 - Estudio sobre la peligrosidad del fenómeno de vientos fuertes en España (Piserra, MT & del Río J.,1992 CSIC).
- IDEA.
 - Mapa de velocidad Media Anual del viento.
- Base de datos de Clima.
- Riesgo de inundación.
 - MITECO.
 - Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI). Definición de Áreas de riesgo potencial significativo de inundación (ARPSIs). Bases vectoriales (<https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/zi-lamina.aspx>).
- Riesgo geotécnico.
 - ITGME / MITECO.
 - Mapa geotécnico de España. Cartografía 1:200.000, en <http://info.igme.es/cartografiadigital/tematica/Geotecnico200.aspx?language=es>).
 - Mapa previsor de riesgo por Expansividad de Arcillas de España a escala 1/1.000.000, clasificado en cuatro grupos: nula a baja, baja a moderada, moderada a alta y alta a muy alta.
 - Mapa de Movimientos del Terreno de España a escala 1/1.000.000, clasificado en cuatro grandes grupos: componente horizontal en zonas continentales, componente vertical en zonas continentales, áreas inestables ligadas a zonas litorales y movimientos relacionados con explotaciones mineras.

- Mapa de potencialidad de movimientos en masa del Inventario Nacional de Erosión de Suelos (2002-2012).
- Riesgo de incendio.
 - Dirección General de Protección Civil y Emergencias de la Comunidad de Madrid.
 - Mapa de riesgo de incendios.
 - Centro de Coordinación de la Información Nacional de Incendios Forestales (CCINIF).
 - Estadística General de Incendios Forestales (EGIF). Frecuencia de incendios forestales por términos municipales para el periodo 2001-2014.
 - Dirección General de Política Forestal de la Consejería de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural de la Junta de Castilla la Mancha.
 - Proyecto GINFOR-2017.
- Riesgos tecnológicos.
 - Plan Especial de Protección Civil de Mercancías Peligrosas por Carretera y Ferrocarril.
 - Tramos de carretera con riesgo en el transporte de mercancías peligrosas por carretera.
 - Mapas de flujos de los transportes por ferrocarril (datos anuales).

A nivel nacional autonómico y local:

- Riesgo de incendio.
 - Órdenes autonómicas para determinar zonas de alto riesgo de incendio, especialmente de terrenos que tengan la consideración de monte, conforme a lo previsto en el artículo 5 de la Ley 43/2003, de 21 de noviembre.
 - Estadísticas de las CC.AA.
- Riesgos tecnológicos.

Normativa autonómica derivada del Real Decreto 1254/1999) relativa a listados actualizados de establecimientos que almacenan sustancias y productos peligrosos (establecimientos SEVESO).



Anexo VI. Estudio bianual de avifauna



**ESTUDIO ANUAL DE AVES PARA LAS PLANTAS
SOLARES FOTOVOLTAICAS Y SUS
INFRAESTRUCTURAS ELÉCTRICAS DE CONEXIÓN
Y LINEA ELÉCTRICA DE EVACUACIÓN DE LOS
EXPEDIENTES PFOT 180 AC, PFOT 183 AC, PFOT
201 AC**

**COMUNIDAD DE MADRID Y PROVINCIA DE
GUADALAJARA**



BIODIVERSITY NODE S.L.

NIF: B88013040 – SECTOR FORESTA 17, 1B.
28760-TRES CANTOS

ESTUDIO DE ANUAL DE AVES PARA LAS PLANTAS SOLARES FOTOVOLTAICAS Y SUS INFRAESTRUCTURAS ELÉCTRICAS DE CONEXIÓN Y LINEA ELÉCTRICA DE EVACUACIÓN DE LOS EXPEDIENTES PFot 180 AC, PFot 183 AC Y PFot 201 AC, COMUNIDAD DE MADRID Y PROVINCIA DE GUADALAJARA

Redactores del documento:

- ✓ Sara Díaz Viñuela. *Máster en Biología.*
- ✓ Eladio L. García de la Morena. *Máster en Biología. Doctor en Ecología y Medio Ambiente.*
Colegiado nº P2530-M.
- ✓ Rodrigo Fernández-Mellado. *Máster en Biología. Colegiado nº 19901-M.*
- ✓ Cristina Acosta Gallo. *Máster en Biología.*

Equipo técnico de campo:

- ✓ Roberto de la Peña Leiva. *Máster en Biología.*
- ✓ Javier Gómez Aoiz. *Máster en Biología.*
- ✓ Carlos Ponce Cabas. *Máster en Biología. Doctor en Ecología y Medio Ambiente.*
- ✓ Gonzalo Monedero Montes. *Máster en Biología.*

Autores de las fotografías: las fotos han sido tomadas por Roberto de la Peña Leiva y Javier Gómez Aoiz.

Fecha de redacción: 9 de febrero de 2022

Revisión: R01

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	2
2	ÁMBITO DE ESTUDIO.....	3
2.1	Descripción	3
2.2	Espacios protegidos y de interés para las aves	6
2.3	Hábitats de interés para aves	11
2.4	Áreas excluyentes para aves	13
3	METODOLOGÍA.....	15
3.1	Recopilación, organización y análisis preliminar de la información.....	15
3.2	Censos de aves	15
3.3	Definición y delimitación de las Zonas Relevantes para la Avifauna (ZRA)	21
4	RESULTADOS	21
4.1	Especies de interés	21
5	ZONAS DE INTERÉS PARA LAS AVES	61
5.1	Espacios protegidos y de interés para las aves en el ámbito de censo	62
5.2	Zonas Relevantes para la Avifauna (ZRA) delimitadas en el presente estudio	62
6	EFFECTO DE LOS PROYECTOS FOTOVOLTAICOS SOBRE LAS POBLACIONES DE AVES	65
6.1	Consideraciones generales	65
6.2	Impactos específicos del proyecto	69
6.3	Resumen de los impactos detectados sobre la avifauna	72
7	CONCLUSIONES.....	74
8	BIBLIOGRAFÍA.....	76
ANEXO I. CARTOGRAFÍA.....		81

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El presente informe y el trabajo de campo que ha sido necesario realizar para su redacción ha sido contratado por Q-ENERGY a las empresas Biodiversity Node S.L. en noviembre de 2019.

Tiene como objetivo describir la comunidad de aves presente en la zona de actuación y entorno de las plantas solares fotovoltaicas MALADETA SOLAR, COLLARADA SOLAR, POPA SOLAR (PFot 180 AC), MOSQUETÓN SOLAR, CRUCETA SOLAR Y OBENQUE SOLAR (PFot 183 AC), CAMARETA SOLAR Y CORNAMUSA SOLAR (PFot 201 AC), así como de sus respectivas líneas eléctricas de evacuación, ubicadas en la provincia de Guadalajara (Castilla-La Mancha) y en la Comunidad de Madrid, con el fin apoyar la valoración del impacto ambiental y la toma de decisiones para el desarrollo de dichos proyectos.

Para ello se ha diseñado un estudio dirigido a identificar las aves presentes en el ámbito de la concesión fotovoltaica. El **objetivo general** de dicho estudio es **obtener información precisa y actualizada sobre la distribución y abundancia de las especies de aves de interés presentes en el ámbito** del proyecto, contemplando dos ciclos anuales completos (2020-2021). Adicionalmente, se determina el estatus de las especies recogidas en el inventario de faunístico del proyecto, incluyendo una descripción de su distribución y abundancia, particularmente en el caso de confirmarse la presencia de alguna de las especies señaladas de interés.

De manera general, el estudio de avifauna se centra en aquellas **especies de interés por considerarse amenazadas** en función de su categoría y estatus de conservación, según la normativa ambiental vigente, por ser las más determinantes de cara a evaluar el impacto ambiental del proyecto en lo que a avifauna se refiere, así como para proponer las medidas más adecuadas para su mitigación (en el caso de ser necesario).

Para completar la información recogida en el campo, **se han recopilado citas de especies de interés y se ha revisado la información más reciente disponible, incluyendo la aportada por las Administraciones competentes en medio ambiente a las que se ha solicitado información y la recibida durante la fase de información pública de los respectivos expedientes de evaluación de impacto ambiental**. Esta **información bibliográfica, recogida en diferentes momentos del ciclo anual biológico de las aves, procede de diversas fuentes citadas en el texto, y ayudan a entender la comunidad de aves y, en especial, la potencialidad del ámbito de estudio para este grupo faunístico**.

En este sentido, es importante señalar que, todos los datos utilizados son relevantes y la información con la que se cuenta permite entender la comunidad de avifauna en el ámbito de estudio, al contar con datos de campo a lo largo de todo el ciclo anual durante los años 2020y 2021, y complementados con datos bibliográficos, que abarcan un periodo temporal más amplio y lo más actualizado posible.

2 ÁMBITO DE ESTUDIO

2.1 Descripción

Los ámbitos de estudio de los expedientes objetivo del presente informe se sitúan al este de la Comunidad de Madrid, y Oeste de la provincia de Guadalajara. Se distribuyen por las siguientes cuadrículas UTM 10x10 km: 30TVK77, 30TVK78, 30TVK87, 30TVK88, 30TVK89, 30TVK98 y 30TVK99 (PFot 180 AC, PFot 183 AC, PFot 201 AC).

El área delimitada para estos expedientes abarca total o parcialmente, en conjunto, los siguientes términos municipales:

Pertenecientes a la Comunidad de Madrid: Anchuelo, Santorcaz y Villalvilla; y Pozo de Guadalajara, Guadalajara, Valdarachas, Yebes y Horche, en la provincia de Guadalajara.

En el Plano 1 del Anexo I se presenta dicho ámbito en un contexto espacial más amplio, incluyendo los espacios y figuras de protección más cercanos.



Imagen 1. Panorámica del ámbito de estudio delimitado para el presente informe.

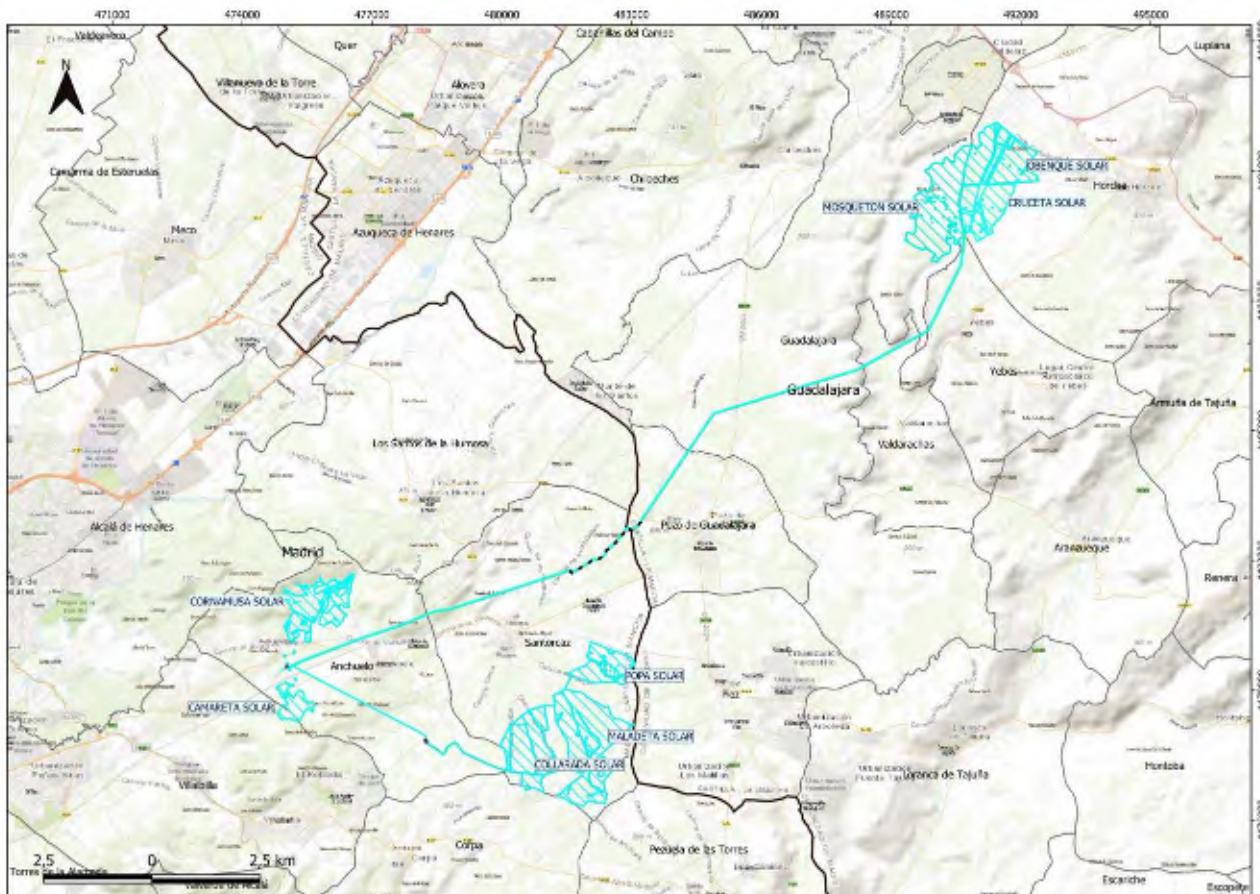


Figura 1. Ámbito de estudio de **PFot 180 AC, PFot 183 AC, PFot 201 AC**. En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

Tal y como se pone de manifiesto en la Figura 1 y como se indicaba anteriormente, los ámbitos de estudio delimitados para los proyectos de los expedientes objetivo del presente informe abarcan una amplia superficie, si bien, la ubicación concreta planteada para las PSFV y las líneas eléctricas de evacuación se reduce a un área mucho menor. A continuación, se detallan las características de cada una de las plantas solares fotovoltaicas (PSFV) planteadas para cada expediente, y consideradas en el ámbito del presente Informe:

Tabla 1. Características técnicas de las plantas solares fotovoltaicas (PSFV) del expediente **PFot 180 AC, PFot 183 AC, PFot 201 AC**.

NOMBRE PSFV	UBICACIÓN (TÉRMINOS MUNICIPALES)	POTENCIA NOMINAL (MWn)	POTENCIA PICO (MWp)	SUPERFICIE DE OCUPACIÓN (ha)
POPA SOLAR	Madrid (Santorcaz y Anchuelo)	49,19	61,9	82,35
MALADETA SOLAR	Madrid (Santorcaz y Anchuelo)	165,3	200	251,42
COLLARADA SOLAR	Madrid (Santorcaz y Anchuelo)	75,49	100,9	147,24
MOSQUETÓN SOLAR	Guadalajara (Guadalajara)	83,1	100	210,55
CRUCETA SOLAR	Guadalajara (Horchel)	51,09	62,5	98,29
OBENQUE SOLAR	Guadalajara (Horchel)	83,1	100	151,93
CORNAMUSA SOLAR	Madrid (Anchuelo)	51,09	62,46	114,67
CAMARETA SOLAR	Madrid (Anchuelo)	19,34	23,2	39,38

La superficie acumulada total de estas plantas es de 1.095, 83 ha.

Respecto a las características técnicas de la línea eléctrica de evacuación de las plantas:

Tabla 2. Características técnicas de la línea eléctrica de alta tensión (LEAT) del expediente **PFot 180 AC, PFot 183 AC, PFot 201 AC**

TRAMOS	Aéreo (Guadalajara)	Aéreo (Madrid)
LEAT Hojarasca_SET Henares	10.980,61 m	9.067,69 m
LEAT SET Valdepozuelo – SET Henares	3.616,49 m	

La longitud total de la LEAT es de 10,98 km el tramo que discurre en la provincia de Guadalajara, y 9,07 km en la Comunidad de Madrid. Se propone como medida correctora el soterramiento de un tramo con una longitud de 2.206,91 metros ubicado en los términos municipales de Santorcaz (Madrid) y Pozo de Guadalajara (Guadalajara).

Cabe destacar nuevamente que la superficie total de censo ha sido superior a la de los diferentes proyectos, realizándose, por tanto, un esfuerzo de muestreo sumamente superior a la superficie de implantación de las plantas y LEATs; ello ha permitido contar con información de la comunidad de aves de un gran territorio.

Esta circunstancia, a su vez, ha posibilitado dos aspectos importantes:

- En primer lugar, realizar un proceso de selección de los espacios para ubicar las plantas en el que han participado los especialistas en avifauna, el equipo de evaluación de impacto y el equipo de ingeniería del promotor, además de la coordinación con la Administración. En este proceso se han ido analizando los resultados de campo según se iban obteniendo, con el fin de buscar las implantaciones con menor impacto sobre la avifauna.
- En segundo lugar, se ha contado con una información de detalle sobre la comunidad de aves para una superficie mucho mayor de la de las plantas, de modo que puede entenderse perfectamente las dinámicas poblacionales de un gran territorio, y así evaluar adecuadamente los potenciales impactos de los proyectos en su conjunto y por separado.

El ámbito de estudio de los proyectos de los expedientes **PFot 180 AC, PFot 183 AC, PFot 201 AC** se emplaza mayoritariamente en el centro-oeste de la provincia de Guadalajara, extendiéndose a su vez por el este de la Comunidad de Madrid, conformando una serie de polígonos irregulares que en la parte de norte de la “Alcarria de Alcalá”, entre los valles de los ríos Henares y Tajuña. En el extremo suroeste se adentra en la Comunidad Autonómica de Madrid llegando casi hasta los núcleos urbanos de Alcalá de Henares y rodeando la localidad de Los Santos de Humosa, extendiéndose hacia el noreste hasta llegar al extremo oeste del término municipal de Horche, ya en la provincia de Guadalajara.

En términos generales, la zona se incluye entre las comarcas naturales de la Alcarria y la Campiña, esta última al noroeste del ámbito de estudio.

A nivel paisajístico, atendiendo a los usos del suelo, predominan las superficies cultivadas, con un claro protagonismo de los cultivos cerealistas de secano. Diseminadas en el mosaico agrario aparecen, principalmente en las zonas de más pendiente, manchas de bosque degradado, con encinares y quejigales, matorrales mediterráneos. A lo largo del río Henares y otros cauces principales se desarrolla un bosque de galería conformado principalmente por alamedas, saucedas, olmedas y tarayales. Todo ello conforma un típico paisaje alcarreño.

Cabe mencionar, por otro lado, que la zona de estudio es atravesada y se ve fragmentada por diversas infraestructuras viarias, como carreteras menores que atraviesan las distintas zonas del ámbito de estudio.

2.2 Espacios protegidos y de interés para las aves

Se ha llevado a cabo una revisión y un análisis detallado de la situación geográfica de los siguientes espacios naturales y de interés para la fauna, en torno al ámbito de estudio, a fecha de septiembre de 2020 según cartografía disponible en el servicio de información ambiental de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (<https://areasprotegidas.castillalamancha.es>) y de la Comunidad de Madrid (<https://www.comunidad.madrid/servicios/mapas/geoportal-comunidad-madrid>), que tienen como objeto la difusión de toda la información sobre el medio ambiente de los mencionados territorios autonómicos.

- **Espacios Naturales Protegidos de la Castilla-La Mancha.** A nivel regional hay delimitados 112 Espacios Naturales Protegidos, totalizando una superficie de aproximadamente 581.000 ha. Se incluyen: 2 parques nacionales, 7 parques naturales, 22 reservas naturales, 6 reservas fluviales, 26 monumentos naturales, 48 microrreservas y 1 paisaje protegido.
- **Espacios Naturales Protegidos de la Comunidad de Madrid.** La Comunidad de Madrid gestiona 9 Espacios Naturales Protegidos en su territorio, bajo diversas categorías de protección, que abarcan en total el 15% de su superficie, entre los cuales, se incluyen las siguientes figuras de protección: Parque Nacional, Parque Regional, Paraje Pintoresco, Reserva Natural, Sitio Natural de Interés Nacional, Refugio de Fauna y Monumento Natural de Interés Nacional.
- **Red Natura 2000**, formada por las Zonas de Especial Conservación (ZEC) y las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA). Ambas Zonas, se delimitan y gestionan a nivel regional, de manera separada, en cada comunidad autónoma.
- **Catálogo de Embalses y Humedales de la Comunidad de Madrid.** La Comunidad de Madrid cuenta con 14 embalses y 23 humedales protegidos incluidos en el Catálogo de embalses y zonas húmedas, tanto por sus características naturales, como, en el caso de los embalses, por tratarse de agua para el abastecimiento. Cabe destacar que los Humedales Protegidos de la Comunidad de Madrid incluidos en el Inventario Nacional de Zonas Húmedas.
- **Zonas establecidas en el Decreto 275/2003**, de 9 de septiembre, por el que se aprueban los planes de recuperación del águila imperial ibérica (*Aquila adalberti*), de la cigüeña negra (*Ciconia nigra*), y el plan de conservación del buitre negro (*Aegypius monachus*), y se declaran zonas sensibles las áreas críticas para la supervivencia de estas especies en Castilla-La Mancha.
- **Red de Corredores Ecológicos de la Comunidad de Madrid.** Planificación de la Red de Corredores Ecológicos de la Comunidad de Madrid, diciembre de 2010. Las redes ecológicas constituyen un diseño territorial avalado por la comunidad científica y dirigido a paliar los efectos de los procesos de fragmentación del territorio y la pérdida de hábitats naturales sobre los ecosistemas y la biodiversidad (Infraestructura Verde).

Se ha consultado, de esta manera, la cartografía ambiental disponible tanto en el servicio de información ambiental de Castilla-La Mancha, con una especial atención a los Espacios Protegidos, a través del visor de la Red de Áreas Protegidas (visor cartográfico: <http://agricultura.jccm.es/inap/forms2/inapf001.php>), como de la Comunidad de Madrid, en el Geoportal de la Comunidad de Madrid / Infraestructura de datos espaciales de la Comunidad de Madrid (IDEM), con cartografía en detalle del ámbito regional (<https://www.comunidad.madrid/servicios/mapas/geoportal-comunidad-madrid>).

Igualmente, se ha tenido en consideración la información facilitada por el Ministerio para la Transición Ecológica (<https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza>), con una

especial atención a otros espacios naturales, de un claro interés ornitológico, como son las **Áreas Importantes para las Aves (IBA)** y los **Humedales Ramsar**.

Atendiendo a las especies de aves, se han tenido en consideración las Zonas de Protección delimitadas, a partir de lo establecido en el **Real Decreto 1432/2008**, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión; en concreto, se tendrán en consideración las definidas en la provincia de Toledo.

A partir de esta revisión, se pone de manifiesto que **no hay espacios protegidos y de interés para las aves incluidos en el ámbito de los proyectos objetivos del presente informe** (ver Plano 1 del Anexo I, en el que se presenta el ámbito de estudio, incluyendo los espacios y figuras de protección más cercanos).

Red de Corredores Ecológicos de la Comunidad de Madrid:

El ámbito de proyecto solapa con **un Corredor Ecológico, dentro de la Red de Corredores Ecológicos de la Comunidad de Madrid (Figura 2):**

- **Corredor de los Yesos.**

Este corredor conecta paisajes gipsícolas, típicos de las zonas más áridas de la cuenca del Tajo, y únicos en Europa. Une el LIC Sierra de San Vicente y Valles del Tiétar y del Alberche en la provincia de Toledo, con Vegas, Cuestas y Páramos del Sureste de Madrid, y las Laderas Yesosas de Tendilla, ya en la provincia de Guadalajara. Parte de su recorrido coincide con tramos del corredor de la Sagra y el corredor Oriental. Por la característica de estos terrenos el principal uso del suelo son los cultivos cerealistas.

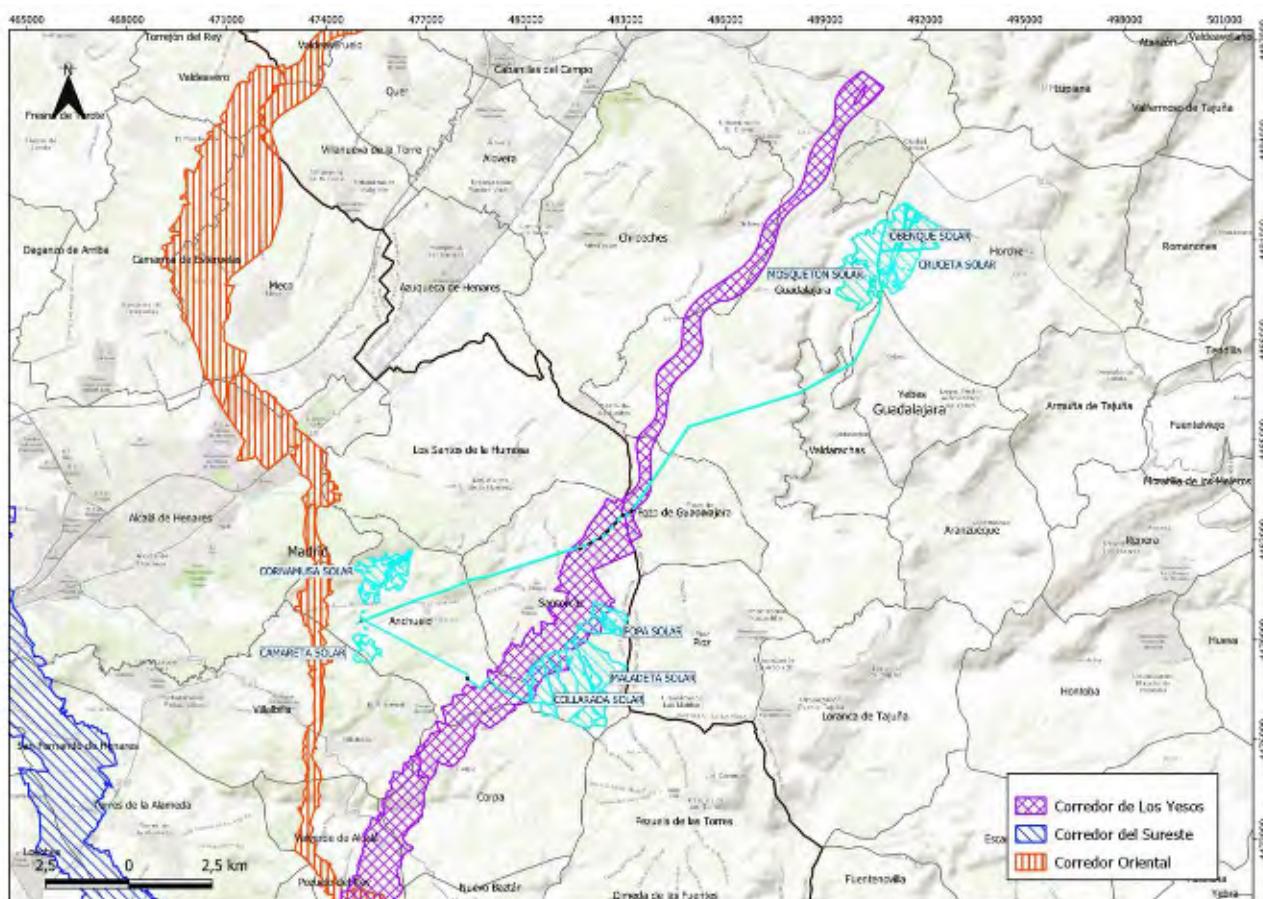


Figura 2. Corredores ecológicos en el ámbito de estudio y entorno inmediato, identificados en la leyenda. En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

A continuación, se indican los espacios protegidos y de interés, presentes en el entorno del ámbito del proyecto del presente Informe:

Red Natura 2000:

- **ZEPA “Estepas cerealistas de los ríos Jarama y Manzanares”** (Código: ES0000139).

Declaración e instrumento de gestión: Decreto 172/2011, de 3 de noviembre, del Consejo de Gobierno, por el que se declara Zona Especial de Conservación el lugar de importancia comunitaria Cuencas de los ríos Jarama y Henares y se aprueba el Plan de Gestión de los Espacios Protegidos Red Natura 2000 de la Zona de Especial Protección para las Aves denominada Estepas cerealistas de los ríos Jarama y Henares y de la Zona Especial de Conservación denominada Cuencas de los ríos Jarama y Henares. Localizado a unos 6 km al oeste del área de ubicación del proyecto del expediente **PFot 201 AC**

- **ZEC “Cuenca de los ríos Jarama y Henares”** (Código: ES3110001)

Declaración e instrumento de gestión: Decreto 172/2011, de 3 de noviembre, del Consejo de Gobierno, por el que se declara Zona Especial de Conservación el lugar de importancia comunitaria Cuencas de los ríos Jarama y Henares y se aprueba el Plan de Gestión de los Espacios Protegidos Red Natura 2000 de la Zona de Especial Protección para las Aves denominada Estepas cerealistas de los ríos Jarama y Henares y de la Zona Especial de Conservación denominada Cuencas de los ríos Jarama y Henares. Localizado a 2 kilómetros al oeste del proyecto del expediente **PFot 201 AC**

Áreas Importantes para las Aves (IBA):

- IBA “Talamanca-Camarma” (Código: 74). A unos 4,5 km al oeste del proyecto del expediente **PFot 201 AC**

Zonas establecidas en el Decreto 275/2003, de 9 de septiembre, por el que se aprueban los planes de recuperación del águila imperial ibérica (*Aquila adalberti*), de la cigüeña negra (*Ciconia nigra*), y el plan de conservación del buitre negro (*Aegypius monachus*), y se declaran zonas sensibles las áreas críticas para la supervivencia de estas especies en Castilla-La Mancha:

- **Zona de Importancia del águila imperial ibérica** (limitando al este del área de ubicación del proyecto correspondiente al expediente **PFot 180 AC**)
- **Zona de dispersión del águila perdicera** (a 3,7 km al oeste de la LEAT Hojarasca_SET Henares)

Red de Corredores Ecológicos de la Comunidad de Madrid:

En el entorno del ámbito de proyecto se localizan varios **Corredores Ecológicos, dentro de la Red de Corredores Ecológicos de la Comunidad de Madrid (Figura 2)**:

- **Corredor Oriental.** A 500 metros al oeste del área de ubicación del proyecto del expediente **PFot 201 AC**. En este corredor principal el tipo de paisaje predominante es cerealista.
- **Corredor del Suroeste.** A 7,7 km al suroeste del área de ubicación del proyecto del expediente **PFot 201 AC**. Este corredor, une todos los espacios de la red Natura 2000 de carácter estepario del cuadrante suroriental de la región, con la ZEPA Áreas esteparias de La Mancha Norte en Toledo. Es por ello que el corredor está ocupado en un 51% por cultivos herbáceos de secano.

Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión; en concreto, en la provincia de Guadalajara, dentro del ámbito de estudio delimitado, están establecidas las siguientes zonas, definidas en el Artículo 4. *Zonas de protección*, del Real Decreto 1432/2008, en función de la cartografía disponible (en la que se detallan las siguientes zonas, en malas de 1x1 Km):

- a) Los territorios designados como Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAs), de acuerdo con los artículos 43 y 44 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. En concreto, las ZEPAs “Estepas cerealistas de la campiña” y “Estepas cerealistas de los ríos Jarama y Henares” que se incluyen parcialmente en el extremo occidental del ámbito de estudio delimitado.
- b) Los ámbitos de aplicación de los planes de recuperación y conservación elaborados por las comunidades autónomas para las especies de aves incluidas en el Catálogo Español de Especies Amenazadas o en los catálogos autonómicos. En el caso del ámbito de actuación, coincidiría con las Zonas de Importancia del águila imperial ibérica y del buitre negro, en Castilla-La Mancha.
- c) Las áreas prioritarias de reproducción, alimentación, dispersión y concentración local de aquellas especies de aves incluidas en el Catálogo Español de Especies Amenazadas, o en los catálogos autonómicos, cuando dichas áreas no estén ya comprendidas en las correspondientes a los párrafos a) o b) de este artículo. Coincide con el cuadrante suroeste del ámbito de censo.

2.3 Hábitats de interés para aves

El ámbito de censo delimitado alberga diversos hábitats de interés para las aves, si bien, en determinados sectores del territorio considerado, se constata una notoria transformación del paisaje. Este hecho se encontraría relacionado con lo expuesto en el anterior apartado, en el que se detallan los espacios protegidos y otras figuras de protección de importancia para las aves, coincidentes o incluidos, parcialmente, en el ámbito de estudio delimitado.

En cualquier caso, cabe destacar que existen diversos hábitats o ecosistemas con un claro interés desde el punto de vista ornitológico, los cuales aparecen repartidos por distintos lugares del territorio delimitado:

Zonas esteparias, cultivos cerealistas y viñedos. De importancia para determinadas especies de aves vinculadas a entornos agrarios y medios abiertos, como la avutarda común, el sisón común, el aguilucho cenizo y el aguilucho pálido, entre otras. De importancia para determinadas especies de aves vinculadas a entornos agrarios y medios abiertos, como la avutarda común, el sisón común, el aguilucho cenizo, el aguilucho pálido y el cernícalo primilla, entre otras. Estos agrosistemas aparecen ampliamente extendidos por todo el ámbito de estudio destacan las superficies conformando un mosaico de cultivos, principalmente de cereales y otros cultivos herbáceos en secano.

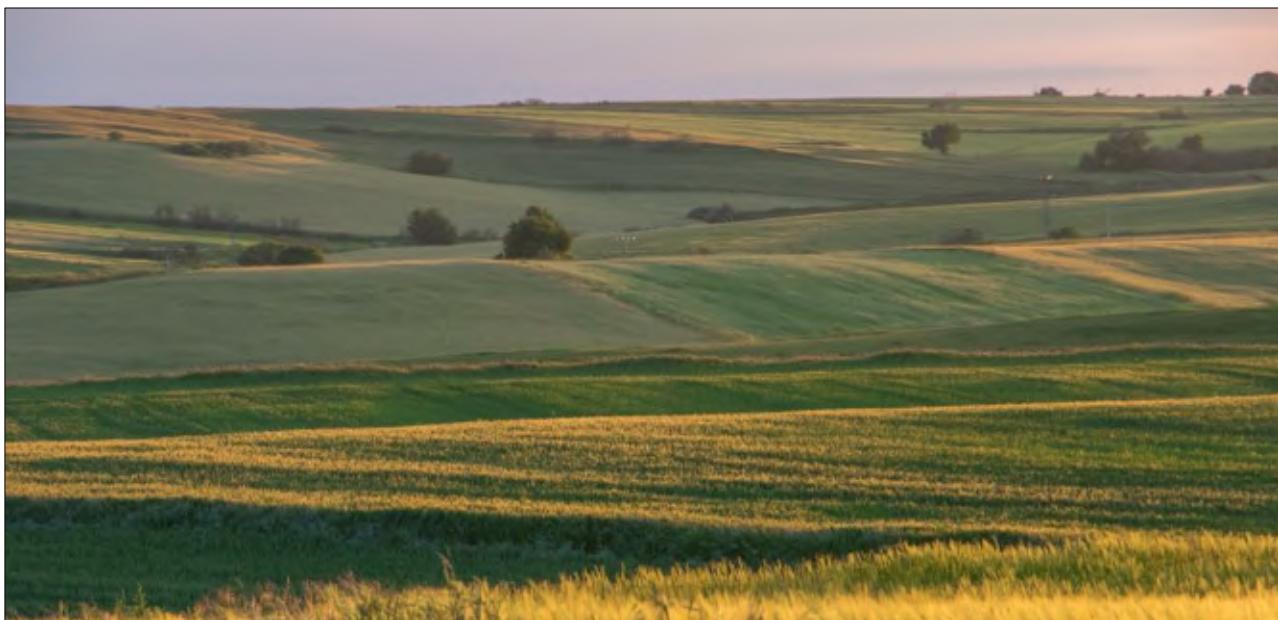


Imagen 2. En buena parte del ámbito de estudio se extienden cultivos cerealistas, conformando un hábitat de gran interés para determinadas especies de aves esteparias, como la avutarda común.

Encinares, pinares, quejigares y otras zonas forestales de monte mediterráneo. Los entornos forestales que aún perduran en el ámbito de estudio revisten una notable importancia para especies de aves rapaces vinculadas a zonas forestales y de monte mediterráneo, como el águila imperial ibérica, el milano real, la culebrera europea y el águila calzada, entre muchas otras. Por lo que respecta a su distribución en el ámbito de estudio, hay que indicar que estos ecosistemas se reparten de manera bastante heterogénea, esparciéndose especialmente por las zonas alomadas y de mayor relieve, que no han sido cultivadas, conformado este mosaico agroforestal un paisaje típico alcarreño. Destacan, en este sentido, las manchas formaciones de encinas y quejigos, intercaladas con parcelas de cereales, que se extienden por buena parte del territorio delimitado. Aparecen también interesantes pinares de repoblación, no muy extensos, repartidos puntualmente en algunas pendientes del área de estudio.



Imagen 3. Los barrancos y las zonas de relieve más abrupto se hallan cubiertos por vegetación mediterránea, como encinares, coscojares y pinares, de notable interés para determinadas especies de aves, entre las que figuran diversas rapaces y otras especies.

Cortados yesíferos y arcillosos. Acompañando a los principales cursos de agua que atraviesan o flanquean el ámbito de estudio, aparecen diversos escarpes y cortados, de especial interés para las aves rapaces y otras especies rupícolas, como el búho real, el halcón peregrino y la chova piquirroja, entre otras. Destacan, por su importancia en el entorno del ámbito de proyecto, los cortados vinculados al río Henares parte del cual se encuentra dentro de la Red Natural 2000 (ZEC o ZEPA).

Cursos de agua y ecosistemas de ribera. Merecen ser destacados, adicionalmente, los ecosistemas riparios, con bosques de ribera de notable entidad, bien conservados en muchos tramos, vinculados a los valles o depresiones fluviales modelados por los principales cursos de agua que atraviesan y vertebran el ámbito de estudio. Destacan, entre otros, y de manera especial: el río Henares, uno de los afluentes del Tajo, que atraviesa de norte a sur la parte central del territorio delimitado; y sus afluentes como el arroyo de las Dueñas, que también recorre el ámbito de censo, de noroeste a sureste.

2.4 Áreas excluyentes para aves

Por el contrario, y en contraposición a los hábitats de interés descritos anteriormente, en el ámbito de estudio se pueden encontrar lugares que no son propicios, o incluso excluyentes, para las aves, al menos para aquellas especies de mayor interés y valor de conservación.

Este es el caso de los núcleos urbanos y de otras áreas urbanizadas, siendo por norma estos espacios antropizados poco favorables como hábitat para la fauna silvestre. Determinadas especies, no obstante, como el cernícalo primilla, además de determinadas rapaces nocturnas o las cigüeñas blancas, constituyen

una excepción a esta regla, ya que aprovechan en ocasiones las edificaciones humanas para nidificar, incluso en el centro de núcleos urbanos.

Se encuentra especialmente transformado y modificado el sector norte de la envolvente delimitada, incluido en el denominado Corredor del Henares, en el cual se emplazan algunas de las localidades más densamente pobladas de toda la Comunidad de Madrid, con núcleos urbanos tan destacados como Alcalá de Henares, Torrejón de Ardoz, Coslada y San Fernando de Henares. En esta zona predominan áreas en las que se ha llevado a cabo un notable desarrollo industrial.

En áreas concretas de la Alcarria de Alcalá también existen canteras de caliza de cierta extensión que, al menos en las zonas de explotación, suponen importantes alteraciones para la fauna y el paisaje de la zona. No obstante, en las áreas abandonadas o restauradas, particularmente en los cortados resultados de la explotación, pueden llegar a habitar algunas especies rupícolas, como el búho real, la grajilla...

Cabe mencionar también la transformación derivada de la importante red de infraestructuras viarias, especialmente, autovías, carreteras y líneas de ferrocarril, que atraviesan buena parte del territorio delimitado.

3 METODOLOGÍA

Para la consecución de los objetivos planteados se ha procedido a realizar las siguientes acciones:

3.1 Recopilación, organización y análisis preliminar de la información

Inicialmente se ha realizado una revisión preliminar de las especies potencialmente presentes en el ámbito de estudio en función de la información disponible públicamente (inventarios nacionales y/o autonómicos, al menos a escala de cuadrícula UTM de 10 km de lado (por ejemplo, el Inventario Español de Especies Terrestres -IEET- del MITECO). Se han tenido en cuenta las cuadrículas UTM intersectadas por el ámbito del censo y de estudio y que, por lo tanto, se extiende más allá del ámbito particular del proyecto. Concretamente se han revisado las cuadrículas UTM: 30TVK77, 30TVK78, 30TVK87, 30TVK88, 30TVK89, 30TVK98 y 30TVK99 (PFot 180 AC, PFot 183 AC, PFot 201 AC).

Se han realizado, por otro lado, diversas consultas específicas a los organismos autonómicos correspondientes de Castilla-La Mancha y la Comunidad de Madrid, las cuales se han tenido en consideración en el presente estudio.

Así mismo, se han utilizado los datos aportados como alegaciones por distintas entidades a los proyectos fotovoltaicos propuestos en la comarca “Alcarria de Alcalá”, como la ONG GREFA (2021), dada la presencia de algunas especies de interés en el ámbito de estudio, destacando especialmente el águila perdicera, el águila imperial ibérica o el buitre negro, así como los datos aportados por la asociación Grupo Tagonius, referentes a los registros de águila real mediterránea en el entorno de los complejos fotovoltaicos del nudo "San Fernando-Loeches-Anchuelo-Ardoz (Tagonius, 2021)", localizados en la Alcarria madrileña.. Los datos aportados se comentan junto al análisis que se realiza sobre estas especies en el apartado 4.1 Especies de interés.

3.2 Censos de aves

Además de revisar de manera general el inventario ornitológico del ámbito de estudio, se ha hecho uso de los resultados de los trabajos de campo específicos realizados por Biodiversity Node S.L. y SECIM para la elaboración del “Estudio anual de aves para plantas solares fotovoltaicas y las infraestructuras comunes de evacuación de los nudos “Cisneros 220 y Alcalá II 220” en Guadalajara”(Biodiversity Node y SECIM, 2020a) y “Estudio anual de aves para las PSFV nudos “Loeches, San Fernando y Anchuelo”, Comunidad de Madrid” (Biodiversity Node y SECIM, 2020b) y datos posteriores inéditos), correspondientes al entorno del ámbito del proyecto (*Figura 1*), durante los ciclos anuales referentes a los años 2020 y 2021, diferenciando las especies de hábitos diurnos (la mayoría) de las de hábitos nocturnos o crepusculares (rapaces nocturnas, chotacabras y alcaraván). También se incluyen las observaciones de los censos específicos de avutarda realizados en la zona por SECIM y Biodiversity Node en 2020 y 2021. Además, se han considerado las observaciones del estudio realizado por la empresa Indyca (2021) “Proyecto solar fotovoltaico nudo “San Fernando-Loeches-Anchuelo- Ardoz” Anexo 3. Inventario de avifauna”.

Cabe señalar que, si bien el ámbito de censo particular de los diferentes estudios considerados no coincide completamente, en conjunto se cubre de forma total el ámbito de los proyectos evaluados en el presente informe, aportando información relevante y suficiente para determinar el estatus y la distribución de las especies de interés que potencialmente se pueden ver afectadas por los desarrollos propuestos. Dicha información contempla la distribución de las especies a lo largo de todo el ciclo anual, concentrando los esfuerzos de muestreo en tres períodos clave para las aves;

- **Invernada:** Invierno (diciembre - febrero): supervivencia invernal, migración.
- **Reproducción:** Primavera (marzo - junio): celo y nidificación.
- **Posreproducción:** Verano-otoño (julio - septiembre): desarrollo de los pollos y dispersión de juveniles.

Este planteamiento permite estudiar a las aves cuando sus poblaciones presentan un comportamiento más homogéneo (ajustado a su fenología particular en cada zona y los requerimientos ecológicos de cada periodo), lo cual facilita la comprensión de resultados y la precisión de las estimas, a diferencia de lo que puede ocurrir cuando se reparte el esfuerzo de forma sistemática a lo largo del año.

Respecto a los censos realizados por Biodiversity Node, se han utilizado diferentes metodologías que se ajustan en función de las especies potencialmente presentes y de mayor interés, pudiendo emplearse de forma complementaria.

Aves diurnas:

- **Mapeo de ejemplares:** Recorridos en vehículo por toda el área de estudio y geolocalización precisa de las especies de interés. Esta es la metodología general de censo empleada en todo el ámbito de estudio.

Aves nocturnas:

- **Estaciones de escucha.** Muestreo específico para especies nocturnas o crepusculares, basado en la realización de estaciones puntuales de escucha, con el fin de detectar las especies de forma auditiva, apoyado con el uso de grabaciones.

Además de estas dos metodologías complementarias de censo, a lo largo de los trabajos de campo se ha procedido al **registro sistemático de todas las especies de aves detectadas**, con el fin de confirmar o complementar los inventarios faunísticos generales del proyecto, generados a partir de la revisión inicial de otras fuentes de información.

Hay que señalar, adicionalmente, que se ha llevado a cabo un **censo específico de avutarda**, en el ámbito de estudio, tal y como se detalla en el apartado 3.2.1.2 del presente documento, donde se explica la metodología y la finalidad de este censo.

3.2.1 Metodología general de censo

La metodología general de censo ha sido un **mapeo de ejemplares sobre unas áreas de estudio determinadas**, cubriendo de forma homogénea mediante recorridos, es decir, una **versión extendida del "método de la parcela"** (Tellería, 1986; Bibby, 2000), adaptada al censo de grandes superficies y particularmente a especies de tamaño mediano y grande. Esta metodología, con ligeras adaptaciones, se ha empleado previamente en estudios de aves esteparias (Alonso y Alonso, 1990; Sanz-Zuasti y García, 2002; Alonso *et al.*, 2005; García de la Morena *et al.*, 2006; García de la Morena *et al.*, 2007; García de la Morena *et al.*, 2018) y de manera general ha sido utilizada en diversos proyectos sobre estas y otras especies por equipos de investigación como el Grupo de Ecología Terrestre de la Universidad Autónoma de Madrid (TEG-UAM) o del equipo de trabajo (Biodiversity Node/SECIM).

Cabe señalar que este método no es un muestreo (parcial), sino que se trata de un **"censo absoluto"** relativamente intensivo (asumiendo ciertas limitaciones) de las aves presentes en todo el ámbito de estudio, obteniendo información precisa de su **distribución (a escala de parcela)** así como una **estima poblacional**.

Los censos han consistido en **recorridos en coche a escasa velocidad** (10-15 km/h) por la totalidad de carreteras y caminos de la zona de estudio, **con paradas periódicas**, cada 500-1.000 m, de una duración mínima de 2-5 minutos, en las que se prospecta el terreno mediante prismáticos y telescopio (dependiendo de la orografía y visibilidad del territorio). El objetivo de estos recorridos es **prospectar visualmente la totalidad del área de estudio** para lo cual se emplea una banda de observación variable en función de la visibilidad del terreno, siendo ésta siempre menor a 1.000 m (500 m a cada lado del observador). Cada censador dispuso de equipos de óptica para la observación de las aves (prismáticos de 8-10x y telescopio de 20-60x). De existir zonas del territorio a censar que no pudiesen ser claramente observadas durante los recorridos en coche, se accedió a estas andando, y/o se realizaron estaciones de observación desde puntos prominentes del terreno de al menos 15 minutos de duración.

Todos los bandos e individuos contactados de las especies objetivo se georreferenciaron directamente en el campo. Para cada observación se han registrado, al menos, los siguientes datos:

- Fecha.
- Hora.
- Observador.
- Especie.
- Número de individuos (incluyendo tamaño de bando, la composición de sexos y edades).
- Tipo de hábitat (a nivel de parcela).
- Comentario.
- Comportamiento.
- Posible duplicado (Sí/No).
- Coordenadas geográficas.

En todos los casos se ha intentado determinar el sexo y la edad de las aves observadas, designándose como indeterminados en caso contrario.

También se registró el comportamiento de las aves observadas, particularmente útil cuando se precise determinar el estatus y composición de las parejas de aves rapaces (época de cría, pero también a finales de invierno cuando algunas especies muy tempranas empiezan cortejos y acciones preparatorias de la fase de reproducción), teniendo en cuenta los siguientes comportamientos:

- Observaciones de individuos posados.
- Entradas a nido/posadero.
- Salida de nido/posadero.
- Vuelos de cortejo.
- Defensa territorial.
- Vuelos de círculo sobre posibles áreas de cría a baja altura.
- Vuelos en bucle.
- Aporte de material de construcción o presas al nido.
- Vuelos de caza.
- Nido con adulto.
- Nido con pollos.
- Ejemplares recién volados o juveniles o en las inmediaciones.

Como herramienta de apoyo al trabajo de campo, **los censadores han utilizado dispositivos móviles equipados con GPS y una aplicación diseñada específicamente para el registro de las observaciones**, que ofrece dos ventajas fundamentales:

1. Facilitar las labores de navegación y localización precisa de las aves observadas, utilizando cartografía y ortofotos actualizadas como referencia, así como el posicionamiento GPS, para garantizar una cobertura completa y homogénea del área de censo.
2. Recopilar la información de forma precisa (posicionamiento geográfico) y estandarizada, mediante formularios estandarizados y procedimientos normalizados de gestión de la información generada.

Además, durante el desarrollo de los trabajos, los observadores completan una serie de formularios complementarios y registran los recorridos de censo mediante los dispositivos GPS, con el fin de poder supervisar el correcto desarrollo de los trabajos y garantizar la calidad de estos.

Los recorridos se han realizado en **dos períodos diarios, cuando la detectabilidad de las aves es máxima**: entre el orto y las tres horas siguientes al mismo; desde tres horas antes del ocaso hasta el mismo, si bien estos períodos se han ajustado en función de las condiciones meteorológicas y de la propia actividad de las aves (pudiendo extenderse en invierno o acortarse en verano, o aprovechando las horas centrales del día cuando resulte de interés para aves rapaces).

Al final de cada jornada de trabajo se han cotejado las observaciones del día, con el principal fin de **aclarar posibles dobles contactos** (que durante la recogida de datos se pueden marcar como “**posibles dobles conteos**”). En caso de duda siempre se contabiliza el número mínimo de individuos. De forma orientativa los criterios utilizados para considerar la potencial duplicación de una observación son los siguientes:

- i. Intervalo de tiempo entre observaciones idénticas inferior a 15 minutos.
- ii. Número de individuos similar, aceptándose un cierto error en función del tamaño de bando (de modo general, 1 individuo para bandos entre 1 y 10; 1-2 individuos para bandos entre 10 y 50).
- iii. Coincidencia entre la dirección de vuelo observada por el primer observador y la visualización de un grupo de características similares por un segundo o el mismo observador, aplicando también los criterios anteriores.
- iv. Proporción de sexos y/o individuos de diferentes edades similar entre observaciones.
- v. Distancia en la cartografía entre observaciones inferior a 250-500 m.

En general, con esta metodología, se considera que el número de dobles observaciones que han podido quedar sin detectar es muy reducido, lo cual se puede avalar en función de la consistencia que tienen los censos de ciertas especies en distintas fechas.

3.2.1.1 Estaciones de escucha

De manera complementaria a la metodología de censo presentada en el apartado anterior, se han realizado una serie de muestreos dirigidos específicamente a aquellas especies de aves de hábitos crepusculares, cuya detectabilidad durante el periodo diurno es más limitada. Entre estas se incluyen la mayor parte de las rapaces nocturnas, los chotacabras (*Caprimulgus spp.*) y algunas especies de aves esteparias, como el alcaraván.

La metodología utilizada está basada en la empleada a estudios gran escala por la Sociedad Española de Ornitológia (SEO/BirdLife), como el programa NOCTUA, donde se realizan de forma sistemática una serie de **estaciones puntuales de escucha**, con el fin de detectar las especies de forma auditiva, pudiendo apoyarse en este caso con el uso de grabaciones con los reclamos de las especies objetivo (Zuberogoitia y Campos, 1998). Estos muestreos se deben repetir al menos en 3 ocasiones, a repartir entre periodo invernal (1 visita entre diciembre y febrero) y el periodo primaveral (2 visitas entre marzo y junio).

De manera general, se realiza un muestreo de 10 minutos en cada estación. La primera estación comienza 15 minutos después del ocaso y se anotan todos los individuos diferentes de todas las especies detectadas, cada individuo una sola vez.

3.2.1.2 Censo específico de avutarda

El objetivo general del censo específico de avutarda es obtener información precisa y actualizada sobre la distribución y abundancia de esta especie en concreto, presente en el ámbito de las posibles implantaciones de los proyectos promovidos por la empresa, con el fin de apoyar la toma de decisiones.

De esta manera, se han llevado a cabo una serie de censos específicos de avutarda en las envolventes de los proyectos fotovoltaicos donde se detectaron previamente, durante los trabajos realizados en la campaña de

invierno, con el objetivo de detectar las zonas de exhibición (lek) donde la especie se reproduce en primavera y que, de manera generalizada, se concentran fundamentalmente en el mes de marzo.

Metodología de censo

La metodología general de censo ha sido similar a la empleada en los estudios generales de avifauna (ver apartado 3.2.1 “Metodología general de censo”), pero adaptada a las particularidades específicas de la avutarda, conforme a la metodología general propuesta para el censo nacional de la especie (SEO/BirdLife, 2019) según las siguientes indicaciones:

- El censador ha de cubrir aproximadamente 3.000 ha de censo al día.
- Es necesario realizar un censo (cada zona ha de ser visitada 1 vez) entre el 1 de marzo y el 10 de abril, aunque se recomendó concentrar el esfuerzo entre el 1 de marzo y el 20 marzo.
- Toma de datos en la aplicación diseñada para los censos generales de avifauna, permitiendo la georreferenciación de todos los contactos, así como el registro de los recorridos realizados.

Los censos consisten en recorridos en coche a escasa velocidad (10-15 km/h) por la totalidad de carreteras y caminos de la zona de estudio, con paradas periódicas, cada 500-1.000 m, de una duración mínima de 2-5 minutos, en las que se prospectaba el terreno mediante telescopio (dependiendo de la orografía y visibilidad del territorio). El objetivo de estos recorridos es prospectar visualmente la totalidad del área de estudio para lo cual se emplea una banda de observación variable en función de la visibilidad del terreno, siendo ésta siempre menor a 1.000 m (500 m a cada lado del observador). Cada censador dispondrá de equipos de óptica para la observación de las aves (prismáticos de 8-10x y telescopio de 20-60x). Si existieran zonas del territorio a censar que no puedan ser claramente observadas durante los recorridos en coche, deberá accederse a estas andando, y/o realizar estaciones de observación desde puntos prominentes del terreno de al menos 15 minutos de duración.

En todos los casos se intentó determinar el sexo y la edad de las aves observadas y, en el caso de la avutarda común, se trató también de identificar a los machos menores de un año (cosa que en esta época no resulta posible en las hembras). En general, se consideraron las siguientes categorías:

- Machos adultos e inmaduros: todos los machos mayores de un año.
- Machos jóvenes: aves menores de un año, sólo a partir de enero del año siguiente al de su nacimiento, fecha hasta la cual se consideran como pollos.
- Machos de edad indeterminada.
- Hembras adultas: En el caso de la avutarda común (y el sisón común), en la categoría de hembras se incluyen adultas, subadultas y jóvenes en su primer año (véase criterio en machos jóvenes).
- Aves de edad y sexo indeterminados.

3.3 Definición y delimitación de las Zonas Relevantes para la Avifauna (ZRA)

De cara a llevar a cabo la delimitación de las Zonas Relevantes para la Avifauna (ZRA), en el ámbito de estudio, planteadas a partir de los resultados obtenidos para la elaboración del presente Informe, convienen indicar que se han tenido en consideración distintos datos y diferentes fuentes de información. Destacan, por un lado, como se explica a continuación, los registros y observaciones obtenidos durante los censos llevados a cabo por técnicos de Biodiversity Node, correspondientes a los estudios de avifauna de los nudos “Cisneros 220-Alcalá II” y “Loeches, San Fernando y Anchuelos” los cuales engloban la mayor parte del área del proyecto objetivo del presente informe; además, se cuenta con información propia, publicada o inédita sobre las poblaciones de aves de esta zona, incluyendo datos sobre distribución y movimientos de sisón común, fruto de la tesis doctoral de Eladio L. García de la Morena (2016), de los censos nacionales de sisón común u otros trabajos aplicados en la zona.

Durante la realización de los análisis se ha revisado la base de datos con el fin de depurar observaciones o registros duplicados o erróneos. Si bien las figuras y las áreas obtenidas deben interpretarse con cierta cautela, dada la heterogeneidad espacial y temporal de los datos manejados (por ejemplo, diferencias estacionales en el ámbito de estudio, o diferente tamaño muestral según las especies), se consideran de gran utilidad para destacar las zonas de mayor interés para las especies analizada, en cada periodo, apoyando la interpretación de los resultados de los censos.

De esta manera, a partir de las observaciones y registros en los censos realizados, se ha establecido la base para delimitar las Zonas Relevantes para la Avifauna (ZRA) en el ámbito de estudio.

Por ello, la delimitación espacial de las Zonas Relevantes para la Avifauna se ha basado fundamentalmente en los datos precisos de localización de aves resultantes de los censos de aves, así como la disponibilidad de hábitats para las mismas (por fotointerpretación o cartografía de usos del suelo como apoyo). Para tal fin, se han tenido en cuenta todas las observaciones, para delimitar de manera más concreta el uso del espacio. Igualmente, se ha prestado una mayor atención a las zonas de nidificación localizadas durante los trabajos de censo, incorporando así, las Zonas Relevantes para la Avifauna los territorios de las especies de mayor interés (como pueden ser las grandes rapaces).

Conviene indicar, finalmente, que la delimitación y definición de las Zonas Relevantes para la Avifauna (ZRA) no se ha llevado a cabo a su vez considerando los espacios protegidos y las figuras de protección existentes en el ámbito de estudio, señalados en el anterior epígrafe y detallados en el apartado 2.2. “Espacios protegidos y de interés para las aves” del presente Informe, pues estos ya tienen entidad propia.

4 RESULTADOS

4.1 Especies de interés

En el presente apartado se aborda, de manera más concreta, la distribución y la descripción del uso del territorio de las especies de interés presentes en el ámbito de estudio.

Resulta fundamental en el ámbito del presente proyecto, en este sentido, identificar de manera previa y clara estos taxones con un mayor valor de conservación, los cuales deben convertirse en referentes obligados en la planificación y ejecución de los trabajos.

Se aporta, en primera instancia, el listado completo de las especies de mayor interés presentes en el ámbito de estudio, detallado en la siguiente tabla, desde la perspectiva de la legislación de especies amenazadas.

En la tabla, concretamente, se incluyen las siguientes columnas:

- **Nombre:** nombre común de la especie de interés
- **Nombre científico:** nombre científico de la especie de interés
- **CEEA:** si la especie está presente en el Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas, y en este último caso, la categoría de protección (Vulnerable-VU o En Peligro de Extinción-PE).
- **CRCAM:** si la especie está presente en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Comunidad de Madrid. Decreto 18/1992, de 26 de marzo, por el que se aprueba el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres de la Comunidad de Madrid. Categorías de protección: PE “En Peligro de Extinción”; VU “Vulnerable”; IE “De Interés Especial”; y SAH “Sensible a la Alteración del Hábitat”.
- **CRCLM:** si la especie está presente en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha. Decreto 200/2001, de 6 de noviembre, por el que se modifica el Catálogo Regional de Especies Amenazadas; y Decreto 33/1998, de 05/05/1998, por el que se crea el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha. Categorías de protección: PE “En Peligro de Extinción”; VU “Vulnerable”; IE “De Interés Especial”.
- **Directiva Aves:** si la especie está presente en el Anexo I (especies que serán objeto de medidas de conservación especiales en cuanto a su hábitat, con el fin de asegurar su supervivencia y su reproducción en su área de distribución), de la Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres.
- **Vistas en campo:** si la especie ha sido vista durante el trabajo de campo (tanto dentro del ámbito del proyecto como fuera de él).

Tabla 3. Inventario de las aves de interés en el ámbito de estudio. CEEA es Catálogo Español de Especies Amenazadas. CRCAM es Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Comunidad; y CRCLM es Catálogo Regional de Castilla-La Mancha:

Nombre	Nombre científico	CEEA	CRCAM	CRCLM	Directiva Aves	Vistas en campo
Abejero europeo	<i>Pernis apivorus</i>		IE	IE	Anexo I	Sí
Águila calzada	<i>Hieraetus pennatus</i>		IE	IE	Anexo I	Sí

Nombre	Nombre científico	CEEA	CRCAM	CRCLM	Directiva Aves	Vistas en campo
Águila imperial ibérica	<i>Aquila adalberti</i>	PE	PE	PE	Anexo I	Sí
Águila perdicera	<i>Hieraetus fasciatus</i>	VU			Anexo I	Sí
Águila real	<i>Aquila chrysaetos</i>		SAH	VU	Anexo I	Sí
Aguilucho cenizo	<i>Circus pygargus</i>	VU	VU	VU	Anexo I	Sí
Aguilucho lagunero	<i>Circus aeruginosus</i>		SAH	VU	Anexo I	Sí
Aguilucho pálido	<i>Circus cyaneus</i>		IE	VU	Anexo I	Sí
Alcaraván común	<i>Burhinus oedicnemus</i>		IE		Anexo I	Sí
Avutarda común	<i>Otis tarda</i>		SAH	VU	Anexo I	Sí
Búho real	<i>Bubo bubo</i>		VU	VU	Anexo I	Sí
Buitre leonado	<i>Gyps fulvus</i>		IE	IE	Anexo I	Sí
Buitre negro	<i>Aegypius monachus</i>	VU	PE	VU	Anexo I	Sí
Carraca europea	<i>Coracias garrulus</i>	VU	VU	VU	Anexo I	Sí
Cernícalo primilla	<i>Falco naumanni</i>		PE	VU	Anexo I	Sí
Chova piquirroja	<i>Pyrrhocorax pyrrhocorax</i>		IE	IE	Anexo I	Sí
Cigüeña blanca	<i>Ciconia ciconia</i>		VU	IE	Anexo I	Sí
Cigüeñuela común	<i>Himantopus himantopus</i>		IE	IE	Anexo I	No
Culebrera europea	<i>Circaetus gallicus</i>		IE	VU	Anexo I	Sí
Halcón peregrino	<i>Falco peregrinus</i>		VU	VU	Anexo I	Sí
Milano negro	<i>Milvus migrans</i>			IE	Anexo I	Sí
Milano real	<i>Milvus milvus</i>	PE	VU	VU	Anexo I	Sí
Ganga ortega	<i>Pterocles orientalis</i>	VU	VU	VU	Anexo I	No
Sisón común	<i>Tetrax tetrax</i>	VU	SAH	VU	Anexo I	Sí

En función de la información recogida en la tabla anterior (Tabla 3) y derivada tanto de las observaciones registradas durante los trabajos de campo como de la revisión del IEET, se pone de manifiesto que el ámbito de actuación resulta de interés por la presencia de un destacado número de especies de aves de interés, como es el caso de determinadas rapaces, entre las que cabe destacar: **águila imperial ibérica** (no citada en

el IEET del ámbito de estudio, pero registrada en los trabajos de censos), **águila perdicera**, **águila real**, **buitre leonado** y **buitre negro**. También se han registrado en la zona numerosos contactos de **milano real** a lo largo de todo el ciclo anual, como se detalla en el siguiente apartado.

Cabe mencionar a su vez, con un especial interés, la presencia y detección de otras especies de aves vinculadas a medios abiertos o entornos agrarios (aves esteparias), como **avutarda común**, **sisón común**, **aguilucho cenizo** (ambos, tanto el sisón como el aguilucho cenizo, en preocupante declive a nivel nacional), **aguilucho pálido**, **aguilucho lagunero occidental** (una de las rapaces más abundantes en el ámbito de censo) y **cernícalo primilla**, entre otras. Los registros de estas especies varían mucho, a nivel cuantitativo, entre unas y otras, como se detalla en los siguientes epígrafes.

Por lo que respecta a determinadas especies detalladas en la tabla anterior (Tabla 3), a pesar de figurar en el listado del IEET, debido a su presencia muy limitada dentro del ámbito de estudio o incluso a su posible desaparición como reproductoras dentro del territorio delimitado, durante los censos realizados no se ha podido registrar ninguna observación de: ganga ortega y cigüeña comú, además de otras especies.

Por el contrario, y como se ponía de manifiesto, se ha llevado a cabo la observación de determinadas especies de interés no registradas previamente en el IEET, durante los censos realizados en el ámbito de estudio, a lo largo de todo el ciclo anual. Este es el caso, por ejemplo, del águila imperial ibérica (especie catalogada “En Peligro de Extinción”, tanto a nivel nacional como regional), milano real (especie catalogada “En Peligro de Extinción”, a nivel nacional, y como “Vulnerable” tanto en la Comunidad de Madrid como en Castilla-La Mancha), la chova piquirroja (incluida en el Anexo I de la Directiva Aves, y catalogada como de “De Interés Especial”, tanto en la Comunidad de Madrid como en Castilla-La Mancha) y del esmerezón (en el Anexo I de la Directiva Aves y catalogado como de “De Interés Especial” en Castilla-La Mancha).

En los siguientes epígrafes, con un mayor grado de detalle, se procede a describir y discutir el estatus y el uso del espacio de las diferentes especies de interés observadas en el ámbito de estudio. Conviene aclarar, respecto a las figuras incluidas en los siguientes apartados, que en la cartografía elaborada de las distintas especies de interés se han tenido en cuenta y se muestran todas las observaciones registradas (incluyendo los posibles dobles conteos). En las tablas anteriores y en los textos de cada especie, sin embargo, se hace alusión al número de observaciones descontando los posibles dobles conteos, de cara a evaluar cuantitativamente, con una mayor concreción, la abundancia de cada especie de interés.

4.1.1 Avutarda común

La avutarda común se encuentra incluida en el LESRPE y catalogada como “Sensible a la Alteración de su Hábitat”, en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Comunidad de Madrid y como “Vulnerable”, en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha. También está incluida en el Anexo I de la Directiva Aves.

Como se indicaba en el capítulo 3 METODOLOGÍA, además de las tres visitas de censo general de aves en el ámbito de estudio, tanto en invierno como durante el periodo reproductor y posreproductor 2020-2021,

para esta especie se realizaron censos específicos en el mes marzo con el fin de ubicar las zonas de exhibición (lek) donde se realizan las cópulas en primavera (tan solo en este periodo tan concreto; después los machos se pueden dispersar a áreas más alejadas, pues no colaboran en la incubación o crianza de los pollos, y las hembras pueden nidificar en las proximidades del lek, pero también a una cierta distancia del mismo). Las estimas para la zona de censo de leks de avutarda representarían la totalidad de las existentes en el ámbito de estudio, pues ni por bibliografía ni por experiencia del equipo redactor, se tiene constancia de otras zonas de exhibición.

Respecto a la distribución espacial de los ejemplares registrados de la especie en el ámbito de interés, las observaciones, como se pone de manifiesto en la Figura 3, se concentran sobre todo en la franja central y sureste, con un mayor registro de individuos en el extremo oeste del término municipal de Pozo de Guadalajara, en la provincia de Guadalajara, y noroeste de Pezuela de las Torres, en la Comunidad de Madrid.

Según las estimas de la población reproductora de la Comunidad de Madrid más recientes de 2011 (Museo Nacional de Ciencias Naturales – CSIC, 2020), la población total regional se encontraría en 1.400 – 1.500 aves. Datos anteriores de 2006 (Martin, B., 2008), estimaba la población de la Comunidad de Madrid en 1.600 ejemplares adultos.

Respecto a los datos oficiales de la especie en Castilla-La Mancha, esta comunidad carece de un censo completo y actualizado de avutardas. En 1994 fueron censadas una gran parte de las áreas de distribución de la especie en la región, pero los resultados obtenidos en ese trabajo no pueden ser considerados como un censo global de la población castellano-manchega de avutardas (Palacín *et al.*, 1996). En Guadalajara existe información fidedigna basada en los censos realizados entre 1999 y 2001. Teniendo en cuenta estas consideraciones, la población castellano-manchega de avutardas se estima actualmente en un mínimo de 4.775 individuos, pudiendo ser el tamaño real de la población moderadamente superior (Alonso *et al.*, 2005).

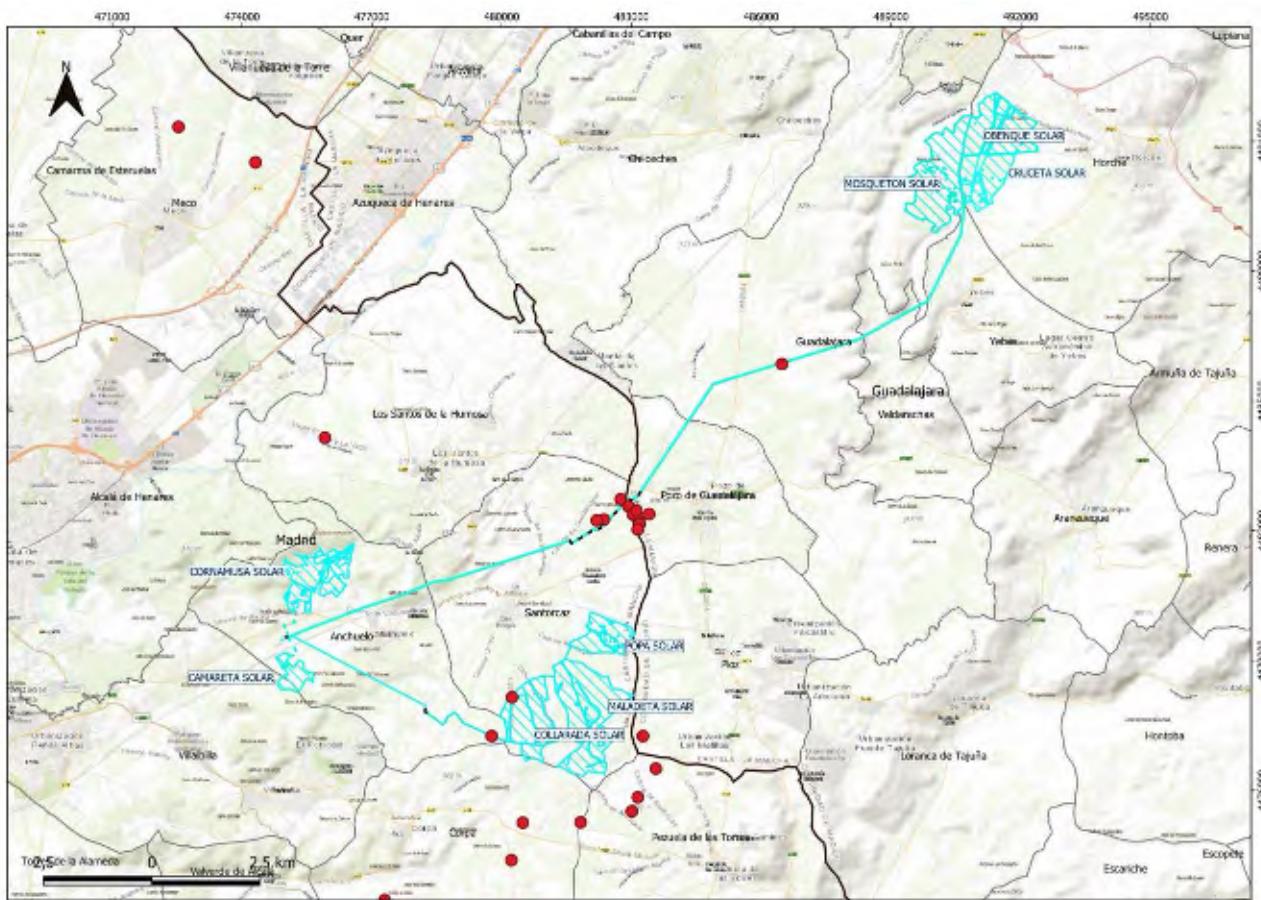


Figura 3. Observaciones acumuladas de avutarda común (círculos rojos). En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

4.1.2 Sisón común

El sisón común es una especie incluida en la categoría de “Vulnerable”, tanto en el Catálogo Español de Especies Amenazadas como en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha; en el territorio madrileño, por su parte, se encuentra catalogado como “Sensible a la Alteración de su Hábitat”. También se encuentra incluida en el Anexo I de la Directiva Aves.

Se trata de una de las especies esteparias con un declive más acusado en España, así como en la Comunidad de Madrid y en la provincia de Toledo, con una disminución de en torno al 50% en estos tres ámbitos, durante la última década (García de la Morena *et al.*, 2018). La alarmante situación de la especie ha motivado la reciente solicitud de SEO/BirdLife al MITECO para su recatalogación como “En Peligro de Extinción” en España (actualmente aprobada y en proceso de publicación en el BOE). También recientemente, la Convención de Especies Migratorias (CMS) ha decidido recomendar la inclusión del sisón común en los apéndices I (que supone principalmente su protección y la de sus hábitats) y II (que implica la necesidad de llevar a cabo acciones coordinadas y acuerdos para mejorar su estado de conservación). Esta propuesta fue defendida por la Unión Europea por iniciativa de España, y ha contado con el apoyo de todos los países del área de

distribución mundial de la especie. Esta inclusión tiene importantes implicaciones, ya que refleja la necesidad a nivel mundial de acometer actuaciones urgentes para revertir el decrecimiento de su población.

Respecto a la distribución espacial de los ejemplares registrados de la especie en el ámbito de interés, las observaciones, como se pone de manifiesto en la Figura 4, se concentran sobre todo en la franja central y sureste, con una mayor concentración de individuos en el noreste y franja sur del término municipal de Santorcaz, en la Comunidad de Madrid.

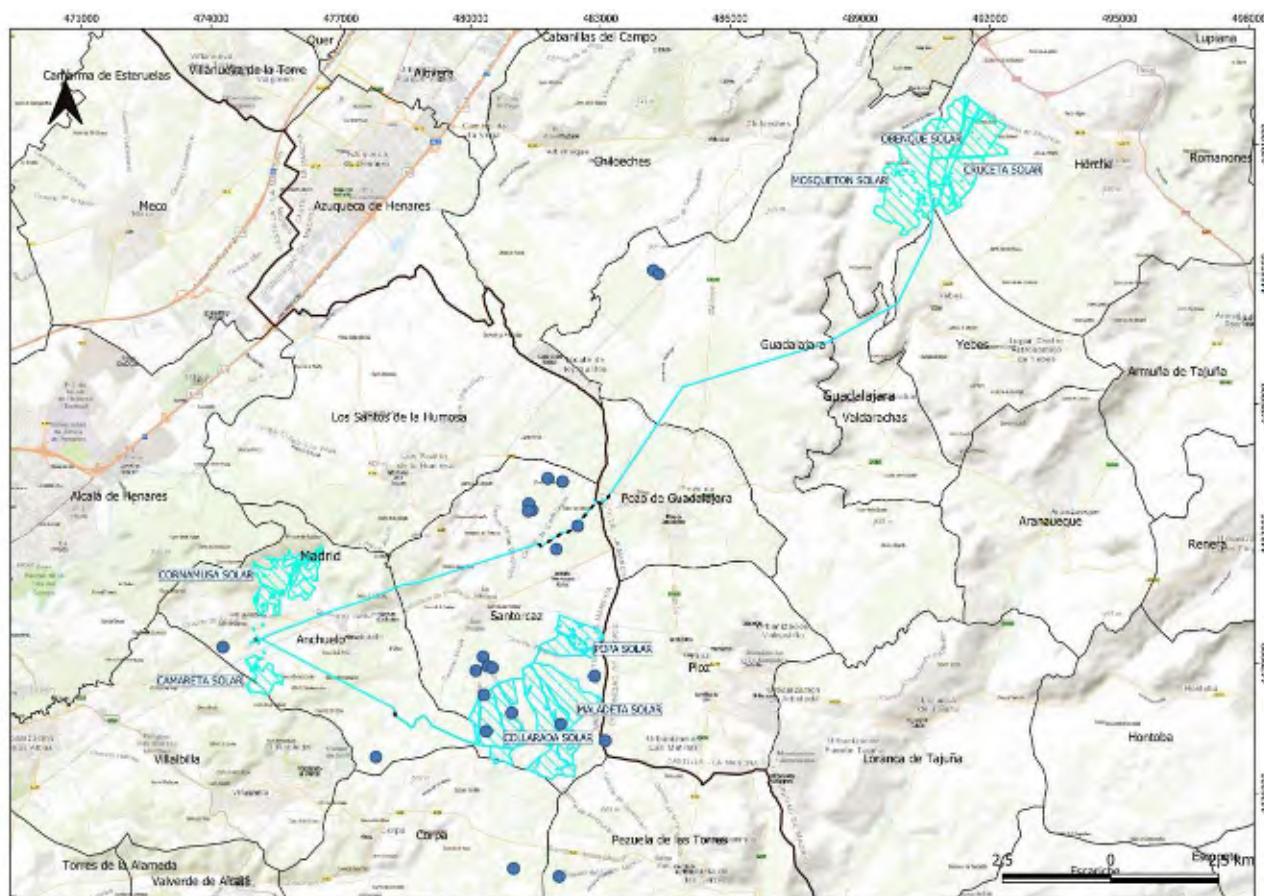


Figura 4. Observaciones acumuladas de sisón común (círculos azules). En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

Cabe señalar, nuevamente, el declive de la especie en el ámbito de censo (y en el conjunto de su área de distribución), estando los resultados del censo realizado muy alejados de lo que cabría esperar hace tan solo unos años. Según los datos del último censo nacional de 2016 (García de la Morena *et al.*, 2018), la densidad de machos y el número total de machos han disminuido en torno al 50%, en tan solo 10 años, tanto en Madrid como en Toledo.

Por lo que respecta a su situación y a su distribución actual, a nivel regional y provincial, Castilla-La Mancha constituye, indudablemente, el principal bastión para la especie, a nivel peninsular, con una población de

25.478 machos estimados (entre 20.269-32.219 machos), es decir, dos tercios del total de la población española.

Por su parte, en el ámbito madrileño, a partir de los datos del censo nacional de 2016 (García de la Morena *et al.*, 2018), la población de machos en época reproductora se cifró en 605-1.287 machos (esto supondría el 2,3% de la población en España), aunque la población real de la especie estaría más ajustada al límite inferior de ese rango, o incluso por debajo del mismo (debido a limitaciones metodológicas, las estimas poblacionales se realizaron extrapolando las densidades obtenidas -que sí son fiables- al hábitat potencial disponible -que realmente debe ser muy inferior al estimado por las cartografías utilizadas, que no permiten reflejar la calidad del mismo, un factor determinante para la presencia de la especie).



Imagen 5. Macho de sisón común, sobrevolando un campo de cereal durante los censos de primavera llevados a cabo en el ámbito de estudio, en la Comunidad de Madrid.

4.1.3 Milano real

Otra de las especies de interés detectadas es el milano real, al encontrarse catalogada como “En Peligro de Extinción” en el Catálogo Español de Especies Amenazadas y como “Vulnerable” en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Comunidad de Madrid y de Castilla-La Mancha, estando incluida a su vez en el Anexo I de la Directiva Aves.

En el ámbito de estudio ha resultado una especie muy frecuente, hasta el punto de ser la especie de interés con un mayor número de contactos u observaciones durante los censos llevados a cabo, particularmente fuera del periodo reproductor.

Por lo que respecta al reparto espacial de las observaciones, hay registros de ejemplares de milano real por todo el ámbito de proyecto, si bien, es más abundante en la franja central del mismo, en el término municipal de Pozo de Guadalajara y noroeste del término municipal de Guadalajara, donde los campos de cultivo de la zona son importantes zonas de caza y alimentación de la especie (Figura 5).

Durante el periodo reproductor, y a lo largo del periodo estival, no se han localizado nidos ni ejemplares con indicios de comportamiento reproductor, por lo que cabe señalar que las aves presentes durante la época de cría corresponderían probablemente a ejemplares no reproductores, juveniles o adultos que, tras fracasar en la cría, se habrían desplazado a estas áreas posreproductoras. Su población se incrementa notablemente durante el periodo invernal, al que corresponden la mayor parte de las observaciones.

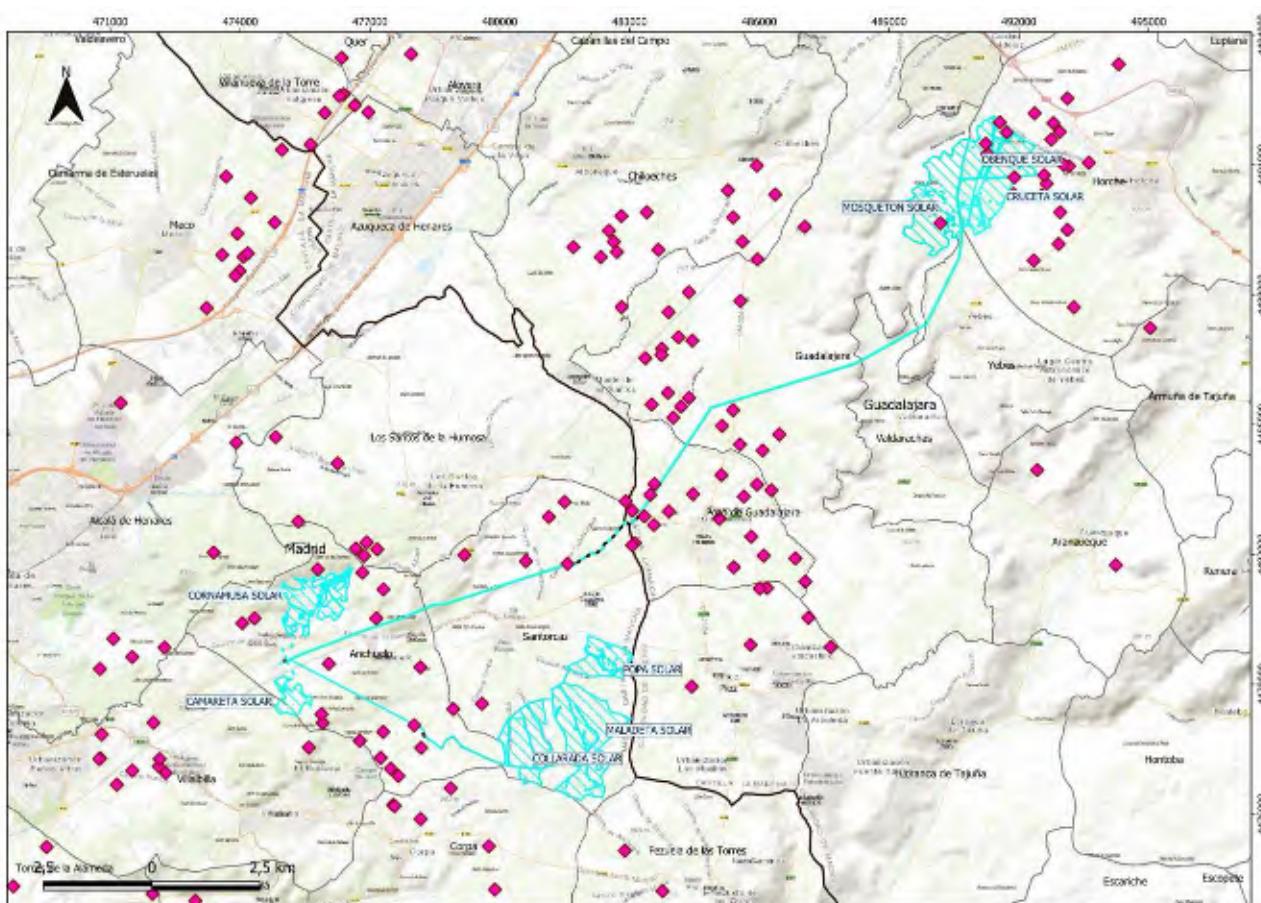


Figura 5. Observaciones acumuladas de milano real (rombos rosas). En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

Atendiendo a su situación a nivel regional, para Castilla-La Mancha, del análisis del último censo nacional (Molina, 2015), para el año 2014, se pone de manifiesto una preocupante tendencia en el territorio castellanomanchego. La población reproductora estimada se reducía, en el año 2014, únicamente a 7 parejas nidificantes, 3 de las cuales se ubicaban en la provincia de Toledo. Ha tenido lugar, por tanto, un marcado declive, teniendo en cuenta que en 1994 se estimaba una población de entre 47 y 62 parejas para el conjunto de la región.

Por su parte, en la Comunidad de Madrid la tendencia de la población reproductora de milano real parece ser bien distinta, y ha sido estimada en un mínimo de 63 parejas seguras, en función de los datos del último

censo nacional (Molina, 2015), para el año 2014. Respecto al número de territorios de la especie, asciende a 73 territorios en el ámbito regional madrileño. Esta cifra, aunque modesta, sitúa a la comunidad madrileña entre las diez provincias con un mayor número de parejas nidificantes. Comparado con los datos censos anteriores, se constata una cierta estabilidad respecto a las cifras de 1994 y una clara mejoría, si se analizan las cifras del año 2004, en el que se estimó la población reproductora en la Comunidad de Madrid en solamente 36 parejas.

Por lo que respecta a la población invernante, las cifras son mucho más elevadas y muy superiores a las de las poblaciones reproductoras, como ocurre en el resto de las comunidades de España, debido a la llegada de numerosos ejemplares invernantes procedentes del centro y norte de Europa. En el caso de Castilla-La Mancha, se estimaba para el año 2014 la cifra de 3.113 individuos, con más de la mitad de la población invernante de milano real en la región concentrada, precisamente, en la provincia de Toledo, donde se estimaba una cifra de 1.704 individuos, la mayoría vinculados al centro de la provincia. Se localizaron 11 dormideros, en el conjunto de la provincia (Molina, 2015).

En el ámbito madrileño, por su parte, teniendo en consideración la información más reciente de los últimos censos de invierno llevados a cabo, del año 2019 (Molina et al., 2020), se ha estimado una población invernante de 2.543 individuos, repartidos en 11 dormideros; una cifra que supone el registro histórico más alto en la Comunidad de Madrid. Analizando el reparto por zonas más concretas, cabe señalar la importancia de un dormidero en el Parque Regional del Sureste (al noreste del ámbito de estudio), con 752 ejemplares.

4.1.4 Águila imperial ibérica

El águila imperial ibérica es una de las especies de mayor interés detectadas en el ámbito de estudio, encontrándose catalogada como “En Peligro de Extinción” en el Catálogo Español de Especies Amenazadas (Real Decreto 139/2011), así como en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Comunidad de Madrid (Decreto 18/1992) y de Castilla-La Mancha (Decreto 33/1998; Decreto 200/2001), estando incluida a su vez en el Anexo I de la Directiva Aves.

En el caso del águila imperial ibérica, dada la abundante presencia de la misma en el ámbito de estudio y su catalogación, se ha hecho un seguimiento más detallado de esta especie, y de sus posibles zonas de nidificación, contando con los datos aportados por la ONG GREFA durante la fase de información pública de los proyectos fotovoltaicos de la Alcarria de Alcalá. Como se puede comprobar en la Figura 6, los registros de águila imperial correspondientes a los trabajos de censo llevados a cabo en 2020 y 2021 en el área de interés corresponden a individuos en dispersión, quedando los proyectos fuera de las áreas núcleo de concentración de observaciones (áreas kernel al 50%).

Por lo que respecta al reparto espacial de las observaciones de los trabajos de campo, tal y como se muestra en la Figura 6, hay registros de ejemplares de águila imperial ibérica por todo el ámbito de proyecto, si bien, es más abundante en la franja central-suroeste del mismo, al norte del término municipal de Santorcaz, en la Comunidad de Madrid y franja norte, al oeste del término municipal del Horche, en Guadalajara, donde los campos de cultivo de la zona son importantes zonas de caza y alimentación de la especie (Figura 6).

Respecto a la presencia de territorios establecidos en el ámbito particular de los proyectos considerados, durante los censos en el periodo reproductor 2021 se registró un intento de nidificación de la especie, a 800 metros al sureste del proyecto correspondiente al expediente **PFot 180 AC**, pero que no prosperó (Biodiversity Node, datos inéditos); este ha sido el primer indicio de reproducción de la especie en la zona.

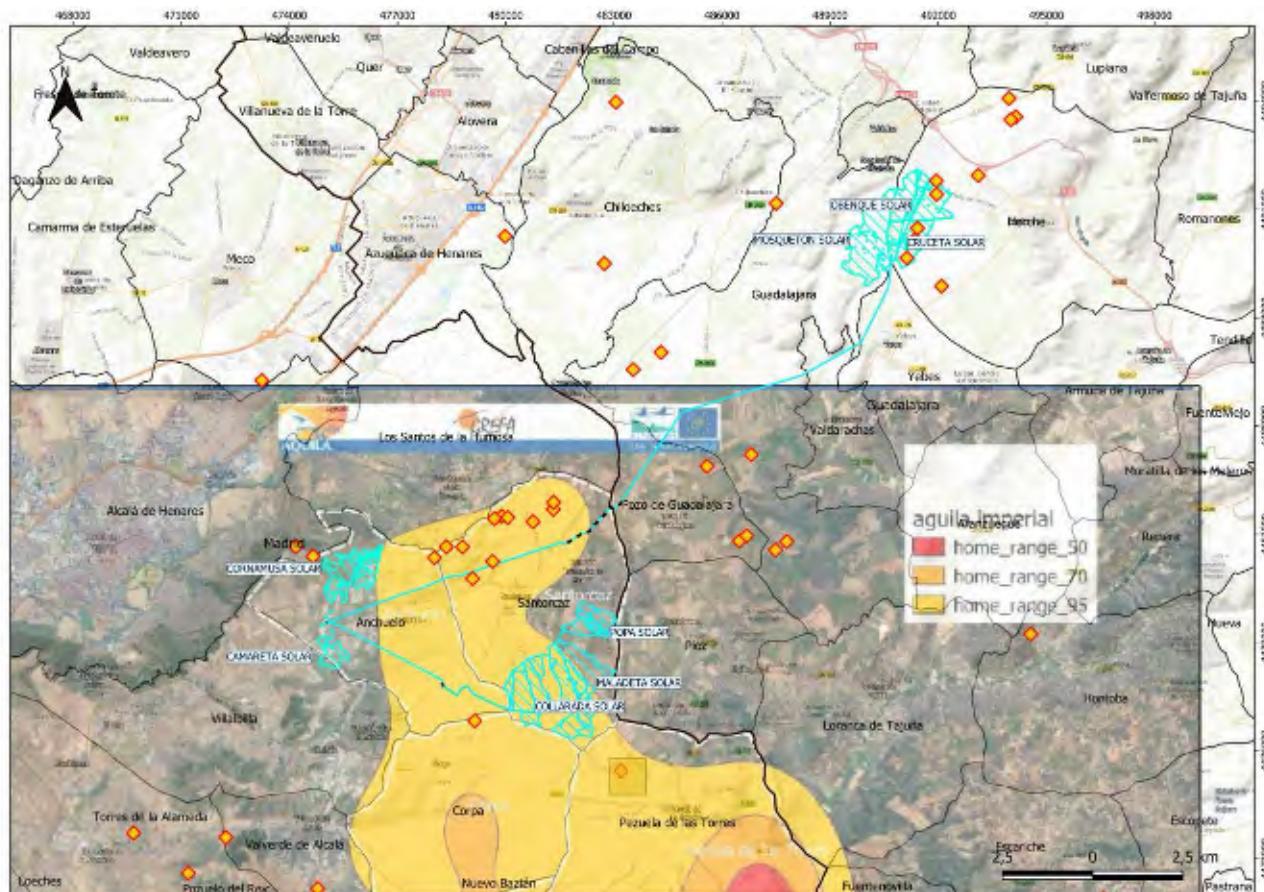


Figura 6. Observaciones acumuladas de águila imperial ibérica (rombos naranjas), procedentes de los trabajos de campo realizados por técnicos de Biodiversity Node y GREFA. Con cuadrícula de 1x1 km amarilla se marca territorio reproductor de águila imperial. Se representa el área de campeo de águila imperial ibérica en los municipios seleccionados dentro del informe “Alcarria-Alcalá” de GREFA (2021). En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

En la Comunidad de Madrid, se evidencia una clara tendencia positiva durante los últimos años. A partir de la información ofrecida por el Área de conservación de flora y fauna del Centro de Recuperación de Animales Silvestres (CRAS) de la Comunidad de Madrid, la población en el año 2019 estaba conformada por 73 parejas reproductoras (iniciando la cría el 85% del total) para el conjunto del territorio madrileño; esta cifra supone en torno al 18% de la población española, y refleja una clara tendencia al alza, a nivel regional, habiéndose duplicado la población reproductora durante la última década.

Si se evalúa, la situación de esta especie a nivel regional, en función de la última información disponible a través de la Dirección General de Medio Natural y Biodiversidad, de la Consejería de Desarrollo Sostenible

de Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, la situación y la tendencia siguen la misma línea. Así, a partir de la información detallada en el censo regional de la especie, en el año 2018, para el conjunto de Castilla-La Mancha se indicaba una cifra de 223 parejas.

4.1.5 Águila perdicera

El águila perdicera es otra de las especies de mayor interés detectadas en el ámbito de estudio, encontrándose catalogada como “Vulnerable” en el Catálogo Español de Especies Amenazadas (Real Decreto 139/2011), estando incluida a su vez en el Anexo I de la Directiva Aves, si bien se ha observado de forma puntual y localizada.

En el caso del águila perdicera, dada la presencia de la misma en el ámbito de estudio y su catalogación, se ha hecho un seguimiento más detallado de esta especie, y de sus posibles zonas de nidificación, contando con los datos aportados por la ONG GREFA a la que se solicitó colaboración con el fin de aportar información actualizada sobre las mismas en el ámbito del proyecto. Como se puede comprobar en la Figura 7, los registros de águila perdicera correspondientes a los trabajos de censo llevados a cabo en 2020 y 2021 en el área de interés corresponden a individuos en dispersión, no localizándose territorios reproductores de la especie en el mismo.

Por lo que respecta al reparto espacial de las observaciones, hay registros de ejemplares de águila perdicera durante el periodo invernal y reproductor 2020, y durante el periodo reproductor y posreproductor 2021, distribuidos sobre todo por el área central y noreste del área de interés. Hay observaciones de ejemplares al norte de Santorcaz, en Madrid, en el entorno de la LAAT, oeste del término municipal de Guadalajara, en el entorno de la LAAT y noroeste de Horche, en Guadalajara también, en el entorno de los proyectos del expediente PFot 183 AC (Figura 7).

No obstante, cabe señalar que se tiene constancia de la existencia de un territorio activo en años anteriores, entre el municipio de Pezuela de las Torres y el límite provincial con Guadalajara (en 2020 el nido se localiza en territorio castellano-manchego), fuera del ámbito de estudio definido, pero a una distancia relativamente próxima de las observaciones registradas (5,5 km), por lo que los individuos observados podrían pertenecer a este territorio conocido, al menos a una zona marginal del mismo. En cualquier caso, el ámbito de estudio queda fuera del área de nidificación de la especie.

También cabe la posibilidad de que alguna de las observaciones corresponda con ejemplares dispersantes o en paso por la zona, ajenos a esta pareja más cercana al ámbito de estudio. Cabe señalar que existen registros de aves marcadas con emisores GPS en el marco de proyectos de conservación como los proyecto LIFE Aquila a-Life o el precedente LIFE Bonelli, como se apuntó por parte de las consultas realizadas a los servicios de medio ambiente de la Comunidad de Madrid, si bien no se proporcionaron datos de detalle al respecto, aunque ahora se complementa con los datos aportados por GREFA y que se presentan en la Figura 7 junto con los obtenidos de los trabajos de campo realizados en 2020 y 2021 por Biodiversity Node.

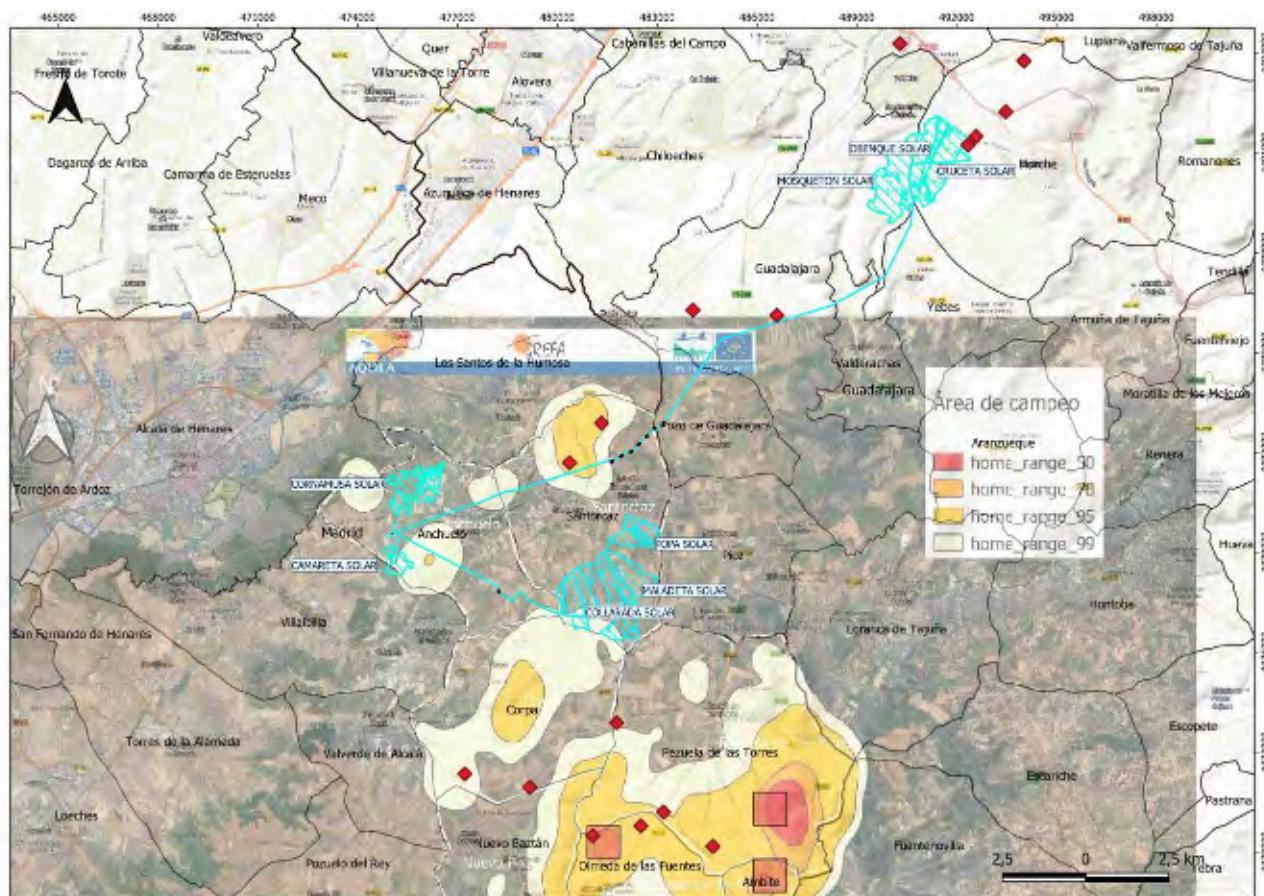


Figura 7. Observaciones acumuladas de águila perdicera (rombos rojos). Con cuadrículas de 1x1 km rojas se marcan territorios reproductores de águila perdicera activos durante los últimos años (en 2021, la pareja fue desplazada al a cuadrícula situada en Olmeda de las Fuentes por una pareja de águila real). Se representa el área de campeo de águila perdicera en los municipios seleccionados dentro del informe “Alcarria-Alcalá” de GREFA (2021). En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la *propuesta de soterramiento*.

Analizando, de manera concreta la situación de esta especie a nivel regional, en función de la última información disponible (Del Moral y Molina, 2018), la exigua población reproductora en el territorio madrileño se compone de 4 parejas reproductoras (3 seguras y 1 probable) para el conjunto de la Comunidad de Madrid, en el año 2018; esta cifra representaría un reducido porcentaje sobre la población del conjunto de España, que quedaría establecida entre 711 y 745 parejas. En concreto, para el conjunto de la región castellanomanchega se censaron 71 parejas seguras y 7 probables en la comunidad con una distribución generalmente asociada a los principales sistemas montañosos y cursos fluviales. Para la provincia de Guadalajara se contabilizaron 14 parejas. Para la Comunidad de Madrid, sin embargo, es más crítica con tan sólo son de 3 territorios seguros y uno probable, distribuyéndose tres parejas en el oeste de la región y una en el este, cuyo territorio se localiza en límite con la provincia de Guadalajara

4.1.6 Buitre negro

Por lo que respecta al buitre negro, se trata de una especie de que se encuentra catalogada como “Vulnerable” en el Catálogo Español de Especies Amenazadas y en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha, y “En Peligro de Extinción”, en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Comunidad de Madrid, estando incluida a su vez en el Anexo I de la Directiva Aves.

Por lo que respecta al reparto espacial de las observaciones de buitre negro en el área de ubicación de los proyectos, los contactos con la especie se reparten por toda el área de interés, siendo más frecuentes los registros en la franja norte del ámbito de estudio, en la zona de implantación de las placas solares fotovoltaicas del expediente PFot 183 AC, con mayores concentraciones de individuos en el noroeste del término municipal de Horche, Guadalajara y LAAT de evacuación, tal y como se representa en la Figura 8. Las observaciones corresponden tanto a individuos posados, como a individuos en vuelo. La elevada disponibilidad de conejo en la zona explicaría la presencia de buitre negro en el ámbito de actuación, al constituir las carroñas de conejo uno de sus principales alimentos a nivel regional.

Los datos aportados por GREFA (2021), relativos a ejemplares equipados con emisores GPS, corresponden en su mayor parte a aves procedentes de colonias muy alejadas del ámbito de estudio, con al menos un ejemplar procedente de Ávila (San Bartolomé de Pinares), 2 ejemplares procedentes de Lleida (Boumont) y 5 individuos procedentes de Burgos (Sierra de la Demanda).

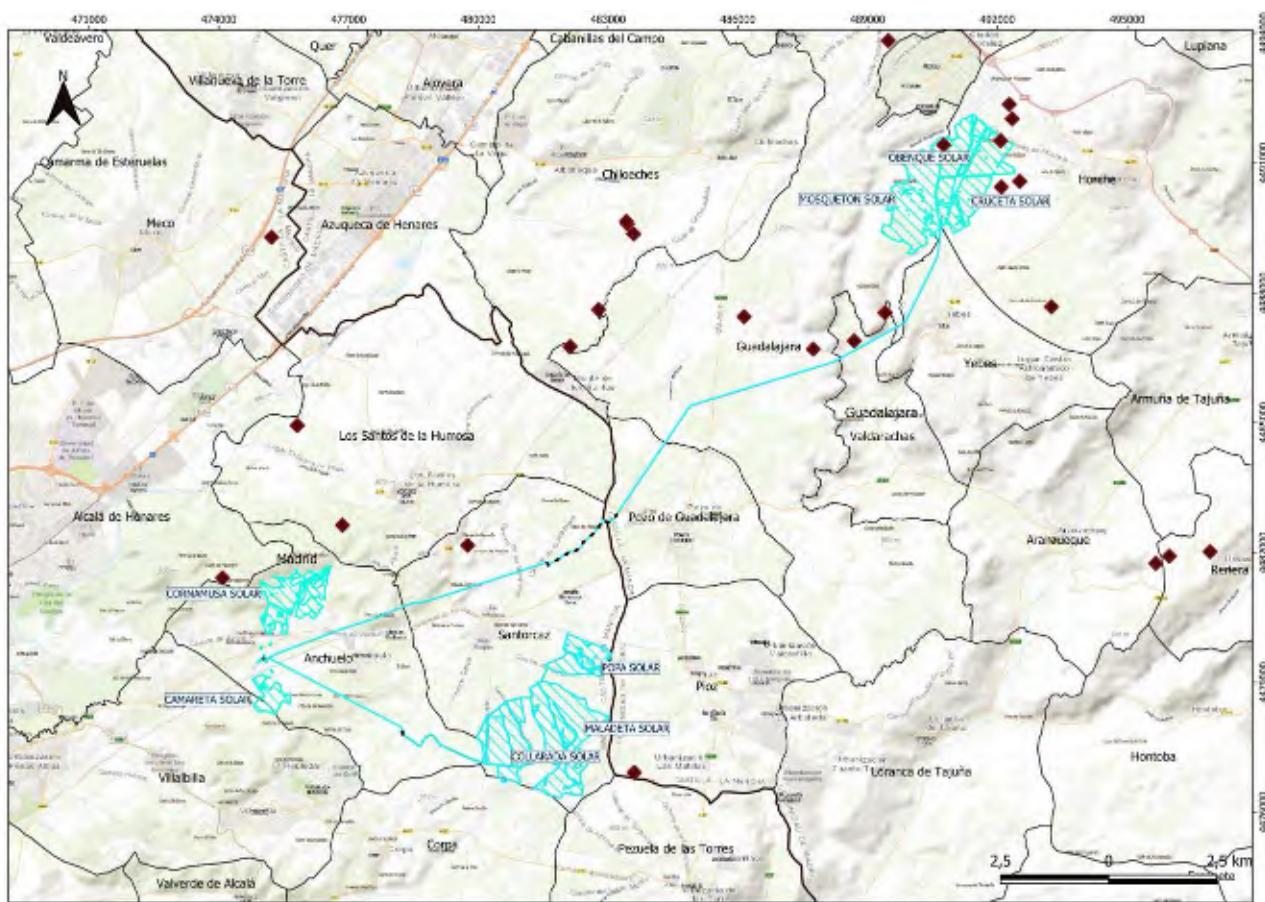


Figura 8. Observaciones acumuladas de buitre negro (rombos marrones). En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

Resulta de interés evaluar la situación y distribución de la especie a nivel regional y provincial. La población madrileña de buitre negro, en función de la última información disponible, rondaría las 180 parejas en el año 2020. Considerando los datos del censo nacional llevado a cabo en el año 2017 (Del Moral, 2017), se señalaba una cifra de 148 parejas reproductoras, concentrándose la mayoría de ellas en el Valle Alto del Lozoya (123 parejas, el 83% del total). No obstante, la especie ha continuado estos años con un ritmo creciente, y solo en la colonia del Alto Lozoya, en el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama, en el año 2019 se instalaron 153 parejas; sumando las parejas establecidas en otros núcleos, como la Cuenca Alta del río Manzanares, la zona de Valdemaqueda o la cuenca río Alberche, la población total estaría en torno a las 180 parejas reproductoras. Todas las áreas de cría de la Comunidad de Madrid se encuentran en la Sierra de Guadarrama, a decenas de kilómetros del ámbito de estudio, que sería utilizado puntualmente por la especie como área de alimentación o dispersión.

En el caso de Castilla-La Mancha, a partir de la información detallada en el censo nacional llevado a cabo en el año 2017 (Del Moral, 2017), para el conjunto de Castilla-La Mancha se indicaba una cifra de 508 parejas reproductoras, un número solo superado por el territorio extremeño. Sin embargo, en la provincia de Guadalajara no existe ninguna pareja reproductora de la especie, frente a las 495 parejas contabilizadas en Ciudad Real (y que suponen el 97,5% de la población regional).

4.1.7 Águila real

El águila real se encuentra catalogada como “Vulnerable” en Castilla-La Mancha y como “Sensible a la alteración de su hábitat” en la Comunidad de Madrid, estando incluida a su vez en el Anexo I de la Directiva Aves.

En el caso del águila real, dada la presencia en el ámbito de estudio y territorios reproductores de la misma, en concreto el ubicado en el Barranco del Lobo a 500 metros al norte de la PSFV Cornamusa Solar, del expediente PFot 180 AC, se ha hecho un seguimiento más detallado de esta especie, y de sus posibles zonas de nidificación.

Informes de la DG de Biodiversidad de la Comunidad de Madrid indican la presencia de una plataforma de nidificación de águila real en el Barranco del Lobo, inicialmente a escasos metros del proyecto “Cornamusa Solar”, a raíz de la cual se modificó la planta ubicándola a 500 metros de la misma. Esta plataforma lleva desocupada desde al menos 2017, y existe un registro durante los censos llevados a cabo durante el periodo reproductor del presente año (2021) donde se vio a la pareja en sus proximidades localizando un posible nido antiguo de águila real, pero no activo.

Esta pertenece a la misma pareja del nido que se ha localizado durante los trabajos de campo llevados a cabo por técnicos de Biodiversity Node durante 2020 y 2021, confirmándose la reproducción de la pareja en ambos años consecutivos.

Pero, además, en este caso se dispone de información adicional, contando con los datos aportados por la asociación Grupo Tagonius, dentro del proyecto Aequilibrium+, en el entorno de los complejos fotovoltaicos del nudo “San Fernando-Loeches-Anchuelo-Ardoz (IGNIS)”, localizados en la Alcarria madrileña, en el sureste de la Comunidad de Madrid. Como se puede observar en las Figura 9 y Figura 10 , este territorio lo tienen identificado como TAQUCRY.019 “Cornisa del Henares-I” y se señalan las 2 zonas de nidificación de esta pareja: “Barranco del Lobo”, donde crio en 2018 y 2020 (confirmado por Biodiversity Node en 2020 y 2021) y los “Paredones de la Custodia”, donde según este informe, nidificó en 2015 y 2017 y TAQUCRY.020 “Pajueño-Tajuña”, con 1 único nido activo, 20-C, localizado en Nuevo Baztán (última nidada en 2020). En las figuras x se puede observar los registros de plataformas localizadas por Grupo Tagonius, de las cuales la 19 A-C es a la que más afección podría ocasionar en concreto la PSFV “Cornamusa Solar”.



Figura 9. Territorio TAQUCRY.019 “Cornisa del Henares-I” con las 2 zonas de nidificación de águila real: “Barranco del Lobo” (Datos Grupo Tagonius).



Figura 10. Territorio TAQUCRY.020 “Pajueño-Tajuña”, con 1 zona de nidificación de águila real (Datos Grupo Tagonius).

Por lo que respecta al reparto espacial de las observaciones basándonos en los datos de campo de Biodiversity Node e Indyca, hay registros de ejemplares de águila real durante el periodo invernal, reproductor y posreproductor 2020-2021, distribuidos sobre todo por el área central-oeste y suroeste del área de estudio. Estas observaciones de individuos se concentran sobre todo al suroeste del término municipal de Chiloeches, Guadalajara; suroeste de Santorcaz, Madrid, en el entorno de los proyectos del expediente PFot 180 AC y franja sureste de Alcalá de Henares, Madrid, en el entorno de los proyectos del expediente PFot 201 AC (Figura 11). No hay registros de presencia de territorios reproductores de la especie en el ámbito de interés.

Los últimos datos disponible a gran escala para la especie corresponde al censo de la población reproductora que se realizado en el año 2008 (Del Moral, 2009). A escala nacional, se estimó una población de 1.553-1.769 parejas, presentando una evolución claramente positiva. Respecto a la situación de la especie a nivel regional, en la Comunidad de Madrid se estimó una población de águila real de 17 parejas, aunque solamente 10 de ellas fueron reproductoras. Su evolución en 2008 aunque fue estable en el número de parejas, su productividad fue muy baja (Del Moral, 2009).

Los datos publicados para este censo determinan para la Castilla-La Mancha una población de 240 territorios seguros y 14 probables. Para la provincia de Guadalajara, concretamente, se estima una población reproductora de 70 parejas seguras y 10 probables como mínimo, que representaría el 29,2% de la población de Castilla-La Mancha. La mayor parte de la población, alrededor del 50%, ocupa barrancos y cañones fluviales del Sistema Ibérico; un 40% aproximadamente nidifica en el cuadrante noroccidental de la provincia, asociado a los relieves del Sistema Central y el resto se distribuye por las comarcas de la Alcarria y la Campiña. En 2008, se concluyó que la evolución de la población de Guadalajara, así como la del resto de Castilla-La Mancha, era claramente positiva (Del Moral, 2009).

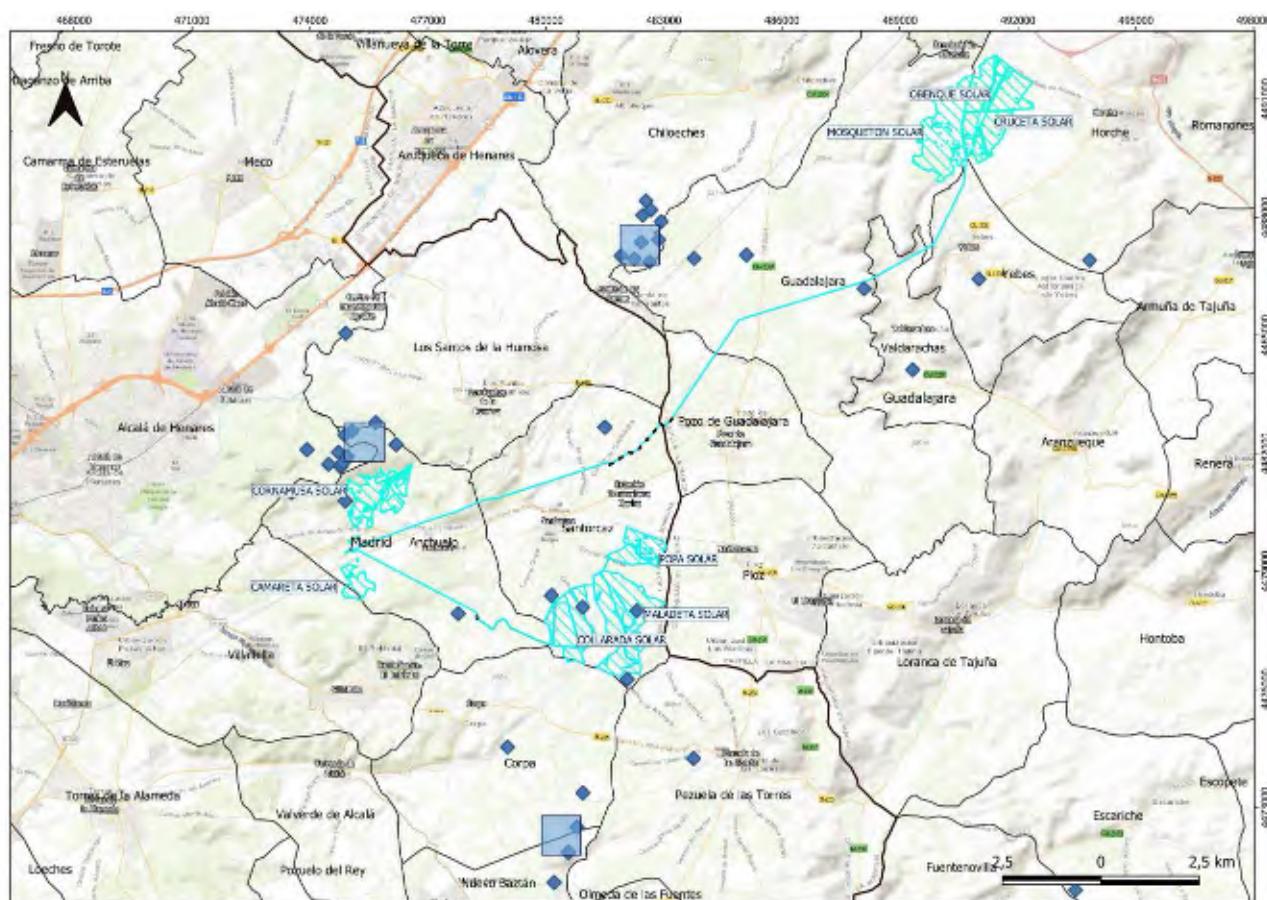


Figura 11. Observaciones acumuladas de águila real (rombos azules). Con cuadriculas de 1x1 km azules se marcan territorios reproductores de la especie. En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

4.1.8 Alimoche común

El alimoche común es una rapaz carroñera catalogada como “Vulnerable” en el Catálogo Español de Especies Amenazadas y en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla la Mancha y “En Peligro de Extinción” en el Catálogo de la Comunidad de Madrid, estando incluida a su vez en el LERSPE y en el Anexo I de la Directiva Aves.

En el ámbito de estudio únicamente se ha contactado con dos individuos, tratándose de un ejemplar juvenil y un adulto en el entorno de “Collarada Solar” y oeste de la LAAT (Figura 12). Estos datos, y la ausencia de puntos de cría en la Comunidad de Madrid, permiten sospechar que se trata de individuos en dispersión y en migración, respectivamente. La ubicación de las observaciones de esta especie se refleja en la Figura 12.

A nivel nacional, la tendencia general obtenida es ligeramente positiva (del Moral, 2018c) entre 2008 y 2018. En la Comunidad de Madrid, no cría desde finales de la década de los 80, habiéndose constatado intentos de cría posteriores sin éxito, siendo el último en 2014.

La población de alimoche en Castilla-La Mancha en 2018 está situada en 205-213 parejas. El grueso de la población se encuentra en las provincias de Guadalajara y Cuenca, pues entre ambas acumulan el 90% de los territorios conocidos actualmente en Castilla-La Mancha. Concretamente, en la provincia de Guadalajara se encuentra la mayor población de alimoche de Castilla-La Mancha, en la cual se han detectado 126-129 territorios ocupados, que suponen el 65,78% de la población autonómica.

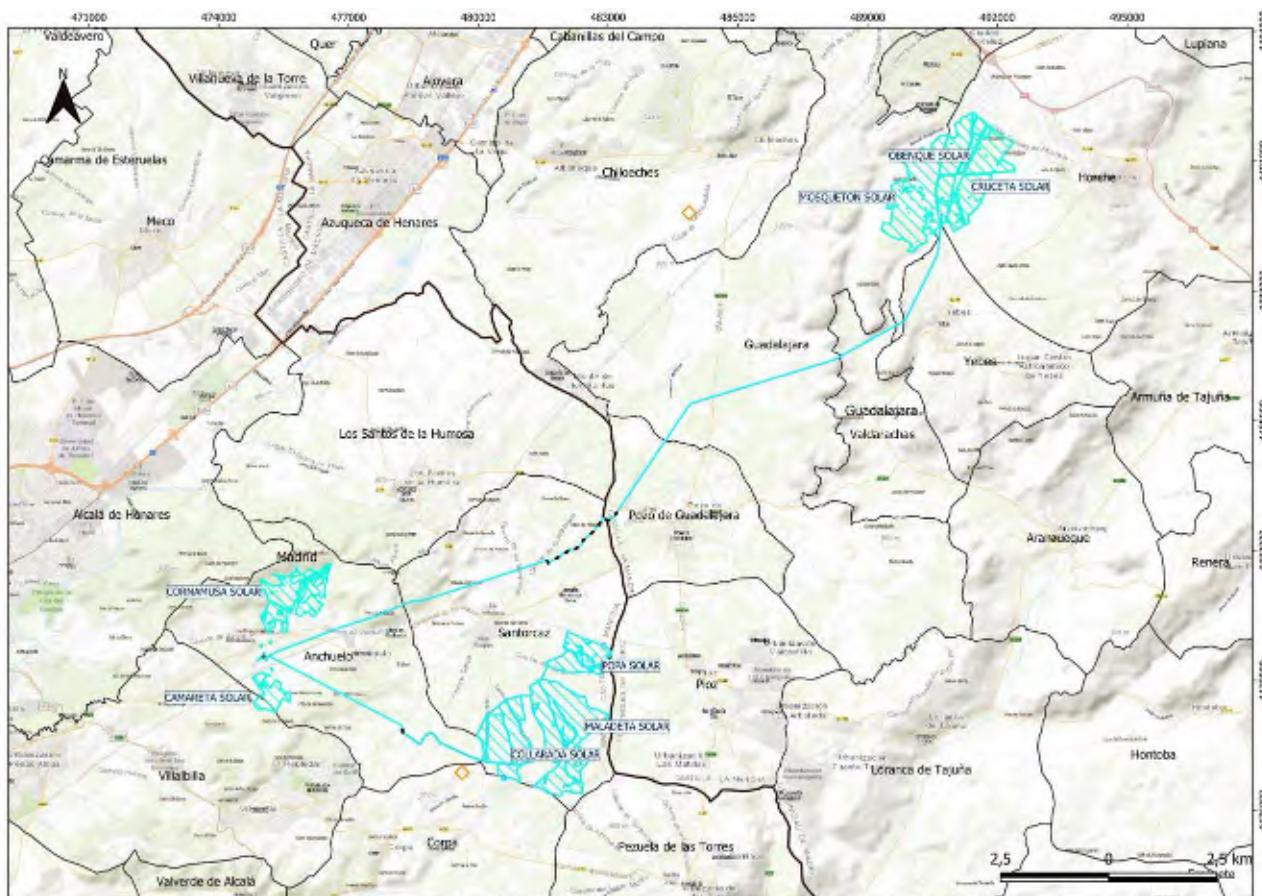


Figura 12. Observaciones acumuladas de alimoche común (rombos blancos con bordes naranjas). En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca propuesta de soterramiento.

4.1.9 Buitre leonado

El buitre leonado, por su parte, se encuentra catalogado como “De Interés Especial” en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Comunidad de Madrid y de Castilla-La Mancha, y está incluido en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (LESRPE) y en el Anexo I de la Directiva Aves.

Al igual que se indicaba para el buitre negro, el ámbito de estudio no es zona de nidificación de la especie, habiéndose detectado por toda el área de interés. Tal y como se muestra en la Figura 13, las observaciones y contactos con esta especie, dentro del ámbito de estudio, se concentran sobre todo en el centro-oeste y norte del área de interés, en el entorno de la LAAT y PFV “Cruceta Solar” del expediente PFot 183 AC, en el extremo occidental de Horche y término municipal de Guadalajara.

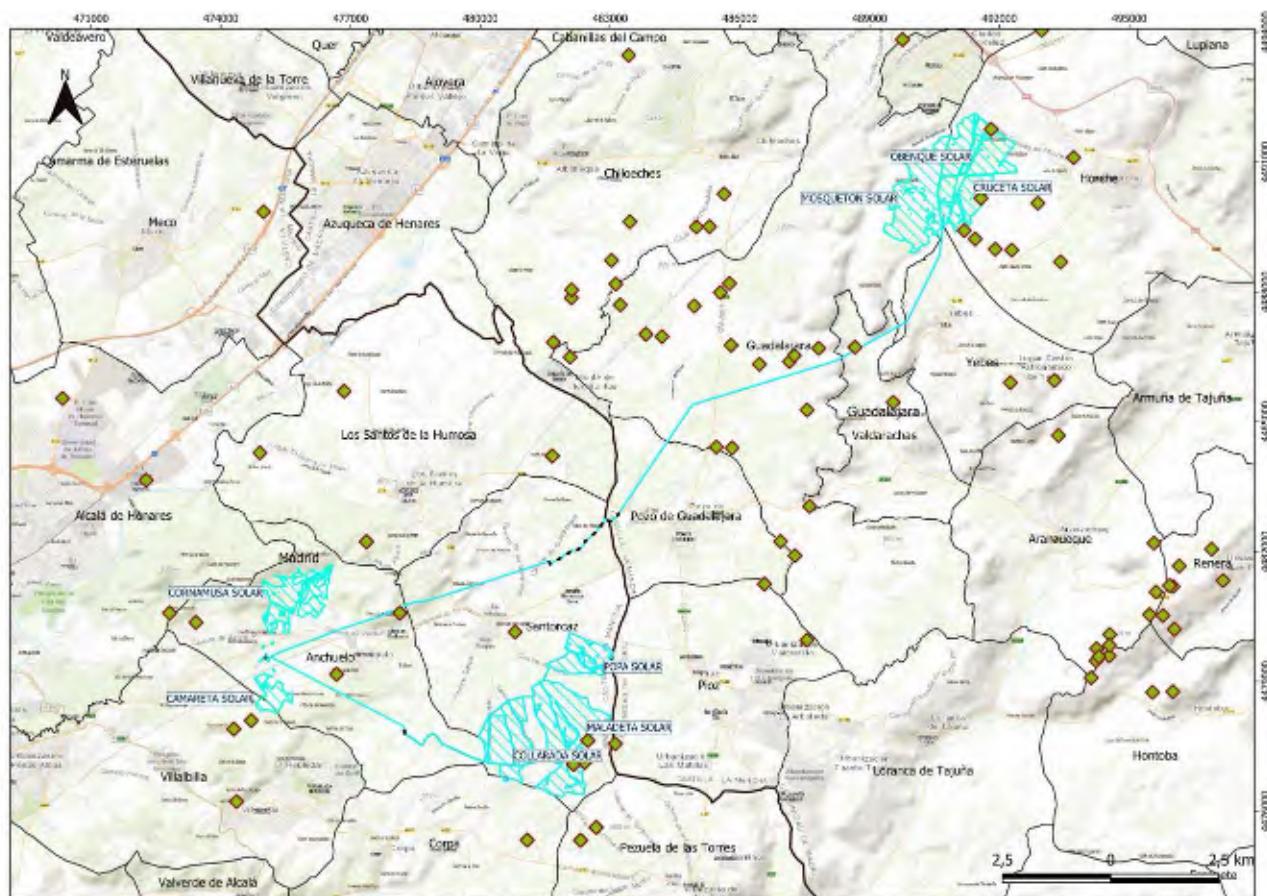


Figura 13. Observaciones acumuladas de buitre leonado (rombos verdes). En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento .

Se analiza a continuación su situación a nivel regional y provincial. Atendiendo a su estatus y su situación en la Comunidad de Madrid, cabe destacar que la población reproductora de buitre leonado en el conjunto regional se compone de 557 parejas (Del Moral y Molina, 2018). En función de los datos del censo nacional

de 2018, la población nidificante de buitre leonado en el territorio madrileño se reparte en un total de 41 colonias y 3 parejas aisladas, todas ellas, distribuidas a lo largo de la Sierra de Guadarrama, ocupando una larga banda que abarca desde el límite suroeste de la autonomía hasta el límite norte de la misma.

En el caso de Castilla-La Mancha, teniendo en consideración los resultados del censo nacional de 2018 (Del Moral y Molina, 2018b), la población del territorio castellanomanchego estaría conformada por un total de 3.680 parejas reproductoras, repartidas en 281 colonias, más 34 parejas aisladas. De las cinco provincias de la región, Guadalajara destaca por presentar el 60% de población de la comunidad autónoma, con 167 colonias y 19 parejas aisladas, que conforman un total de 2.202 parejas reproductoras, repartidas en 6 colonias, situadas cerca del extremo suroriental de la provincia, y alejadas por tanto del ámbito de censo. La población se concentra especialmente tres núcleos destacados que se exponen a continuación en orden decreciente de nº de parejas reproductoras: el alto Tajo y sus ríos tributarios; los cañones fluviales de la sierra de Ayllón al noroeste de la provincia; y a lo largo del río Mesa, al noreste de la provincia. En el centro de la provincia aparecen colonias menos importantes asociadas a los ríos Salado, Dulce, Henares y Tajuña.

Sus poblaciones están experimentando una evolución positiva tanto a nivel nacional como de Castilla-La Mancha y la Comunidad de Madrid.

4.1.10 Cernícalo primilla

El cernícalo primilla se encuentra incluido en la categoría de “En Peligro de Extinción” en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Comunidad de Madrid, y está catalogado como “Vulnerable”, en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha. Está incluido, además, dentro del LERPE y del Anexo I de la Directiva Aves.

Por lo que respecta al reparto espacial de las observaciones de cernícalo primilla en el área de ubicación de los proyectos, los contactos con la especie se reparten por toda el área de interés, siendo más frecuentes los registros en la franja oeste y sur del ámbito de estudio, en la zona de implantación de las placas solares fotovoltaicas del expediente PFot 201 AC y PFot 180 AC, con mayores concentraciones de individuos en el noroeste del término municipal de Anchuelo, franja sur de Santorcaz, y al oeste de la LAAT de evacuación, en el noroeste del término municipal de Guadalajara, tal y como se representa en la Figura 14. Las observaciones corresponden tanto a individuos posados, como a individuos en vuelo. Durante el periodo reproductor, y a lo largo del periodo estival, no se han localizado nidos ni ejemplares con indicios de comportamiento reproductor, por lo que cabe señalar que las aves presentes durante la época de cría corresponderían probablemente a ejemplares no reproductores, juveniles o adultos que, tras fracasar en la cría, se habrían desplazado a estas áreas posreproductoras.

Se evalúa, asimismo, su situación y distribución a nivel regional y provincial. La población de cernícalo primilla en la Comunidad de Madrid, a partir de los datos del mencionado censo a nivel nacional, se situaría en 228 parejas (Bustamante *et al.*, 2020). Una población relativamente pequeña respecto al total nacional (2,4%) pero importante porque forma parte del límite norte de la población del sur y centro peninsular. En cuanto a la evolución de la población, entre 2010 y 2016 se estima un declive cercano al 30% de la población

madrileña. Se distribuye por el este y sur de la región, el núcleo más próximo al ámbito de estudios se localiza en Alcalá de Henares, localizado al oeste y que queda fuera del ámbito delimitado, como se ve en la Figura 14.

Para Castilla-La Mancha, en función de la información recogida en el último censo nacional (Bustamante *et al.*, 2020), para el año 2016 se estimaba una población de 2.870 parejas reproductoras (con un mínimo de 2.482 parejas y un máximo de 3.378 parejas). En la provincia de Guadalajara se estima, concretamente, una población de 53 parejas reproductoras (entre 33 parejas, de mínimo, y 58 parejas, de máximo), a partir de la información llevada a cabo en el censo nacional a lo largo del periodo 2016-2018. En este trabajo sólo se localizaron 15 colonias activas en la provincia de Guadalajara. En general estos núcleos son muy pequeños, sólo las colonias de Casas de Uceda y Cubillo de Uceda sobrepasan las 25 parejas reproductoras.

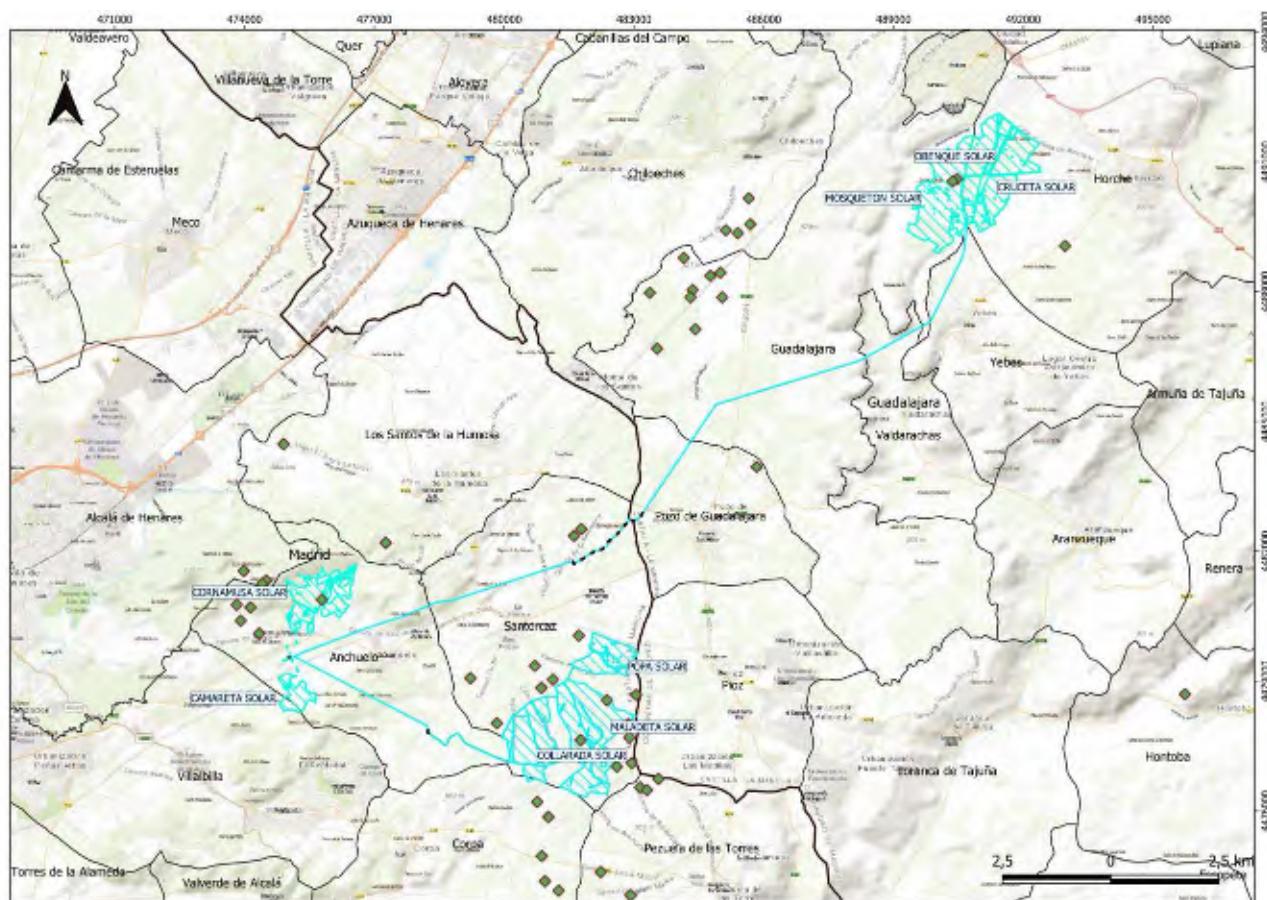


Figura 14. Observaciones acumuladas de cernícalo primilla (rombos verdes). En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

4.1.11 Aguilucho cenizo

El aguilucho cenizo es otra de las especies de interés detectadas en el ámbito de estudio, encontrándose catalogada como “Vulnerable” tanto en el Catálogo Español de Especies Amenazadas, establecido a nivel

nacional, como en Catálogo Regional de la Comunidad de Madrid y de Castilla-La Mancha. Está incluido, a su vez, en el Anexo I de la Directiva Aves.

En el caso del aguilucho cenizo, dada la presencia de la misma en el ámbito de estudio y su catalogación, se ha hecho un seguimiento más detallado de esta especie, y de sus posibles zonas de nidificación, contando con los datos aportados por la ONG GREFA en sus alegaciones (GREFA, 2021). Como se puede comprobar en la Figura 15, los registros de aguilucho cenizo correspondientes a los trabajos de censo llevados a cabo en 2020 y 2021 en el área de interés se ubican en zona núcleo de territorios reproductores (área kernel 50% o home_range 50) en el área de implantación y entorno inmediato de la PSFV “Cornamus Solar”, del expediente PFot 180 AC, no confirmándose, sin embargo, áreas de nidificación de la especie en el mismo durante los censos llevados a cabo en 2020-2021.

En función de la fenología de esta especie, durante los censos realizados únicamente se ha observado a lo largo de las jornadas primaverales, entre los meses de abril y junio, y durante los censos realizados en el periodo posreproductor, entre julio y agosto.

Las observaciones y contactos con esta especie, dentro del ámbito de estudio, se reparten de manera bastante homogénea, si bien se constata una mayor frecuencia en la zona al sureste del ámbito de proyecto, en la franja sur de Santorcaz, noreste de Corpa y noroeste de Pezuela de las Torres (Figura 15).

Por lo que respecta, analizando su situación en la Comunidad de Madrid, al igual que en el conjunto peninsular, se constata un claro y llamativo declive en función de los últimos datos y a partir de la información reflejada en la monografía publicada en el año 2019 (Arroyo *et al.*, 2019). Así, para el ámbito regional se estima una población reproductora de aguiluchos cenizos de 52-68 parejas (IC 39-89), apenas un 1,2% de la población en España. Estos datos arrojan un declive de las poblaciones de esta especie desde el anterior censo nacional del año 2006, cifrado entre el 33 y el 48% de las parejas reproductoras a escala autonómica.

Por el contrario, su situación en el conjunto de Castilla-La Mancha y, más concretamente, en la provincia de Guadalajara, a partir de la información reflejada en la monografía publicada en el año 2019 por SEO/BirdLife (Arroyo *et al.*, 2019), la población castellanomanchega oscilaría entre 393 y 595 parejas reproductoras, constatándose una cierta estabilidad durante la última década. En la provincia de Guadalajara, los valores oscilarían entre 35 y 67 parejas reproductoras, con un importante descenso poblacional entre el 21-61% durante la última década.

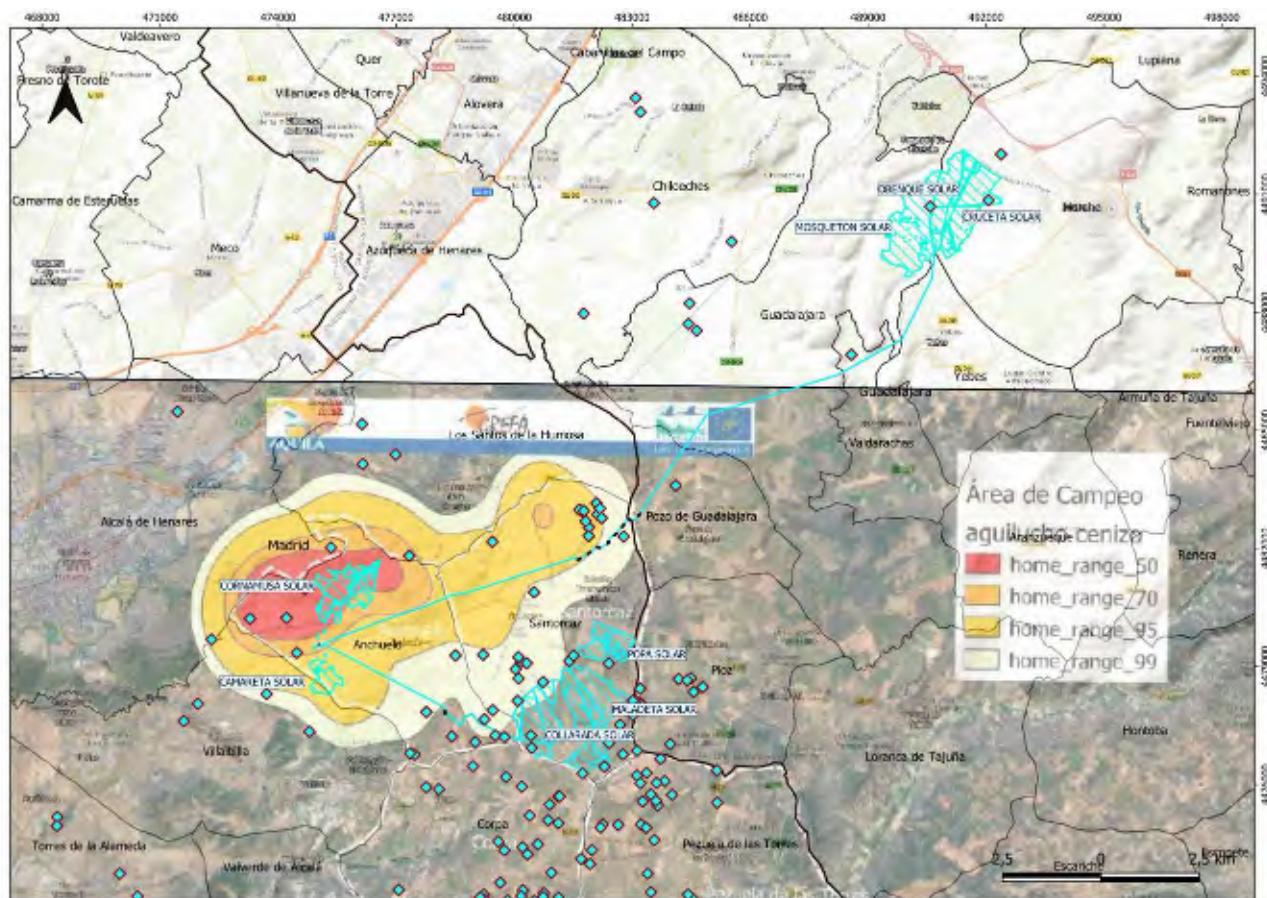


Figura 15. Observaciones acumuladas de aguilucho cenizo (rombos azules). Se representa el área de campeo de aguilucho cenizo en los municipios seleccionados dentro del informe “Alcarria-Alcalá” de GREFA. En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

4.1.12 Aguilucho pálido

El aguilucho pálido es otra de las especies de interés detectadas en el ámbito de estudio, estando incluida en el LERSPE y en el Anexo I de la Directiva Aves. Se encuentra catalogada como “Vulnerable” en el Catálogo Regional de Castilla-La Mancha, y como “De Interés Especial” en Catálogo Regional de la Comunidad de Madrid.

Esta especie se ha observado a lo largo de todo el ciclo anual. Respecto a la distribución espacial de los ejemplares registrados, se ha constatado una mayor frecuencia en el sureste del ámbito de interés (Figura 16). No se ha confirmado ningún nido de la especie en la zona de ubicación de los proyectos evaluados.

Estos resultados difieren de lo observado en otros ámbitos del territorio peninsular, donde por norma es una especie mucho más frecuente durante los meses de invierno, al recalar en el territorio ibérico durante los meses más fríos buena parte de la población europea, estando las observaciones registradas en consonancia con la fenología de la especie en el territorio ibérico.

Por lo que respecta a la población reproductora en la Comunidad de Madrid, en función de la última información disponible (la monografía publicada en el año 2019 por SEO/BirdLife; Arroyo *et al.*, 2019), se estima una cifra de únicamente 6 parejas (Intervalo de confianza = 6-11). Al comparar estos resultados con los datos del censo del 2006, se evidencia de nuevo un acusado declive de parejas reproductoras en la comunidad, del 52-74%. Ambos datos indican una posible extinción en el futuro próximo en esta comunidad autónoma.

En el conjunto de Castilla-La Mancha, analizando los resultados del último censo llevado a cabo a nivel nacional, y publicado en el año 2019 (Arroyo *et al.*, 2019), se estima una población de entre 33 y 100 parejas reproductoras, sólo 11-56 parejas estimadas para la provincia de Guadalajara. La comparación con datos del censo del 2006 (Arroyo y García, 2007) refleja un declive del 18-50% de las parejas reproductoras a escala autonómica.

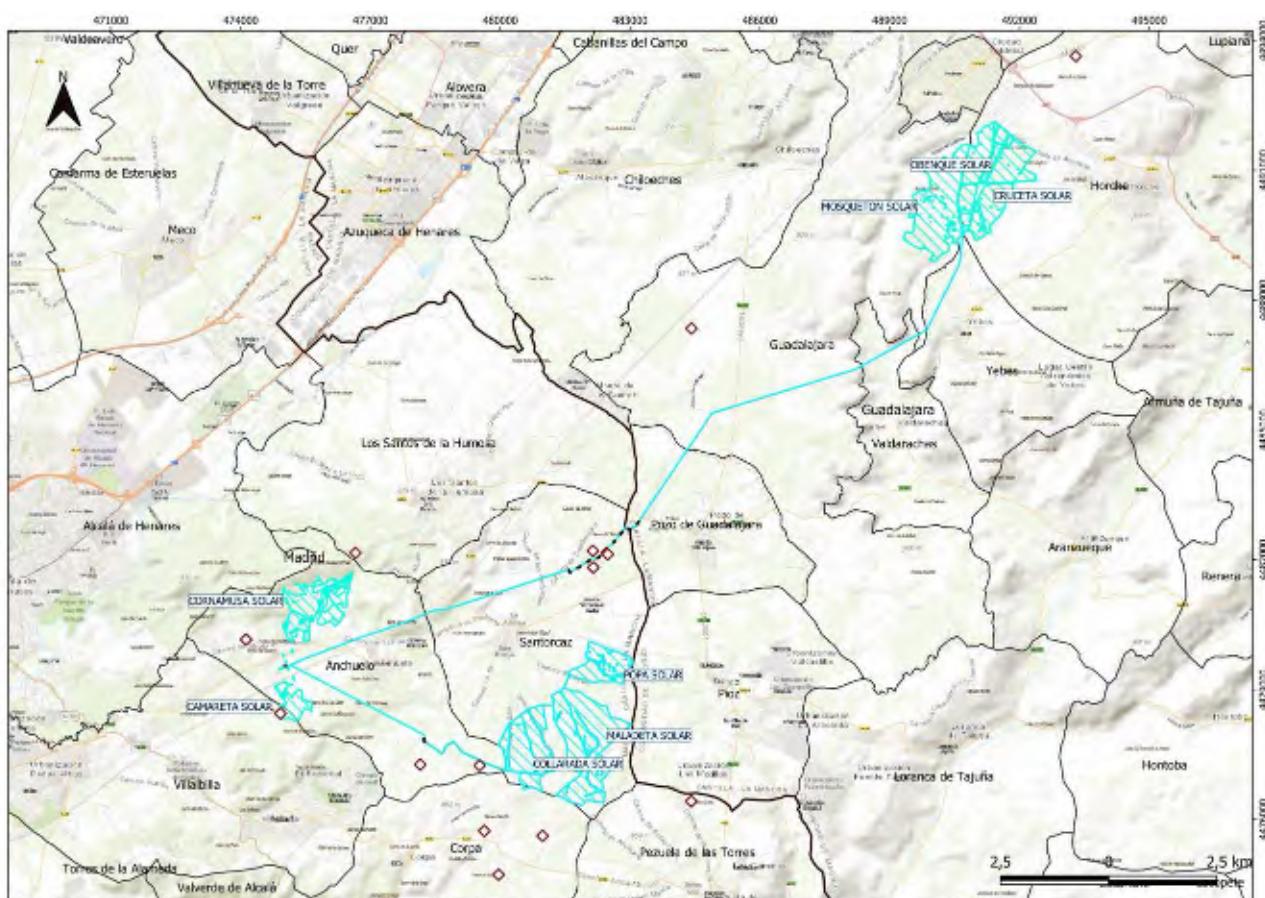


Figura 16. Observaciones acumuladas de aguilucho pálido (rombos blancos). En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

4.1.13 Aguilucho lagunero occidental

El aguilucho lagunero occidental se halla incluido en el LERSPE, así como en el Anexo I de la Directiva Aves. En el Catálogo Regional de Castilla-La Mancha está declarado como “Vulnerable”, y en el Catálogo Regional de la Comunidad de Madrid se encuentra en la categoría “Sensible a la Alteración de su Hábitat”.

Durante los censos realizados en el ámbito de estudio se ha detectado esta especie tanto a lo largo de todo el ciclo anual, tratándose de una de las especies de interés más abundantes en el ámbito de censo. Es una especie que cría en el suelo, fundamentalmente vegetación palustre (humedales, ríos y arroyos) pero también, en menor medida, en zonas de matorral zarzales y otra vegetación herbácea -incluyendo cultivos cerealistas, como sus congéneres-, por lo que la detección de los lugares de nidificación es difícil.

Por lo que respecta al reparto espacial de las observaciones, la distribución es bastante homogénea y extendida, si bien se constata también una mayor frecuencia en el área central y sureste del ámbito de estudio, en el entorno del tramo de la línea de evacuación que se propone soterrar y la superficie de ubicación de las PSFV del expediente PFot 201 AC (Figura 17).

A nivel regional, por lo que respecta a la población reproductora en la Comunidad de Madrid, en función de la última información disponible (monografía publicada en el año 2008 por SEO/BirdLife; Molina y Martínez, 2008), se estima una cifra de 61-69 parejas. Su distribución se centra en los valles de los ríos Henares, Jarama, Tajo, Tajuña y Guadarrama, por orden de importancia. Hasta el 2008, la población se encontraba en crecimiento en la provincia.

Para el conjunto de Castilla-La Mancha, considerando la última información disponible (algo desactualizada hoy en día: la monografía publicada en el año 2008 por SEO/BirdLife; Molina y Martínez, 2008), se estimó una población reproductora de entre 237-309 parejas. Para el caso concreto de Guadalajara, el tamaño de la población en función del último censo se situaría entre 20-31 parejas. Donde ocupan áreas de vegetación palustre destacando el tramo del río Tajo entre la central de Zorita y el embalse de Almoguera donde se contabilizaron 9 parejas. Éste es el principal núcleo reproductor de la provincia. Otros humedales con poblaciones de interés fueron los carrizales del río Badiel y Valdeiregua con 3-6 parejas y el embalse de Estremera (3-6 parejas).

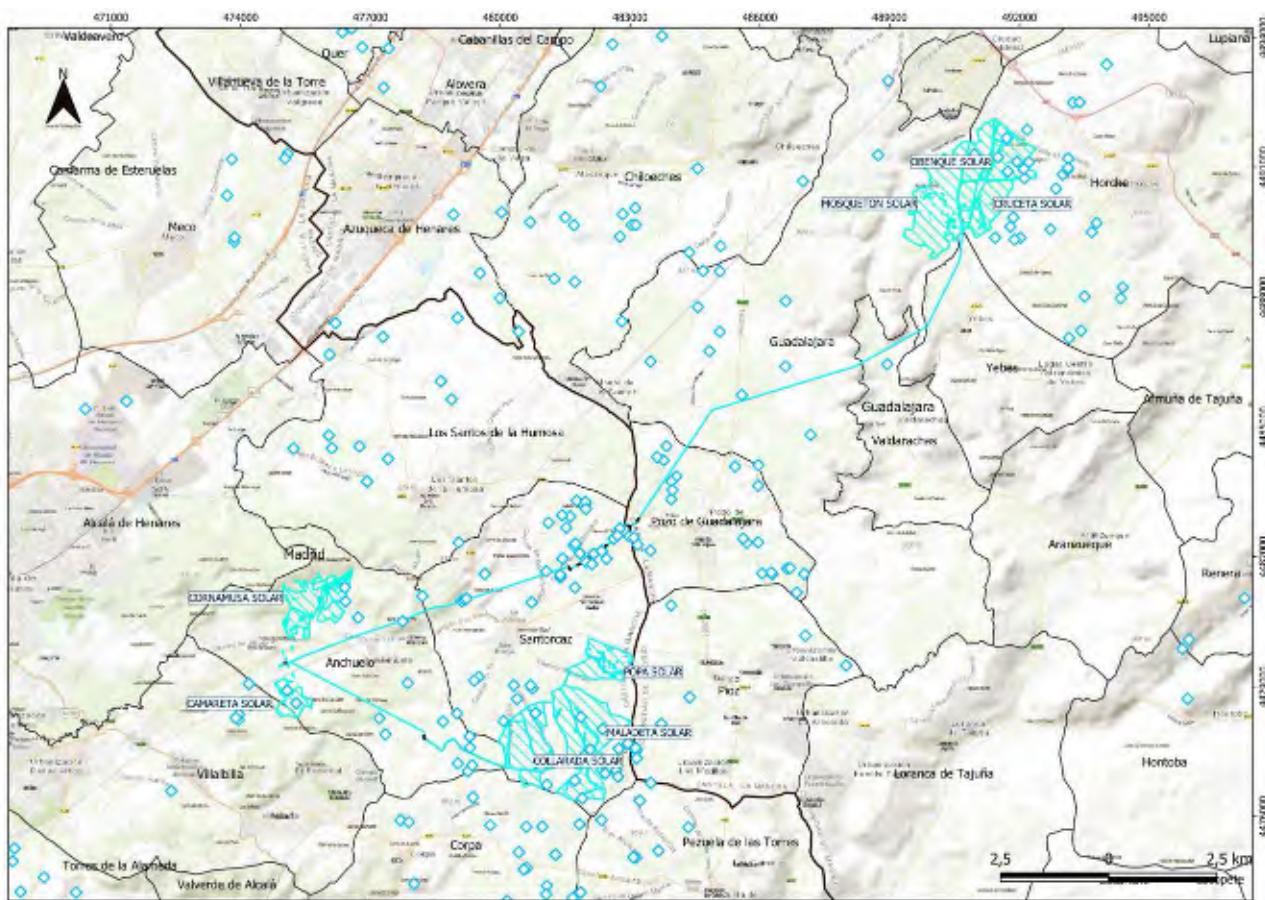


Figura 17. Observaciones acumuladas de aguilucho lagunero occidental (rombos blancos con borde azul). En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

4.1.14 Carraca europea

La carraca europea está incluida en el LESRPE, y se encuentra catalogada, igualmente, como “Vulnerable” tanto en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha con en el de la Comunidad de Madrid. Figura, a su vez, en el Anexo I de la Directiva Aves.

Esta especie se ha observado en un par de ocasiones en la franja norte del ámbito de estudio, al sureste de la PSFV “Cruceta Solar”, del expediente PFot 183 AC, y oeste de la LAAT (Figura 18).

No existe información poblacional detallada para la carraca a nivel nacional, en el “Atlas de las Aves Reproductoras de España” (Martí y del Moral, 2003), se estimó una población mínima de 2.039 parejas. No obstante, esta cifra habría que utilizarla con cautela puesto que no existe información detallada sobre tamaños poblacionales para la mayoría de las regiones donde la especie se reproduce (Avilés, 2010). En cualquier caso, son datos son antiguos y la situación actual de la especie probablemente sea muy distinta en la actualidad debido a un proceso de fragmentación en curso de las poblaciones españolas (Avilés, 2010).

Es una especie en preocupante declive poblacional en el centro peninsular. No existen datos fenológicos publicados sobre su distribución en Castilla-La Mancha y tampoco para la provincia de Guadalajara, salvo

los referidos en el “Atlas de las Aves Reproductoras de España” (Martí y del Moral, 2003). Respecto a su situación en el territorio madrileño, hay que indicar que a priori estaría prácticamente recluida en la localidad de Villamanta. Se hizo una revisión de la situación de esta especie en 2016 (Salgado, 2018) que concluyó con la presencia como especie reproductora se reducía en una única localidad, Villamanta, en el extremo occidental de la región fuera del ámbito de estudio. En esta revisión se pone de manifiesto la práctica extinción en la región, pasando de estar citada en 26 cuadrículas UTM 10x10 a sólo 1 (Salgado, 2018).

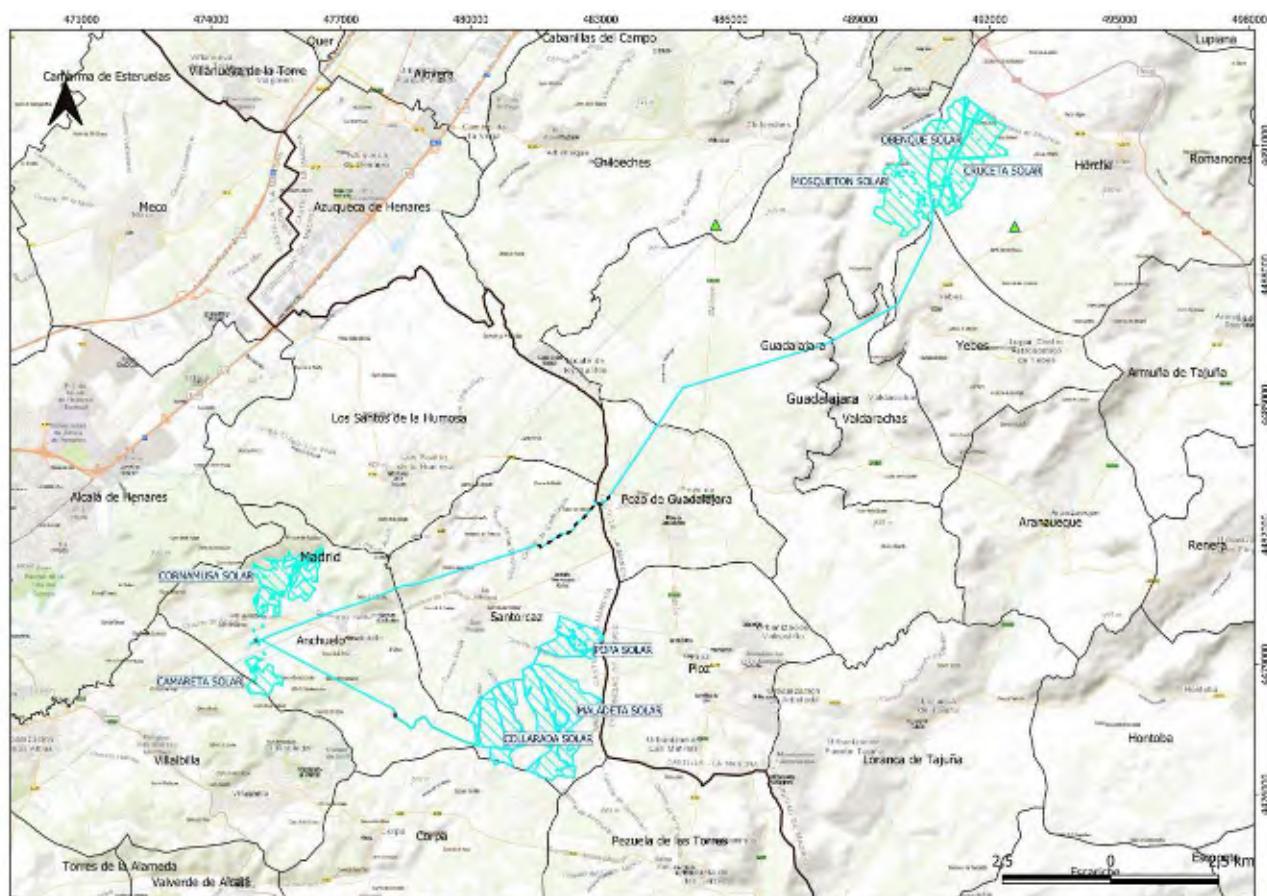


Figura 18. Observaciones acumuladas de carraca europea (triángulos verdes). En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

4.1.15 Elanio común

El elanio común (*Elanus caeruleus*) es una pequeña rapaz incluida en el LERPE, en el Catálogo madrileño como “De interés especial” y como “Vulnerable” en el castellanomanchego y en el Anexo I de la Directiva Aves.

Por lo que respecta al reparto espacial de las observaciones, la distribución se limita a la franja sureste del ámbito de estudio, con un registro en área de ubicación de los proyectos del expediente PFot 180 AC (Figura 19).

En la Comunidad de Madrid es un reproductor escaso, de distribución irregular posiblemente ligada a la disponibilidad de presas. En 2006 se localizaron 9 individuos (3 parejas y 3 individuos aislados) que pueden

corresponder a 6 territorios todos situados en el centro-oeste de la provincia: Boadilla del Monte, Villaviciosa de Odón, Brunete, Quijorna y Villanueva de la Cañada (Pastor *et al.*, 2006).

En Castilla-La Mancha, según los datos de los formularios oficiales de los espacios pertenecientes a la Red Natura 2000 de 2017, se estima una población de 58 individuos en los espacios de las provincias de Toledo y Ciudad Real.

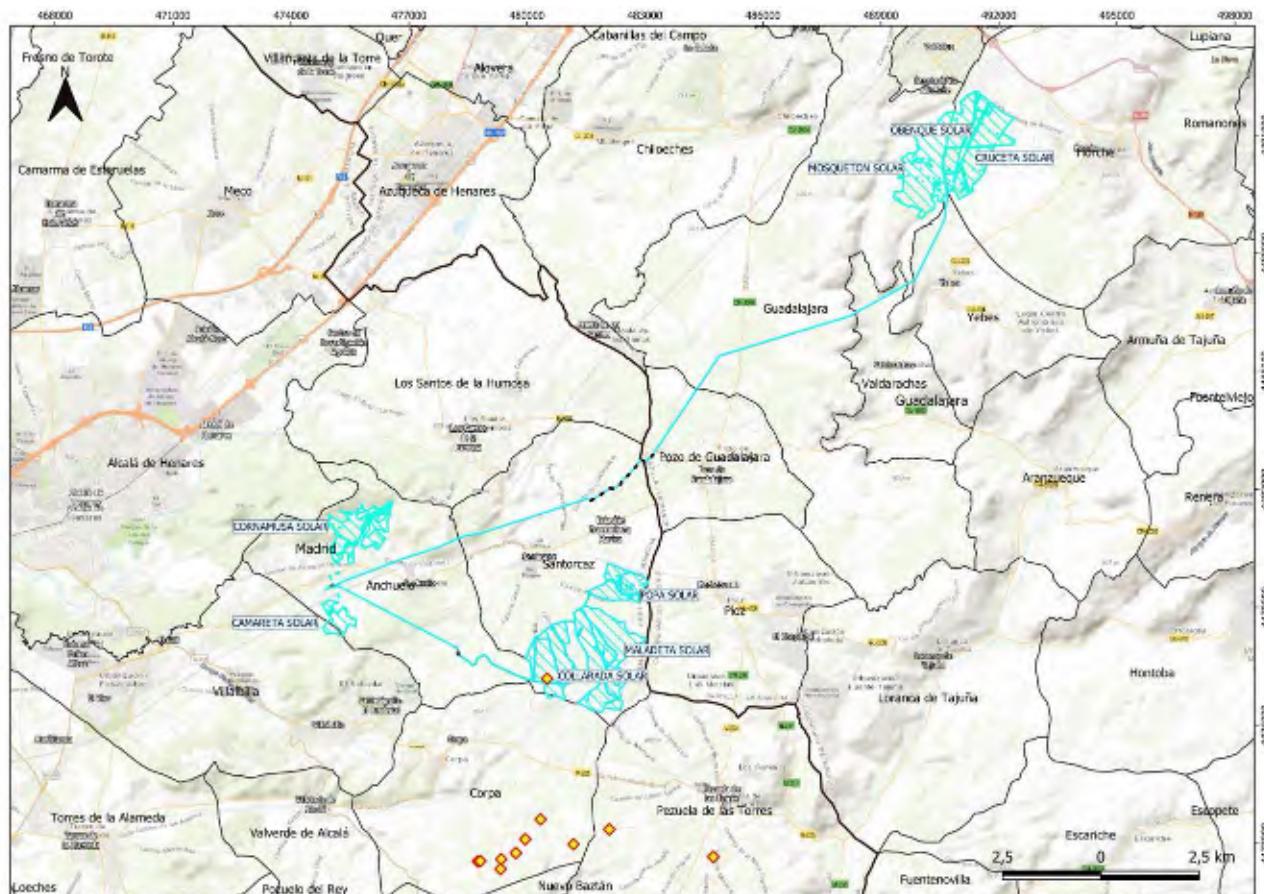


Figura 19. Observaciones acumuladas de elanio común (rombos amarillos). En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

4.1.16 Culebrera europea

La culebrera europea, por su parte, se encuentra catalogada como “Vulnerable”, en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha, y “De Interés Especial”, en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Comunidad de Madrid. Se encuentra a su vez incluida en el LESRPE y en el Anexo I de la Directiva Aves.

En función de la fenología de esta especie, al igual que se indica para otras especies del presente apartado, como es el caso del aguilucho cenizo, la totalidad de observaciones ha tenido lugar durante los censos realizados en las jornadas correspondientes al periodo reproductor y posreproductor, como cabría esperar

dado su carácter estival. Las observaciones y contactos con esta especie, dentro del ámbito de estudio, se reparten de manera bastante homogénea por todo el territorio considerado, aunque con una mayor concentración de registros al sureste del ámbito de interés, coincidiendo con el área de implantación de las plantas solares fotovoltaicas correspondientes al expediente PFot 180 AC (Figura 20).

Hay que indicar que durante el trabajo de campo realizado no se ha obtenido ningún indicio que confirme la reproducción de la especie en el territorio considerado.

Atendiendo a su situación y distribución, a nivel regional y provincial, respecto al territorio madrileño, la especie se encuentra ligada especialmente a la franja serrana y a las zonas de mayor altitud y/o mayor relieve, estando prácticamente ausente del sureste madrileño, donde es muy escasa como reproductora (Martí y Del Moral, 2003). Considerando de nuevo la información recogida en la monografía dedicada a las rapaces forestales (Palomino y Valls, 2011), para la Comunidad de Madrid se estima una población de 120 parejas reproductoras (Intervalo de confianza, 90%: 100-140 parejas).

En Castilla-La Mancha se constata su ausencia en diversas comarcas y zonas (Martí y Del Moral, 2003). No obstante, en función de la información más actualizada y recogida en la monografía dedicada a las rapaces forestales (Palomino y Valls, 2011), editada por SEO/BirdLife, para el conjunto castellanomanchego se estima una población de 1.800 parejas reproductoras (Intervalo de confianza, 90%: 1.750-1.860). En el caso de Guadalajara, en concreto, el tamaño poblacional estimado sería de 400 parejas reproductoras (IC 90% 380-420).

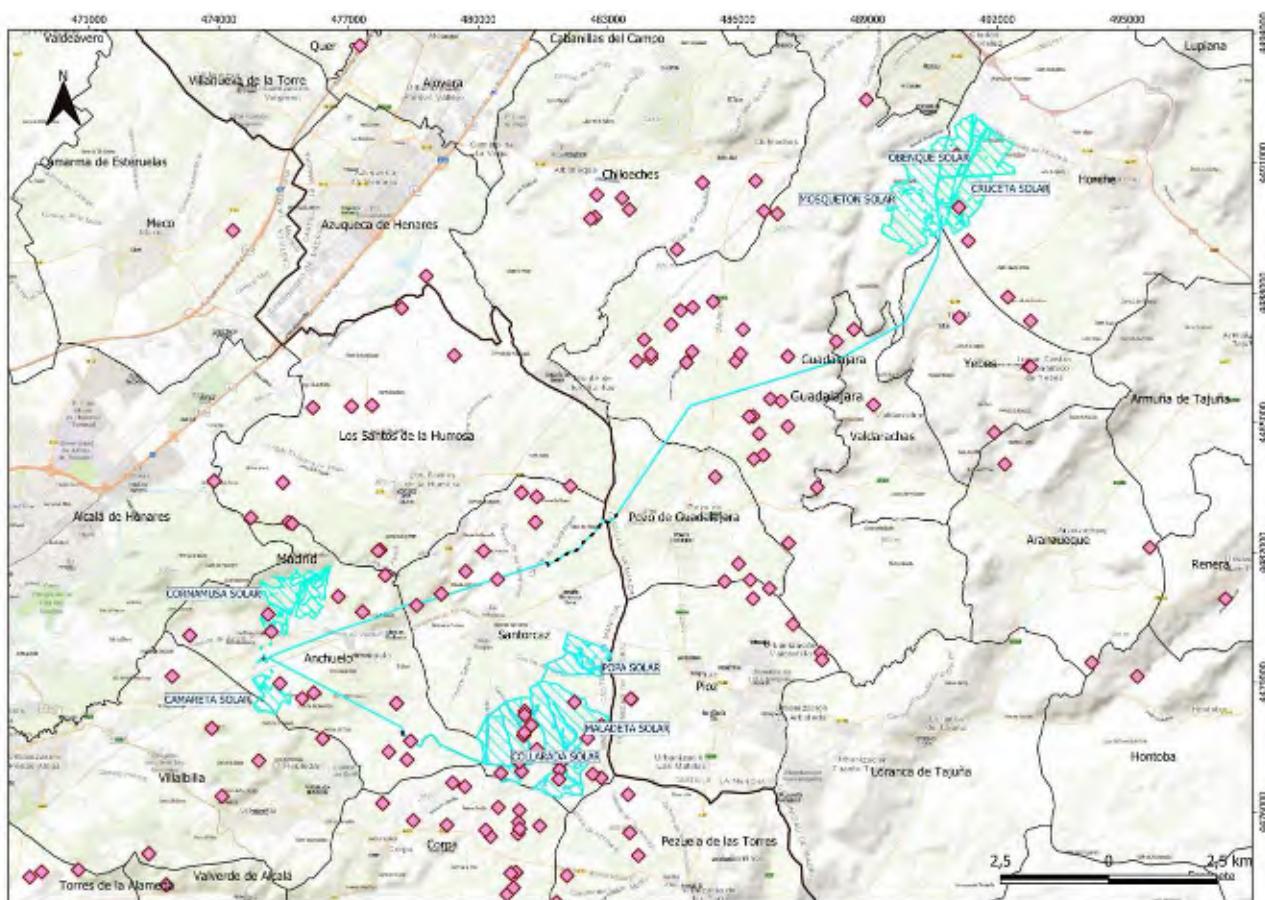


Figura 20. Observaciones acumuladas de culebra europea (rombos rosas) en el ámbito de proyecto. En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

4.1.17 Águila calzada

Entre las rapaces de interés detectadas en el ámbito de censo, además de las detalladas en anteriores epígrafes, se ha llevado a cabo la observación de otras especies, como el águila calzada, una especie que se encuentra catalogada como “De Interés Especial” tanto en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Comunidad de Madrid como de Castilla-La Mancha, y se encuentra a su vez incluida en el LESRPE y en el Anexo I de la Directiva Aves.

Las observaciones y contactos con esta especie, dentro del ámbito de estudio, se reparten de manera bastante homogénea por todo el territorio considerado, aunque con una mayor concentración de registros en la franja norte del ámbito de interés, coincidiendo con el área de implantación de las plantas solares fotovoltaicas correspondientes al expediente PFot 183 AC, al este del término municipal de Horche (Figura 21). Analizando el comportamiento de los ejemplares avistados (como la defensa territorial, los reclamos y ejemplares vistos juntos) durante el periodo reproductor, podemos presuponer la existencia de al menos otros dos territorios distintos. Respecto a la presencia de territorios reproductores de la especie en el ámbito

de estudio, se ha confirmado la ubicación de al menos tres áreas de nidificación, dos de ellas muy próximas al área de implantación de la LAAT de evacuación de las plantas solares (Figura 21)

No se llevó a cabo la observación de esta especie durante el invierno, en consonancia con su fenología, de presencia fundamentalmente estival en el ámbito de estudio.

Considerando la información aportada por la monografía dedicada a las rapaces forestales (Palomino y Valls, 2011), editada por SEO/BirdLife, la población castellanomanchega superaría las 3.000 parejas: se estimaron, en concreto, 3.020 parejas reproductoras (Intervalo de confianza: 2.980-3.050). En el caso de Guadalajara, en concreto, el tamaño poblacional estimado sería de 500 parejas reproductoras (IC 90% 500-530).

Por lo que respecta a la Comunidad de Madrid se estima una población de 290 parejas reproductoras (Intervalo de confianza: 90% 280-310 parejas), de nuevo, en función de los datos recogidos en la monografía dedicada a las rapaces forestales (Palomino y Valls, 2011), editada por SEO/BirdLife.

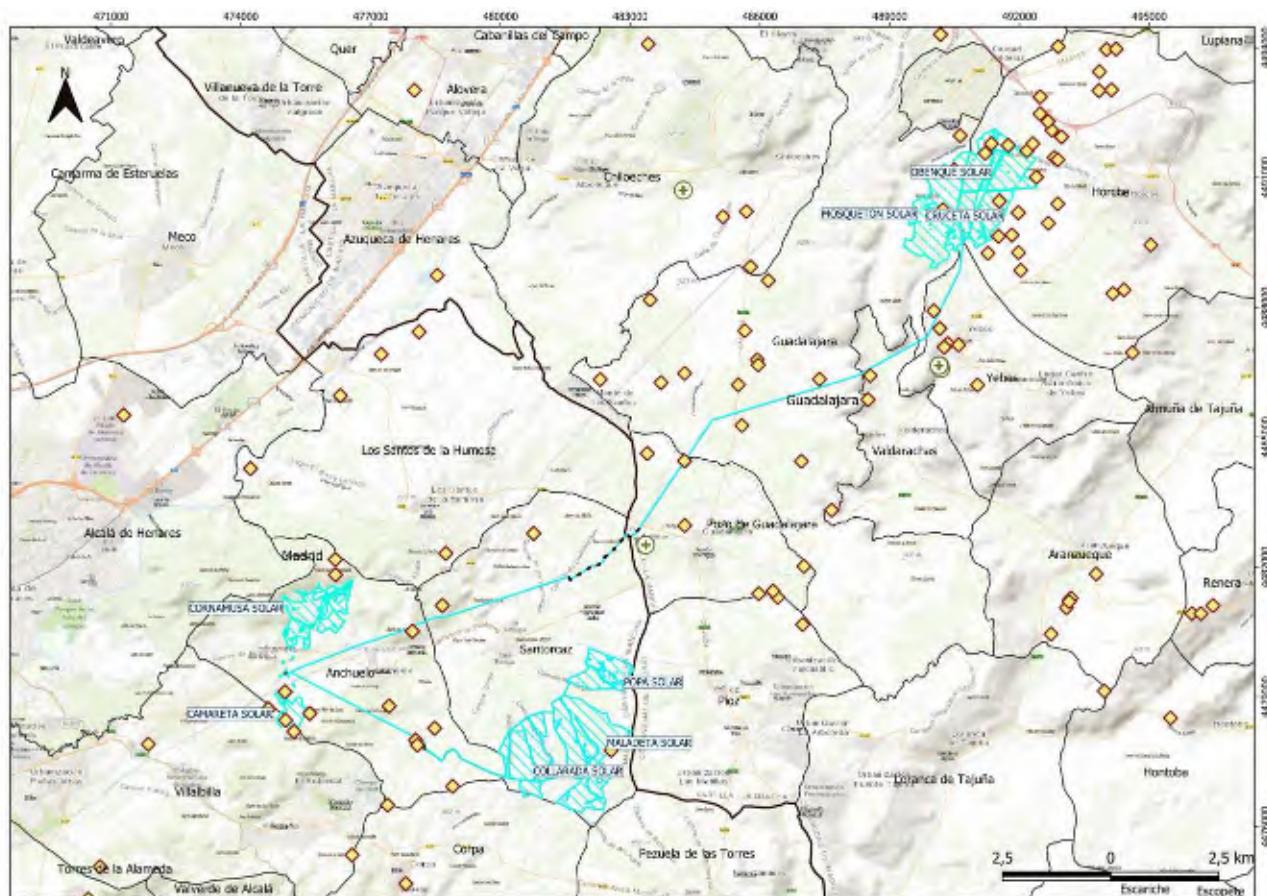


Figura 21. Observaciones acumuladas de águila calzada (rombos amarillos) en el ámbito del proyecto. En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

4.1.18 Milano negro

Por lo que respecta al milano negro, se trata de una especie incluida en el LESRPE y en el Anexo I de la Directiva Aves, y se encuentra catalogada como “De Interés Especial” en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha.

Al igual que se apuntaba para el águila calzada y la culebrera europea, es una especie estival en nuestro territorio, por lo que en función de su fenología se ha localizado mayoritariamente durante los censos realizados a lo largo de las jornadas reproductoras y posreproductoras.

Analizando espacialmente las observaciones y los contactos con esta especie, dentro del ámbito de estudio, se observa cómo se reparten sobre todo por la franja oeste del ámbito de estudio, concentrándose en el área de ubicación de las PSFV de los expedientes PPFot 180 AC y PFot 201 AC. Respecto a la presencia de territorios reproductores de la especie, se confirma durante el periodo reproductor 2021 una zona de nidificación en el entorno de la PSFV “Collarada Solar”, del expediente PFot 201 AC (ver Figura 22).

A nivel regional, para el conjunto de Castilla-La Mancha, considerando la última información disponible (algo desactualizada hoy en día: la monografía publicada en el año 2006 por SEO/BirdLife; Palomino, 2006), se estimó una población reproductora de entre 250-340 parejas. Para el caso concreto de Guadalajara, el tamaño de la población se estimó entre 20 y 30 parejas. Por lo que respecta a la población reproductora en la Comunidad de Madrid, en función de esta última información disponible (Palomino, 2006), se estimó en 260 una cifra de 170-360 parejas.

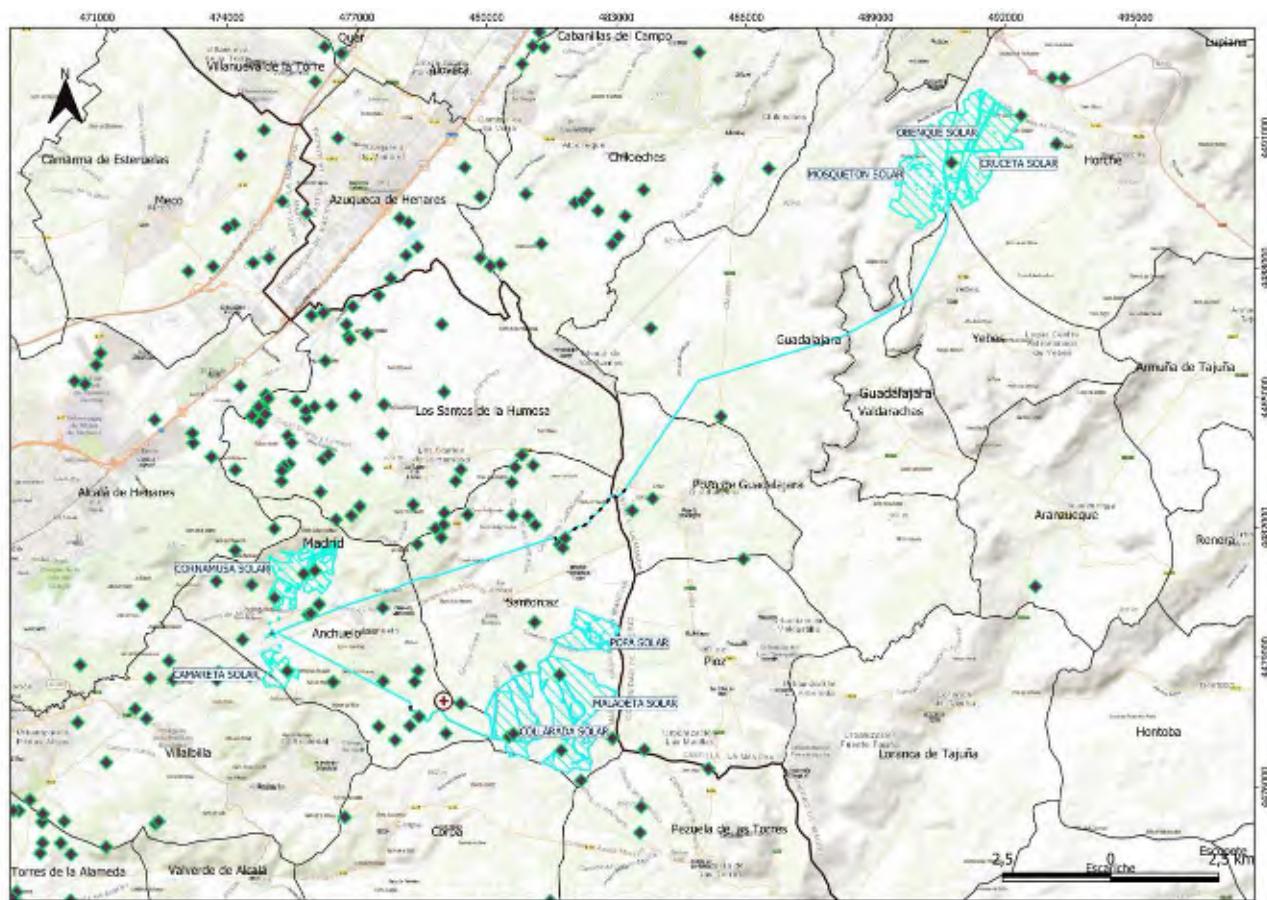


Figura 22. Observaciones acumuladas de milano negro (rombos negros con borde verde) en el ámbito de estudio. En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

4.1.19 Halcón peregrino

Respecto al halcón peregrino, hay que indicar que se trata de una especie incluida en el LERSPE y en el Anexo I de la Directiva Aves, y que se encuentra catalogada como “Vulnerable” tanto en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha como de la Comunidad de Madrid.

Por lo que respecta al reparto espacial de las observaciones, se constata una mayor presencia en la zona sureste del ámbito de estudio, en el entorno de la superficie de ubicación de las PSFv del expediente PFot 180 AC (Figura 23).

El último censo nacional de la especie (del Moral, 2009b) censó la población en la Comunidad de Madrid en 28 parejas seguras. La tendencia se consideró en declive muy pronunciado, con una población en la sierra estable y en descenso alarmante en el este y sur.

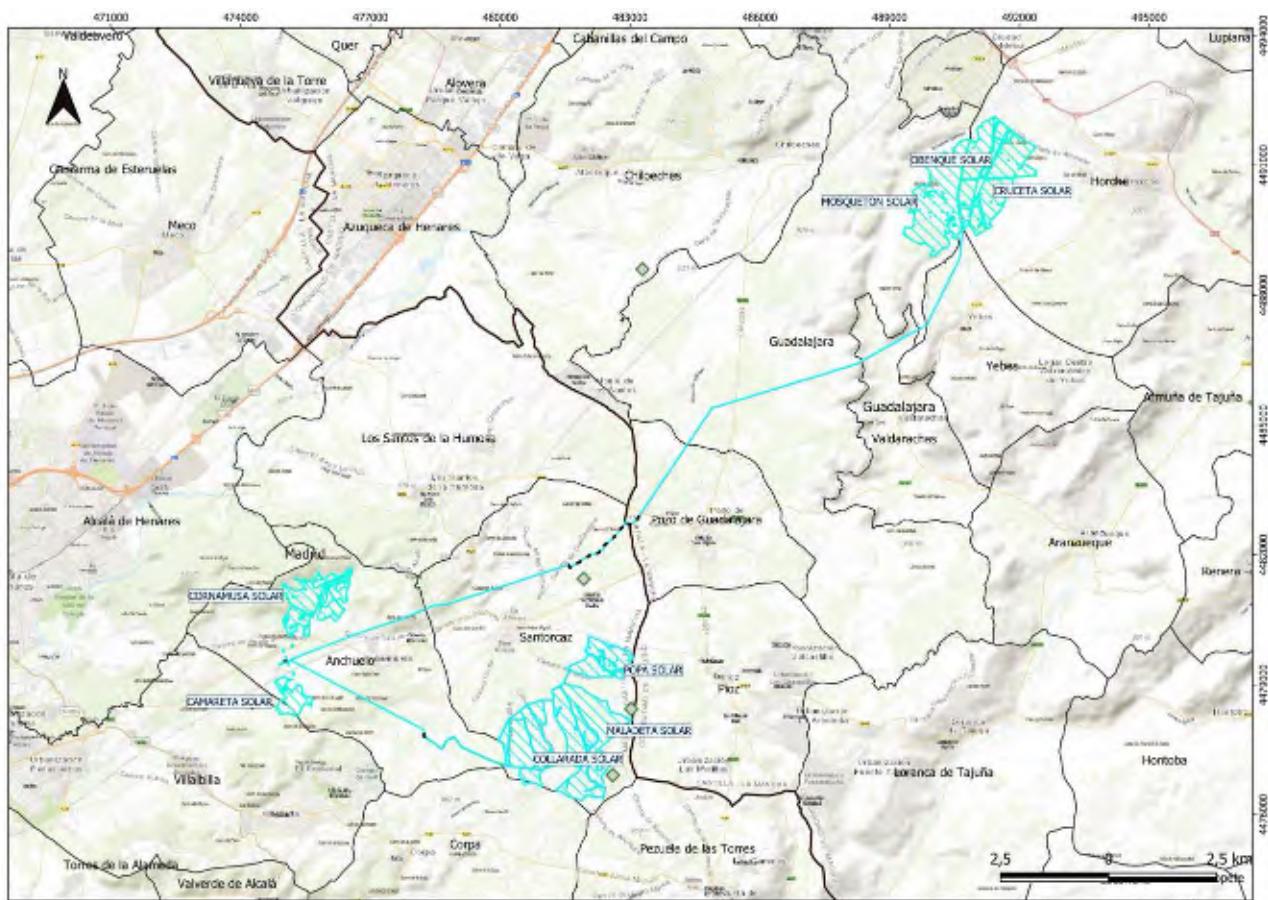


Figura 23. Observaciones acumuladas de halcón peregrino (rombos grises) en el ámbito de estudio. En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

4.1.20 Esmerejón

Otra de las rapaces detectadas, en el ámbito de censo, ha sido el esmerezón, una especie presente únicamente durante los meses de otoño e invierno en nuestro territorio. Se trata de una especie incluida igualmente en el LERSPE y en el Anexo I de la Directiva Aves, y se encuentra catalogada como “De Interés Especial” en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha.

Por lo que respecta al reparto espacial de las observaciones, se registran ejemplares en los extremos del ámbito de estudio, coincidiendo con el entorno de las plantas solares fotovoltaicas de los tres expedientes. (Figura 24).

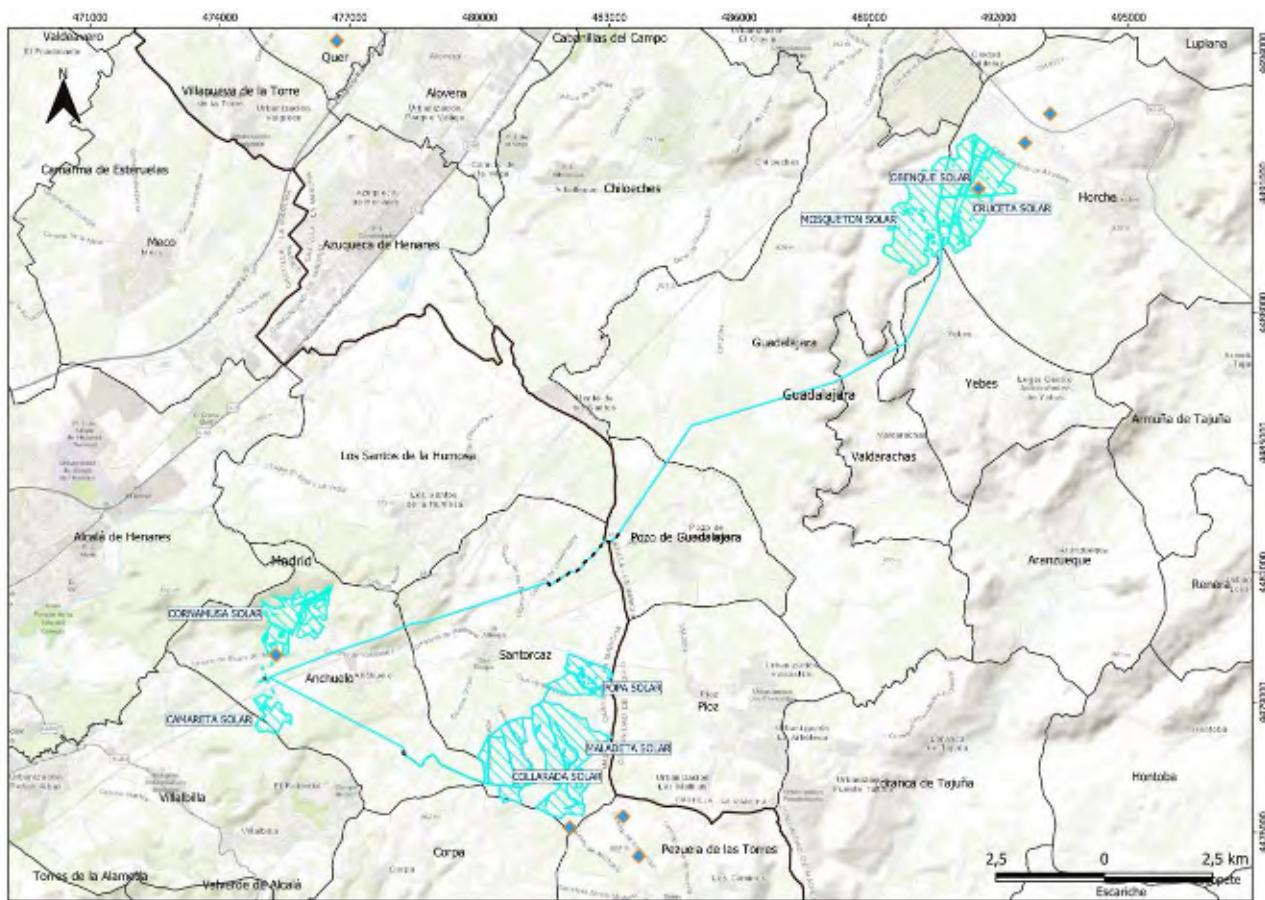


Figura 24. Observaciones acumuladas de esmerezón (rombos azules con bordes naranjas) en el ámbito de estudio. En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

4.1.21 Abejero europeo

Otra especie de interés considerada, observada durante los censos realizados, es el abejero europeo (*Pernis apivorus*), una rapaz que se encuentra catalogada como “De Interés Especial” en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Comunidad de Madrid (Decreto 18/1992), y se encuentra a su vez incluida en el LESRPE y en el Anexo I de la Directiva Aves.

Al igual que se apuntaba para el águila calzada y la culebrera europea, es una especie estival en nuestro territorio, por lo que en función de su fenología se ha localizado mayoritariamente durante los censos realizados a lo largo de las jornadas reproductoras y posreproductoras.

Analizando espacialmente las observaciones y los contactos con esta especie, dentro del ámbito de estudio, se registran en tres ocasiones ejemplares al este y oeste de la LAAT (ver Figura 25).

A nivel regional, la población reproductora de esta rapaz se restringe a los bosques caducifolios de la Sierra de Guadarrama (Martín y Del Moral, 2003; Palomino y Valls, 2011).

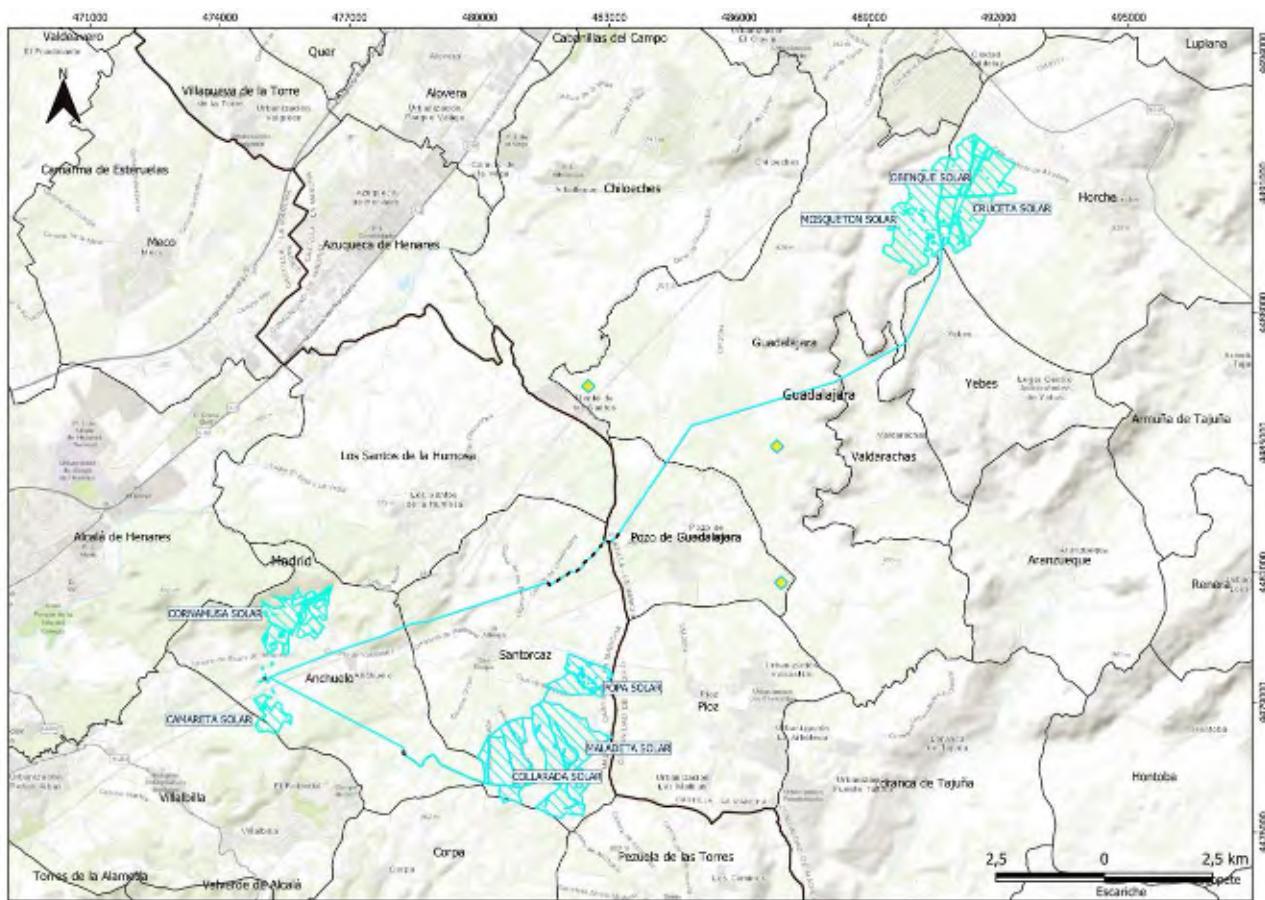


Figura 25. Observaciones acumuladas de abejero europeo (rombos amarillos con bordes verdes) en el ámbito de estudio. En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

4.1.22 Cigüeña blanca

La cigüeña blanca se encuentra incluida en el LESRPE. A su vez, en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Comunidad de Madrid se cataloga como “Vulnerable” y figura en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha como “De Interés Especial”. Queda también recogida en el Anexo I de Aves Migratorias de presencia regular de la Directiva Aves.

Respecto a la distribución espacial de los individuos observados en el entorno del ámbito de actuación, estos se concentran exclusivamente al este del territorio de ubicación de los expedientes (Figura 26); no se han localizado zonas de nidificación de la especie en el ámbito de estudio.

Por lo que respecta al territorio madrileño, donde se localizan, como se indicaba, el mayor número de observaciones dentro del ámbito de censo cabe señalar que la población de cigüeña blanca está experimentando un notable incremento durante las últimas décadas, aunque los censos oficiales no se encuentran actualizados para el conjunto de la región; en 2004 se estimó una población de 1.221 parejas (Molina y Del Moral, 2005). La especie se encuentra uniformemente distribuida por toda la provincia en forma de parejas aisladas y pequeños núcleos, excepto en dos grandes núcleos de población: en torno al

embalse de Santillana (Manzanares El Real) y a lo largo de las vegas de los ríos Manzanares y Jarama. La evolución de la población fue creciente entre los censos de 2001 y de 2004 y esta tendencia se ha mantenido o incrementado desde entonces.

Probable reflejo de la situación de la especie a nivel regional es la población en torno al embalse de Santillana, que cuenta con un seguimiento por parte del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares, gracias a lo cual se conoce el crecimiento de esta población. Así, en 2017, nidificaron 676 parejas y 685 en 2019, mientras que en el año 2000 habían sido 213 parejas (Área de Información Ambiental y coordinación de contenidos web, 2019 y 2020).

Resultados similares se han observado en el Parque Regional del Sureste donde, además, se ha constatado un hecho ya conocido y que relaciona este incremento poblacional con el intenso aprovechamiento que hacen las cigüeñas blancas de los vertederos de residuos sólidos urbanos como fuente de alimento (Morales, 2018).

A pesar de estar catalogada como “Vulnerable” en la Comunidad de Madrid no se trata de una especie actualmente amenazada y que pone de manifiesto la obsolescencia del Catálogo Regional el cual, hay que destacar, no ha sido revisado o actualizado desde el año 1992 (salvo en lo referido a árboles singulares, en los que sí se han producido algunas actualizaciones, fundamentalmente por causa de muerte y desaparición de los ejemplares).

Por su parte, en Castilla-La Mancha, teniendo en consideración la información del último censo publicado, algo desactualizada hoy en día, el tamaño poblacional en el año 2004 se estimaba en 2.315 parejas (Molina y Del Moral, 2005); se distribuye principalmente por la parte más occidental y es más escasa en dirección este hasta desaparecer de amplias áreas de la parte oriental. En la provincia de Guadalajara, en concreto, se censó una población de 44 parejas. El grueso de esta población se distribuye a lo largo de los tramos medios de los ríos Henares y Jarama. Además, existe un pequeño núcleo reproductor localizado en las áreas bajas de las sierras del norte de Guadalajara (Molina y Del Moral, 2005).

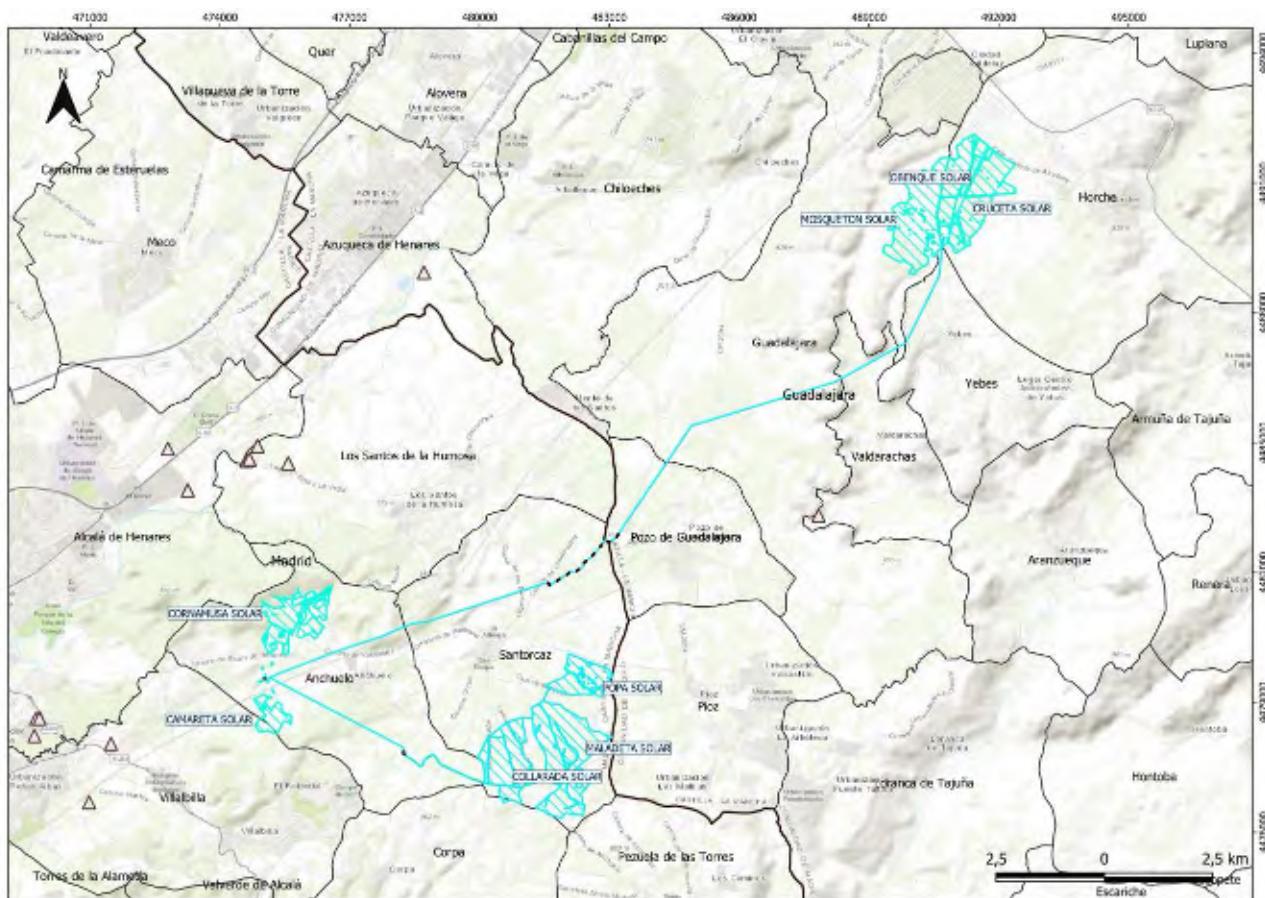


Figura 26. Observaciones acumuladas de cigüeña blanca (triángulos blancos). En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

4.1.23 Chova piquirroja

La chova piquirroja es un córvido incluido en el LESRPE, y se encuentra catalogado, igualmente, como “De Interés Especial” tanto en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Comunidad de Madrid como en el de Castilla-La Mancha. Está incluida en el Anexo I de la Directiva Aves.

Respecto a la distribución espacial de los ejemplares contactados durante los trabajos de campo realizados en el ámbito de proyecto y entorno, la mayor concentración de registros se localiza al suroeste del área de ubicación del mismo, en la zona de implantación de la PSFV “Cornamusa Solar” y zonas próximas, al noroeste de Anchuelo. Su localización se representa en la Figura 27.

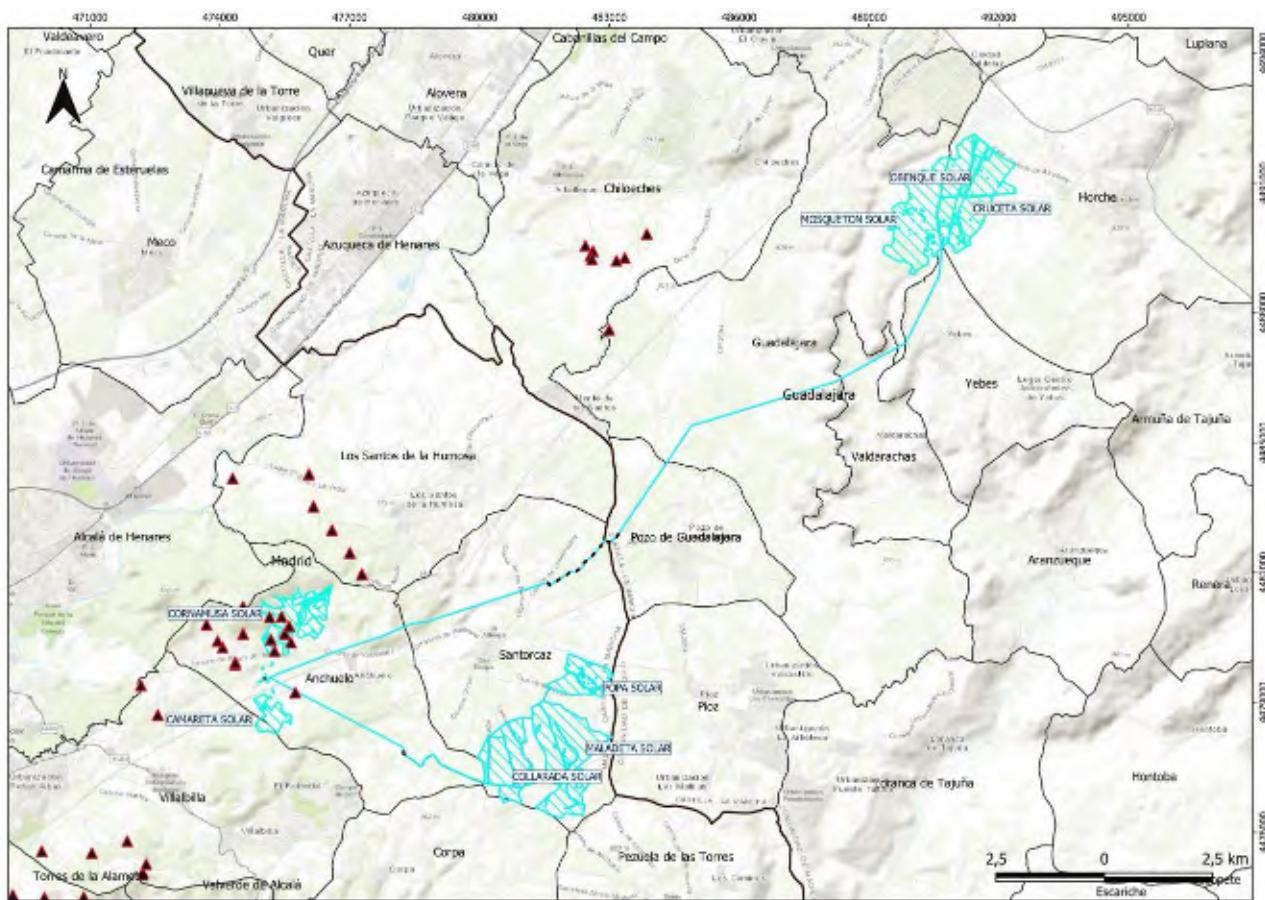


Figura 27. Observaciones acumuladas de chova piquirroja (triángulos negros). En azul claro se marcan las áreas previstas de implantación del proyecto y su LAAT de evacuación. Con punteado negro, se marca la propuesta de soterramiento.

5 ZONAS DE INTERÉS PARA LAS AVES

En el presente Informe se incluye un capítulo específico enfocado a identificar y describir las zonas de mayor interés para la avifauna a las que prestar una atención especial durante la planificación y evaluación del impacto ambiental de los proyectos.

En primer lugar, se hace referencia a aquellas figuras de protección o espacios naturales protegidos o catalogados del ámbito de estudio que resultan de interés por sus valores ornitológicos y que cuentan con un amparo legal y un marco regulatorio propio, como pueden ser las ZEPA, IBA y los ámbitos de aplicación de los planes de recuperación y conservación de especies amenazadas.

Además, se define una serie de “Zonas Relevantes para la Avifauna” (ZRA), delimitadas en el ámbito de estudio a partir del criterio experto del equipo técnico redactor del presente Informe, en función de la presencia y abundancia de las especies de interés observadas durante los trabajos de campo (censos durante el ciclo anual completo) y teniendo en consideración, particularmente, los datos oficiales y actualizados

aportados por las diferentes administraciones, relativos a la distribución de las especies de aves de mayor valor de conservación que podrían estar presentes en el ámbito de estudio. Así, la delimitación y definición de las Zonas Relevantes para la Avifauna en el presente Informe, resulta de gran utilidad para el análisis del ámbito de estudio y así determinar la posible afección sobre la avifauna y por tanto las áreas donde se deberán establecer medidas de protección o correctoras, así como las eventuales medidas compensatorias que se puedan proponer.

Conviene aclarar que las ZRA se delimitan en función de los resultados del presente estudio, independientemente de que se encuentren dentro o fuera (total o parcialmente) de algún espacio catalogado o protegido (cuya declaración realizan las Administraciones competentes u otras organizaciones, siguiendo sus criterios particulares, según los casos). Además, hay que tener en cuenta que los límites de estas ZRA se proponen de forma orientativa para señalar estas zonas más relevantes a tener en cuenta para la avifauna, pero sus límites se deben interpretar como una mera indicación, no de forma taxativa (como sí ocurre en los espacios catalogados o protegidos).

5.1 Espacios protegidos y de interés para las aves en el ámbito de censo

En primera instancia, resulta de interés destacar nuevamente los espacios protegidos y otras figuras de protección, vinculadas con la conservación de las aves, que coinciden parcialmente con el ámbito de estudio delimitado, como ya se ponía de manifiesto en el apartado 2.2 del presente documento.

Teniendo en consideración la información disponible en el servicio de información ambiental de Castilla-La Mancha, con una especial atención a los Espacios Protegidos, a través del visor de la Red de Áreas Protegidas, y la información disponible en la Comunidad de Madrid, a través del Geoportal de la Comunidad de Madrid - Infraestructura de datos espaciales de la Comunidad de Madrid (IDEM), con cartografía en detalle del ámbito regional, en el territorio de ubicación del proyecto considerado en el presente informe no existen espacios protegidos y de interés para las aves. Sin embargo, como se indicaba en el apartado 2.2, el ámbito de proyecto solapa parcialmente con el Corredor Ecológico de los Yesos, y limita con el Corredor Ecológico Oriental, dentro de la Red de Corredores Ecológicos de la Comunidad de Madrid (**Figura 2**) (ver Plano 1 y 2 del Anexo I, en el que se presenta el ámbito de estudio, incluyendo los espacios y figuras de protección más cercanos).

5.2 Zonas Relevantes para la Avifauna (ZRA) delimitadas en el presente estudio

Se detallan a continuación, de manera particular, determinados enclaves del territorio de estudio que tienen un especial interés o una mayor relevancia para las aves, a partir del trabajo de campo llevado a lo largo del ciclo anual, teniendo en cuenta la concurrencia de diversas especies de interés, así como su comportamiento y el uso del territorio que se ha registrado.

En total, se identifican y delimitan 3 **Zonas Relevantes para la Avifauna** (ZRA) por su importancia desde el punto de vista ornitológico, dentro de los límites del ámbito de estudio considerado. Las ZRA-01 y ZRA-02 se

delimitaron originariamente en el “Estudio Anual de Aves para las PSFs de los nudos “Loeches, San Fernando y Anchuelo, Madrid (IGNIS)”, ZRA que se reafirmaron con los datos obtenidos en censos sucesivos en el ámbito de estudio, delimitándose una tercera Zona Relevante para la Avifauna en base a estos datos actuales.

En la Figura 28 se detalla la ubicación de estas zonas de mayor relevancia, coincidentes parcialmente, en algunos casos, con los espacios protegidos y otras figuras de protección ubicadas en el interior del territorio delimitado (ver Plano 1 y 2 del Anexo I).

En cualquier caso, es importante señalar que, como se ha podido ver en los apartados anteriores, todo el ámbito de estudio presenta una importante comunidad de aves, incluyendo diversas especies de interés que, si bien se pueden concentrar en ciertas áreas, presentan una amplia distribución. En este sentido, la delimitación de estas ZRA no significa que fuera de las mismas no puedan registrarse, aunque de manera más puntual o localizada, alguna de estas especies de interés.

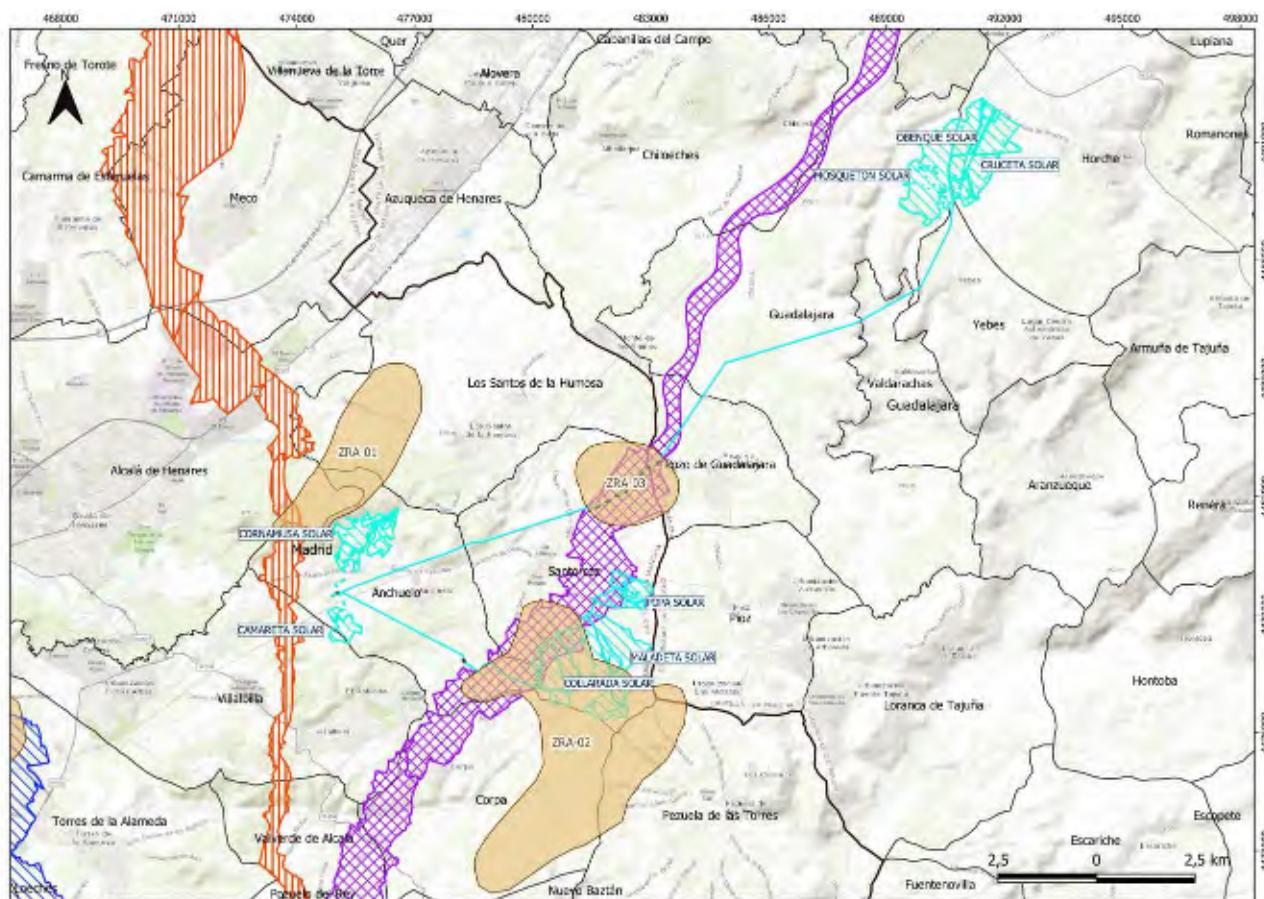


Figura 28. Zonas Relevantes para la Avifauna (ZRA), en el ámbito de estudio, desde el punto de vista ornitológico. Se marcan Corredores Ecológicos (Comunidad de Madrid 2010).

■ ZRA-01. "Cerros y laderas entre Los Santos de la Humosa y Alcalá de Henares"

Localizada en el extremo septentrional del ámbito de estudio, esta ZRA delimitada en función de la información obtenida en el presente estudio, abarca una superficie de 760 ha, presentando una forma alargada. Se trata de una zona de cierto relieve, en la que se intercalan laderas cubiertas por vegetación natural con diversos cultivos y alguna mancha de monte mediterráneo, extendiéndose en torno a la confluencia de los términos municipales de Los Santos de la Humosa, Alcalá de Henares y Anchuelo.

Parcialmente coincide o solapa, en su extremo norte, con diversas figuras de protección establecidas a nivel regional y nacional. Concretamente, engloba parte del Espacio Natural "Soto del Henares" (régimen de protección preventivo) y parte de la ZEC "Cuenca de los Ríos Jarama y Henares", incluida por tanto en la Red Natura 2000.

Esta zona resulta de interés para determinadas especies de aves esteparias y vinculadas a entornos agrarios y medios abiertos, como el aguilucho cenizo (en la mitad norte, al noroeste del casco urbano de Los Santos de la Humosa, se concentran varias observaciones), la avutarda común y el cernícalo, siendo zona de campeo y de caza de otras rapaces como águila real, con varias observaciones, aguilucho lagunero occidental, busardo ratonero, milano negro, buitre leonado y cernícalo vulgar.



Imagen 4. Campos de cereal ya cosechados en la zona de Anchuelo, con los relieves que le son característicos.

Destaca a su vez, con una especial relevancia, la presencia dentro de esta ZRA de un territorio confirmado de águila real (una de las dos zonas de nidificación confirmada de la especie en el ámbito de estudio). Concretamente, se ha constatado la reproducción con éxito de esta especie (con dos pollos), en la parte alta de los cerros ubicados en la mitad meridional de esta ZRA, en una ladera empinada, orientada hacia el norte-noroeste, que cae a la vega del Henares.

- **ZRA -02. “Cultivos y vegas entre Torres de la Alameda y el río Henares”**

Zona relevante localizada en el sector noroeste del ámbito de estudio delimitado, entre el curso del río Henares y los alrededores del núcleo urbano de Torres de la Alameda, en la confluencia de este municipio, con los términos de San Fernando de Henares y Loeches. Abarca una superficie de unas 1.450 ha. Al igual que la anterior ZRA, parte de esta zona delimitada coincide parcialmente con la ZEC “Cuenca de los Ríos Jarama y Henares”, incluida en la Red Natura 2000.

Se trata de una zona de especial importancia para las aves rapaces y para determinadas especies de aves esteparias. Hay que destacar, en primera instancia, la presencia de un territorio de águila imperial ibérica en la parte norte de la ZRA, dentro de la finca denominada “Soto del Aldovea”; se trata del único lugar de nidificación de la especie localizado en el ámbito de estudio durante los censos realizados. Durante la época reproductora (censos de primavera), se han detectado también otras especies de interés como el cernícalo primilla, los aguiluchos cenizo y lagunero occidental, culebrera europea y milano negro, además de sisón común (un mínimo de dos territorios) y avutarda común. En invierno, por su parte, en esta zona de interés resulta muy frecuente el milano real, así como otras rapaces (busardo ratonero y cernícalo vulgar). Y en época estival se han repetido varias observaciones de águila imperial (adultos y, al menos, un juvenil del año), cernícalo primilla, aguilucho cenizo, avutarda (un grupo de, al menos, 5 individuos), aguilucho lagunero y culebrera europea.

- **ZRA-03. “Cultivos cerealistas al noreste de Santorcaz y oeste de Pozo de Guadalajara”**

Situada en la franja central del ámbito de estudio entre las localidades de Pozo de Guadalajara, en Guadalajara y Santorcaz en la Comunidad Autónoma de Madrid. Se extiende por una superficie de unas 445 ha de cultivos cerealistas de secano, solapando a su vez con el Corredor Ecológico de los Yesos.

Durante los censos realizados, se ha comprobado que las especies más relevantes fueron la avutarda y el sisón, donde se han acumulado varias observaciones de ambas especies. Además, se registraron, entre otras, especies como aguilucho cenizo, con numerosos registros en esta ZRA, aguilucho lagunero occidental, aguilucho pálido, milano real, halcón peregrino, milano negro, águila calzada, culebrera europea y busardo ratonero.

6 EFECTO DE LOS PROYECTOS FOTOVOLTAICOS SOBRE LAS POBLACIONES DE AVES

6.1 Consideraciones generales

Las tecnologías fotovoltaicas están experimentando un rápido desarrollo en todo el mundo, existiendo un gran consenso en que se trata de una de las principales alternativas en la transición energética para el abandono de los combustibles fósiles. Este gran crecimiento va a demandar extensas superficies de terreno para su desarrollo lo cual, sin una adecuada planificación, puede degradar o destruir hábitat para las especies silvestres (REN21, 2016). Hay que tener en cuenta que la mayor parte de los proyectos que se están

planteando en la actualidad tienen un tamaño considerable, habitualmente por encima de los 50 MW, con unos requisitos de terreno de entre 1,4 y 3,0 ha/MW (considerando toda el área ocupada por el proyecto, incluyendo los paneles solares, caminos de acceso, subestaciones, edificios de servicio y otras infraestructuras). Por lo tanto, existe un interés creciente en conocer la interacción de los desarrollos fotovoltaicos sobre la vida silvestre, que son aspectos poco estudiados hasta la fecha lo cual dificulta, además, la correcta evaluación de sus efectos (Lovich y Ennen, 2011; Boroski, 2019).

La construcción y operación de plantas fotovoltaicas pueden tener efectos directos e indirectos sobre la vida silvestre, los cuales pueden ser positivos o negativos dependiendo de las condiciones del paisaje existente en el momento de la construcción, y puede afectar a diferentes niveles tróficos e interacciones entre éstos (Hernández *et al.*, 2014; Grodsky *et al.*, 2017). Los efectos positivos son más probables cuando los proyectos se desarrollan en paisajes previamente alterados (zonas degradadas, entornos periurbanos...) y de poco valor natural donde, con una buena integración ambiental del proyecto y las correspondientes medidas correctoras, incluso se pueden generar mejoras en la biodiversidad (particularmente en vegetación herbácea e invertebrados).

Entre los efectos positivos, pueden citarse, siempre y cuando la gestión del espacio se haga de la manera correcta, la presencia de una cobertura vegetal continua que evita la pérdida de suelo, la generación de un hábitat refugio para vertebrados de mediano y pequeño tamaño, así como la eliminación de plaguicidas y la consiguiente aparición de una comunidad de invertebrados adaptada a praderas que puede a su vez favorecer los recursos tróficos de algunas aves y otros vertebrados (Montag *et al.*, 2016).

Por el contrario, los efectos negativos serán más probables y severos cuando los proyectos se desarrollen en ambientes con un alto grado de naturalidad, especialmente en aquellos lugares con elevada diversidad de flora y fauna (Boroski, 2019). Entre los efectos negativos se pueden mencionar la mortalidad directa, la transformación del hábitat a gran escala, niveles crecientes de ruido y luz, invasión de especies exóticas y mayores riesgos para la fauna (Lovich y Ennen, 2011, Grosky *et al.*, 2017; Moor-O'Learly *et al.*, 2017).

Un principio fundamental para la integración ambiental de los desarrollos fotovoltaicos es evitar las implantaciones en áreas sensibles desde el punto de vista ecológico, teniendo en cuenta objetivos de conservación a escala regional o nacional, incluyendo hábitats críticos o de interés, espacios protegidos, áreas importantes para las aves o la biodiversidad, por citar algunos ejemplos (Hernández *et al.*, 2005; Boroski, 2019). Por lo tanto, las fases iniciales de planificación de los proyectos fotovoltaicos son críticas para realizar una buena selección de las mejores implantaciones, evitando áreas especialmente sensibles desde el punto de vista ambiental, donde la integración del proyecto presentaría mayores dificultades, incluyendo medidas de mitigación o compensación complejas y costosas.

Si en la selección de la ubicación de los proyectos se priorizan zonas previamente degradadas, incluyendo minas abandonadas, vertederos o incluso zonas de agricultura muy intensiva, el desarrollo de los proyectos fotovoltaicos no solo no afectará a elementos de fauna y flora de interés de conservación, sino que además podrá suponer una oportunidad para mejorar la cubierta vegetal, conservar el suelo y los recursos hídricos, y generar así efectos positivos sobre la biodiversidad.

No obstante, la estrategia de evitación de áreas de interés ambiental (por la presencia de especies o hábitats de raras o de valor de conservación) por sí sola puede no ser suficiente para lograr los objetivos de conservación, teniendo en cuenta la gran extensión de terreno que puede verse afectada directamente por la implantación fotovoltaica, así como por otros elementos asociados, como pueden ser las líneas de evacuación y subestaciones eléctricas. En este sentido, debe prestarse una especial atención a los efectos sinérgicos y acumulados que pueden suponer este tipo de proyectos en un territorio dado pues, dependiendo de su número, tamaño y distribución, pueden tener efectos notables sobre la fragmentación y conectividad de los hábitats y las especies.

A escala local, en el ámbito concreto de la implantación de proyectos, la particular estructura y diseño de este tipo de instalaciones, cuyos elementos de captación se montan sobre el terreno con postes, hace que la demanda real de terreno ocupado sea muy reducida, pudiendo llegar al 25% o 40% del suelo sombreado por los paneles. De hecho, la superficie realmente ocupada por la infraestructura solar, incluyendo inversores y otros tipos de elementos, puede llegar a ser menor del 5%. Puesto que los paneles están elevados sobre el terreno (habitualmente hasta unos 2 m de altura), el área que queda debajo de los paneles o entre las calles que conforman estos puede albergar hábitat para muchas especies, particularmente de plantas herbáceas (compatibles con la operación de la planta) e insectos (Hernández *et al.*, 2014). Incluso aves de carácter generalista o adaptadas a zonas antropizadas pueden encontrar nuevas oportunidades en las instalaciones fotovoltaicas, que pueden ofrecer nuevas fuentes de alimento (por ejemplo, relacionada con la mejora de la cobertura vegetal y la comunidad de presas asociadas a estas, como insectos, micromamíferos...), estructuras para posarse (perchas), nidificar y protegerse (cavidades o simplemente sombra, de interés en ambientes cálidos).

No obstante, para otras especies que requieran grandes espacios abiertos, como es el caso algunas aves rapaces y de la mayor parte de las aves de carácter estepario (De Juana, 2005), es su mayor parte en declive y amenazadas, el terreno ocupado por este tipo de instalaciones puede resultar completamente inaccesible para ellas, lo cual puede llegar a suponer una pérdida total de hábitat, con claros efectos directos y, hasta cierto punto indirectos, sobre sus áreas de distribución y sus poblaciones. En este sentido, se da la circunstancia de que para estos impactos directos de pérdida de hábitat no existen medidas de mitigación posibles, con las implicaciones que ello puede tener sobre la evaluación del impacto ambiental del proyecto y la necesidad de implementar medidas compensatorias sobre los hábitats afectados, en áreas próximas y accesibles para las especies afectadas. Al final, el efecto que pueda tener este tipo de instalaciones fotovoltaicas para estas especies sensibles a la pérdida de hábitat dependerá de la calidad y cantidad del remanente que quede en el entorno de los proyectos. Los impactos se minimizarán o serán irrelevantes cuando se mantenga una cantidad y calidad de hábitat suficiente para el desarrollo de las poblaciones de las especies afectadas (Vidal-Mateos *et al.*, 2019).

Existen otros elementos conflictivos para la fauna de las infraestructuras fotovoltaicas, pero que sí que presentan soluciones para mitigar su impacto, en su mayor parte de sencilla aplicación, como pueden ser los cerramientos perimetrales, que pueden actuar como barreras o presentar un cierto riesgo de colisión (aunque existen vallados permeables para la fauna y sistemas de señalización para evitar colisiones); postes

o elementos tubulares abiertos por su parte superior, que puedan actuar como trampas para las aves (problema fácilmente solucionable, instalando tubos cerrados); y, particularmente, las líneas eléctricas de evacuación, a las cuales hay que prestar una especial atención, por los riesgos de mortalidad de fauna que implican (Borosky, 2019). El presente proyecto conlleva la instalación de líneas eléctricas de evacuación (el resto serán todas subterráneas), si bien serán evaluado en sus propios estudios de avifauna, por lo que no cabe prestar especial atención a los impactos de estas en la avifauna en el presente estudio. Los impactos de las líneas internas, subterráneas, quedarán reducidos al momento de excavación de las zanjas, posicionado de los cables y enterramiento, que en el caso particular del ámbito de estudio no supondrá la tala de vegetación leñosa autóctona.

En relación con la mortalidad en líneas eléctricas, la fauna se ve afectada por colisión con los cables o electrocución con los elementos en tensión, y es un tema ampliamente estudiado en todo el mundo (ABS Energy Research, 2008; Jenkins, Smallie, y Diamond, 2010; Pérez-García *et al.*, 2016). Estas infraestructuras tienen impactos negativos bien reconocidos en las aves, y una de las más investigadas es la mortalidad directa por colisión con cables aéreos (Bernardino *et al.*, 2018; Bevanger, 1994; Loss, Will y Marra, 2014). Los esfuerzos de mitigación dirigidos a reducir las tasas de colisión están aumentando en todo el mundo, especialmente a través de la implementación de marcadores de cable (Barrientos *et al.*, 2011; Janss y Ferrer, 1998). Aunque estas medidas de mitigación pueden llegar a reducir el riesgo de colisión de forma significativa, en la mayoría de los casos no pueden eliminarlo completamente (Barrientos *et al.*, 2011, 2012; Bernardino *et al.*, 2018). Un trazado de las infraestructuras eléctricas que evite posibles puntos críticos de colisión (por ejemplo, áreas protegidas o corredores migratorios) es sin duda la medida más efectiva para reducir este riesgo (Bagli *et al.*, 2011; Bernardino *et al.*, 2018; Morkill y Anderson, 1991), y los tramos de línea eléctrica enterrados eliminan el peligro residual (Bevanger y Brøseth, 2001; Jenkins *et al.*, 2010; Bernardino *et al.*, 2018). Sin embargo, el subterráneo es una medida de mitigación muy costosa, y por esta razón rara vez se implementa (Bernardino *et al.*, 2018; Bevanger, 1994; Raab *et al.*, 2012).

En la reciente revisión realizada por D'Amico *et al.* (2019) para las aves de la Península Ibérica, se pone de manifiesto que la sensibilidad de las especies a las colisiones con líneas eléctricas depende tanto de su exposición al riesgo de colisión, como de sus características intrínsecas (por ejemplo, su capacidad y tipo de vuelo, o los hábitats que usa) o de su estado de conservación. Según la clasificación de especies realizadas por estos autores, las especies de carácter estepario se encontrarían entre las más prioritarias en España por su sensibilidad a las líneas, con algunas particularmente afectadas, como avutarda común o el sisón común (Janss y Ferrer, 1999; Barrientos *et al.*, 2011; Marcelino *et al.*, 2017; Marques *et al.*, 2020).

Respecto a las muertes por electrocución, los grupos más sensibles son las aves de percha de tamaño mediano y grande (la mayor parte de las rapaces, cigüeñas, etc.). Para la reducción del impacto por la mortalidad por electrocución, existen dos líneas básicas de actuación como son, por un lado el diseño adecuado de los postes y aisladores, de manera que minimicen el riesgo de contacto del ave con los elementos de tensión; y, por otro lado, el aislamiento o corrección de apoyos que no cumplen estos criterios de diseño seguro para las aves, con el fin de evitar estas electrocuciones (véase, por ejemplo, revisión de Guyone y Ferrer, 1998; o las prescripciones técnicas del MITECO, 2019).

En resumen, se puede concluir que el principal impacto ambiental de las plantas fotovoltaicas está relacionado con la ocupación del territorio y la pérdida de hábitat (a diferentes escalas), pero también se debe prestar una especial atención a la mortalidad asociada a las líneas eléctricas de evacuación. Una buena planificación y selección de la ubicación de las plantas y los trazados de las líneas eléctricas de evacuación es la principal herramienta para minimizar su impacto ambiental. Además, con un adecuado diseño de las instalaciones, que contemple una correcta integración ambiental y las medidas correctoras oportunas para los impactos detectados, no solo se pueden mitigar gran parte de los efectos negativos, sino que, además, pueden llegar a mejorar la biodiversidad local, al menos para plantas, invertebrados o pequeños vertebrados. No obstante, en ciertos casos en los que sea inevitable una cierta afección a hábitat para especies de interés, se deberán adoptar medidas de restauración o mejora del hábitat para las mismas para compensar las superficies afectadas por la instalación.

6.2 Impactos específicos del proyecto

Algunos proyectos fotovoltaicos propuestos, así como la línea eléctrica de evacuación se encuentran en zonas donde ha registrado presencia de especies de interés, tanto especies de aves rapaces, como aves esteparias, o en sus proximidades.

En la siguiente descripción de impactos se analizan los proyectos de las plantas solares fotovoltaicas (PSFV) pertenecientes a los expedientes PFot 180 AC, PFot 183 AC y PFot 201 AC, así como de la línea eléctrica de evacuación (LEAT). La ubicación de todas estas instalaciones se muestra en la Figura 1 y, con más detalle, en el Plano 1 del anexo I.

6.2.1 Expediente PFot 180 AC

Lo conforman las plantas solares fotovoltaicas “Collarada Solar”, “Maladeta Solar” y “Popa Solar”, localizadas en la franja sur del término municipal de Santorcaz, y de las cuales “Collarada Solar” solapa por completo con la ZRA-02 “Cultivos y vegas entre Torres de la Alameda y el río Henares” y “Maladeta Solar” de manera parcial con dicha ZRA. Estas plantas se han reubicado y reducido de superficie para evitar la afección al corredor ecológico de los Yesos y minimizar la afección a las especies de aves esteparias, particularmente al sisón común y al aguilucho cenizo.

Desde el punto de vista ornitológico, la zona, y más específicamente la superficie correspondiente a “Collarada Solar”, reviste interés al ubicarse en áreas de campeo y alimentación de especies esteparias como:

- avutarda común,
- sisón común,
- elanio común,
- aguilucho cenizo,

- aguilucho lagunero occidental,
- aguilucho pálido,
- cernícalo primilla,

Y especies rapaces de interés como:

- águila imperial ibérica,
- milano real,
- águila real,
- culebrera europea,
- halcón peregrino,
- esmerezón común,
- milano negro,
- águila calzada, entre otras.

Afecta por tanto a áreas de campeo y alimentación de las especies nombradas anteriormente.

6.2.2 Expediente PFot 183 AC

Lo conforman las plantas solares fotovoltaicas “Cruceta Solar”, “Mosqueta Solar” y “Obenque Solar”, localizadas al oeste del término municipal de Horche, y este del término municipal de Guadalajara.

Desde el punto de vista ornitológico, la zona reviste interés por la presencia de rapaces y aves esteparias. En concreto, el ámbito planteado de las PSFV, y sobre todo el correspondiente a “Obenque Solar” y “Mosqueta Solar”, afecta a especies de interés como:

- águila imperial ibérica, de la cual se registran numerosos ejemplares en la zona,
- águila perdicera,
- buitre negro,
- aguilucho cenizo,
- cernícalo primilla,

- milano negro,
- aguilucho lagunero occidental,
- milano real, entre otras.

Afecta por tanto a áreas de campeo y alimentación de las especies nombradas anteriormente.

6.2.3 Expediente PFot 201 AC

Lo conforman las plantas solares fotovoltaicas “Cornamusa Solar” y “Camareta Solar”, localizadas al noroeste del término municipal de Anchuelo, en la Comunidad de Madrid.

La zona reviste importancia, especialmente, por la presencia de especies de interés como el águila real, especie de la cual se registró un territorio reproductor en el Barranco del Lobo, que solapaba con la anterior proyección de la planta “Camareta Solar”. Dicha planta se ha modificado eliminando las parcelas situadas al norte para evitar la afección al corredor ecológico Oriental y las zonas más próximas a la segunda plataforma de nidificación del territorio de águila real (actualmente desocupada). Cornamusa limita al oeste con la ZRA-01 “Cerros y laderas entre Los Santos de la Humosa y Alcalá de Henares” y, aunque se encuentra más cerca del nido de águila real ocupado, se encuentra fuera de su campo de visión al estar en la otra vertiente de los cortados donde se ubica la plataforma. Otras especies de interés observadas sobre la superficie de implantación de las PSFV son:

- aguilucho lagunero occidental
- aguilucho pálido,
- milano real,
- milano negro,
- culebrera europea,
- águila calzada, entre otras.

6.2.4 Línea eléctrica

La línea de evacuación Hojarasca, la cual transcurre desde los proyectos del expediente PFot 183 AC a la SET Henares, ubicada entre las dos PSFV del expediente PFot 201 AC, cruza por la ZRA-03 “Cultivos cerealistas al noreste de Santorcaz y oeste de Pozo de Guadalajara” y el Corredor de los Yesos. En base al impacto generado respecto al trayecto del tramo aéreo por esta área protegida, dada la sensibilidad por parte de avutardas y sisones a las colisiones con líneas eléctricas, se propone soterrar el tramo que discurre por el

corredor del Yeso, coincidiendo con la delimitación de la ZRA-03 dada la presencia de un importante número de ejemplares de avutarda y sisón, resultando en una longitud de 2,2 km del total (Figura 1).

La mayor parte de la línea discurre sobre hábitats de campeo y alimentación para las aves esteparias como avutarda común, aguilucho cenizo o aguilucho lagunero, y aves rapaces como águila imperial ibérica, águila perdicera, águila real, buitre negro o leonado, entre otras.

De forma global, se puede concluir que la línea presenta un impacto significativo sobre especies como la avutarda, el sisón común o el águila imperial, particularmente por el riesgo de colisión, lo cual requiere la adopción de medidas correctoras de probada eficacia para minimizar este impacto, así como medidas compensatorias. Destacar que se propone la posibilidad de soterramiento de la parte de la línea eléctrica que discurre por el corredor de los yesos al noreste de Santorcaz, donde además hay una presencia muy significativa de sisón común y avutarda.

Respecto a la línea Valdepozuelo, discurre por una zona sin presencia significativa de especies de interés y, pese a discurrir totalmente en aéreo, no parece presentar un alto riesgo de colisión para la avifauna.

6.3 Resumen de los impactos detectados sobre la avifauna

Cabe destacar, inicialmente, que de manera previa se han evaluado distintas ubicaciones para las plantas analizadas, en función de las observaciones de las especies de interés registradas en el ámbito de estudio, así como de la información facilitada por la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Agricultura de la Comunidad de Madrid, además de la información proporcionada por los alegantes durante la fase de información pública, habiéndose reducido y reubicado las superficies de las PSFV en determinados casos a parcelas y emplazamientos con una posible menor afección a la avifauna.

No obstante, dada la notoria importancia ornitológica del ámbito de estudio, se ha de señalar que el desarrollo, tanto de manera individual como, especialmente, de manera conjunta, de las PSFV planteadas, podría ocasionar una afección significativa a determinadas especies amenazadas, particularmente a aves rapaces como el águila imperial ibérica, o águila real, así como a aves esteparias como **el sisón común, la avutarda común, el aguilucho cenizo o el cernícalo primilla o**, además de otras especies amenazadas como el milano real. En este sentido, resulta relevante indicar que las PSFV indicadas, como “Collarada Solar” y “Maladeta Solar”, del expediente Pof 180 AC, y “Obenque Solar” y “Cruceta Solar”, del expediente PFot 183 AC, sobre todo, y la LAAT “Hojarasca”, afectan a alguna de las Zonas de Interés para Aves (ZRA) delimitadas en el presente Informe, en función de los resultados de los censos realizados en el marco del presente estudio y de la información aportada por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

Con todo ello, se puede concluir que:

- La implantación de las instalaciones “Collarada Solar” y “Maladeta Solar”, del expediente PFot 180 AC, y “Obenque Solar” y “Cruceta Solar”, del expediente PFot 183 AC, sobre todo, y la LAAT “Hojarasca” podría ocasionar una afección significativa a especies de interés, especialmente a aves ligadas a medios

abiertos y esteparios, y a diversas rapaces presentes en el área de estudio, vinculada a una pérdida directa e indirecta de hábitat, o a la instalación de elementos que introducen el riesgo de colisión (línea eléctrica).

- Con respecto a especies de carácter estepario y catalogadas como Vulnerables bien en el CEEA o en los CREA autonómicos, se verían afectados territorios de presencia permanente y de importancia para avutarda y el sisón común, además de incrementar el riesgo de colisión de ambas especies con la línea de evacuación. Además, también se constata la afección a amplias zonas de campeo de águila imperial ibérica y águila real y, de forma más localizada otras especies de rapaces como el aguilucho cenizo o el aguilucho lagunero.
- Por lo que respecta, concretamente, a las diferentes PSFV planteadas, las plantas con una posible mayor afección sobre la avifauna serían previsiblemente Collarada Solar, al sureste, por su afección al sisón común y Obenque Solar y Cruceta Solar al norte, por su afección al águila imperial ibérica, si bien ninguna de las plantas propuestas está exenta de afectar a alguna de las especies de interés del ámbito de estudio.
- En lo que respecta a la línea de evacuación, se propone soterrar el tramo que discurre por la ZRA-03 “Cultivos cerealistas al noreste de Santorcaz y oeste de Pozo de Guadalajara” y el Corredor de los Yesos, dada la sensibilidad por parte de avutardas y sisones a las colisiones con líneas eléctricas. No obstante, parte del trazado atraviesa áreas con una notable presencia de especies de interés, tales como el águila imperial ibérica, de la cual se han registrado numerosos ejemplares en el entorno de la línea, en la franja norte de Santorcaz.
- Considerando los resultados obtenidos, se deberán contemplar medidas preventivas, correctoras y compensatorias, dirigidas a la protección de las especies de mayor relevancia potencialmente afectadas por los proyectos.

7 CONCLUSIONES

En última instancia se presentan las conclusiones del presente informe. Como se indicaba en la Introducción, y como se ha ido desglosando en los distintos apartados correspondientes a los resultados del presente Informe, durante los censos realizados hasta la fecha se ha obtenido una serie de datos de relevancia y de gran interés para la planificación, diseño y evaluación de los proyectos.

- Para la elaboración del presente informe, se ha hecho uso de los resultados de los trabajos de campo específicos realizados Biodiversity Node S.L. para la elaboración del “Estudio anual de aves para las plantas solares fotovoltaicas “Loeches, San Fernando Y Anchuelo”, Comunidad de Madrid” y “Estudio anual de aves para plantas solares fotovoltaicas y las infraestructuras comunes de evacuación de los nudos “Cisneros 220 y Alcalá II 220” en Guadalajara”(Biodiversity Node y SECIM, 2020a) durante los ciclos anuales referentes a los años 2020 y 2021; Así mismo, se han utilizado los datos aportados como alegaciones por distintas entidades a los proyectos fotovoltaicos propuestos en la comarca “Alcarria de Alcalá”, como la ONG GREFA (2021), dada la presencia de algunas especies de interés en el ámbito de estudio, destacando especialmente el águila perdicera, el águila imperial ibérica o el buitre negro, así como los datos aportados por la asociación Grupo Tagonius, referentes a los registros de águila real mediterránea en el entorno de los complejos fotovoltaicos del nudo "San Fernando-Loeches-Anchuelo-Ardoz (Tagonius, 2021)", localizados en la Alcarria madrileña.
- Las plantas solares fotovoltaicas (PSFV) proyectadas, correspondientes a los expedientes PFot 180 AC, PFot 183 AC y PFot 201 AC del presente informe abarcan una superficie de 1.095, 83 ha.
- La longitud total de la LEAT “Hojarasca” es de 10,9 km. La longitud total de la LEAT “Valdepozuelo”, es de 3,6 km.
- Las especies de mayor interés detectadas, durante los censos, han sido: avutarda común, sisón común, águila imperial ibérica, águila perdicera, milano real, buitre negro, buitre leonado, aguilucho cenizo, cernícalo primilla, elanio común, aguilucho pálido, aguilucho lagunero occidental, cigüeña blanca, culebrera europea, águila calzada, milano negro, carraca europea y chova piquirroja.
- Se han identificado las siguientes Zonas Relevantes para la Avifauna (ZRA), por su relevancia para determinadas especies de aves:
 - o ZRA-01. “Cerros y laderas entre Los Santos de la Humosa y Alcalá de Henares”
 - o ZRA-02. ““Cultivos y vegas entre Torres de la Alameda y el río Henares”
 - o ZRA-03. “Cultivos cerealistas al noreste de Santorcaz y oeste de Pozo de Guadalajara”
- La ZRA 02 se vería directamente afectada por las plantas “Collarada Solar” y “Maladeta Solar”, del expediente PFot 180 AC.
- Parte de la línea eléctrica de evacuación atraviesa el Corredor Ecológico de los Yesos y la ZRA-03 con una notable presencia de aves esteparias de interés como el sisón común, avutarda común o aguilucho

cenizo, pero también de grandes aves planeadoras, como el águila imperial ibérica, milano real o buitre negro. En base al impacto generado, se ha propuesto como medida correctiva el soterramiento el tramo de la línea que discurre por el Corredor de los Yesos y la ZRA-03, las zonas más sensibles en el entorno del ámbito del proyecto respecto a presencia de sisón común y avutarda común.

- Las plantas con una posible mayor afección sobre la avifauna serían previsiblemente Collarada Solar, al sureste, y Obenque Solar y Cruceta Solar al norte, si bien ninguna de las plantas propuestas está exenta de afectar a alguna de las especies de interés del ámbito de estudio.
- Con respecto a especies de carácter estepario y catalogadas como Vulnerables bien en el CEEA o en los CREA autonómicos, se verían afectados territorios de presencia permanente y de importancia para el sisón común y la avutarda, además de incrementar el riesgo de colisión de ambas especies con la línea de evacuación.
- Otras especies de interés afectadas de modo significativo por las plantas fotovoltaicas planteadas serían águila imperial ibérica (En Peligro de Extinción a nivel nacional y regional), aguilucho cenizo (Vulnerable a nivel nacional y regional), cernícalo primilla, aguilucho lagunero occidental, águila calzada y culebrera europea, entre otros.
- Considerando los resultados obtenidos, se deberán contemplar medidas preventivas, correctoras y compensatorias, dirigidas a la protección de las especies de mayor relevancia potencialmente afectadas por los proyectos.

8 BIBLIOGRAFÍA

- ABS Energy Research. 2008. *The TyD Report*. London UK: ABS Energy Research.
- Alonso, J. C. y Alonso, J. A. (Eds.). 1990. *Parámetros demográficos, selección de hábitat y distribución de la Avutarda en tres regiones españolas*. ICONA. Madrid.
- Alonso, J. C.; Palacín, C. y Martín, C. A. (Eds.). 2005. *La Avutarda Común en la Península Ibérica: población actual y método de censo*. SEO/BirdLife. Madrid.
- Alonso, R. y Orejas, P. 2004. *Estatus y distribución del búho campestre (Asio flammeus) en la Comunidad de Madrid*. En: De la Puente, J.; Pérez-Tris, J.; Juan, M. y Bermejo, A. (ed.) 2005. *Anuario Ornitológico de Madrid 2004*. SEO-Monticola. Madrid.
- Área de Información Ambiental y coordinación de contenidos web. 2019. *Diagnóstico Ambiental 2018*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del territorio. Comunidad de Madrid.
- Área de Información Ambiental y coordinación de contenidos web. 2020. *Diagnóstico Ambiental 2019*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del territorio. Comunidad de Madrid.
- Arroyo, B., Molina, B. y Del Moral, J. C. 2019. *El aguilucho cenizo y el aguilucho pálido en España. Población reproductora en 2017 y método de censo*. SEO/BirdLife. Madrid.
- Bagli, S., Geneletti, D., y Orsi, F. 2011. Routeing of power lines through least-cost path analysis and multicriteria evaluation to minimise environmental impacts. *Environmental Impact Assessment Review*, 31 (3): 234–239.
- Barrientos, R.; Alonso, J. C.; Ponce, C. y Palacín, C. 2011. Meta-analysis of the effectiveness of marked wire in reducing avian collisions with power lines. *Conservation Biology*, 25 (5): 893-903
- Barrientos, R.; Ponce, C.; Palacín, C.; Martin, C. A.; Martin, B. y Alonso, J. C. 2012. Wire marking results in a small but significant reduction in avian mortality at power lines: a BACI designed study. *PloS one*, 7 (3): e32569
- Bernardino, J.; Bevanger, K.; Barrientos, R.; Dwyer, J. F.; Marques, A. T.; Martins, R. C.; Shaw, J. M.; Silva, J. P. y Moreira, F. 2018. Bird collisions with power lines: State of the art and priority areas for research. *Biological Conservation*, 222: 1-13.
- Bevanger, K. 1994. Bird interactions with utility structures: Collision and electrocution, causes and mitigating measures. *Ibis*, 136 (4): 412-425.
- Bevanger, K., y Brøseth, H. 2001. Bird collisions with power lines – an experiment with ptarmigan (*Lagopus* spp.). *Biological Conservation*, 99: 341–346.
- Bibby, C. J.; Burgesss, N. D.; Hill, D. A. y Mustoe, S. 2000. *Bird Census Techniques*. Academic Press. London.

Biodiversity Node y SECIM. 2020a. *Estudio anual de aves para plantas solares fotovoltaicas y las infraestructuras comunes de evacuación de los nudos “Cisneros 220 y Alcalá II 220” en Guadalajara*. Informe inédito para IGNIS Energía.

Biodiversity Node y SECIM. 2020b. *Estudio anual de aves para las PSFV nudos “Loeches, San Fernando y Anchuelo”, Comunidad de Madrid*. Informe inédito para IGNIS Energía.

BirdLife International (2020) *Species factsheet: Milvus milvus*. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 20/06/2020

Blanco, G. 2003. *Chova piquirroja*. En: Martí, R. y del Moral, J. C. (Eds.). 2003. *Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza - SEO/Birdlife. Madrid

Boroski, B. B. 2019. *Solar Energy. A technology with multi-scale oportunities to integrate wildlife conservation*. En *Renewable Energy and Wildlife Conservation*, Editado por Moorman, C. E., Grodsky, S. M. y Rupp, S. Págs: 177-197. John Hopkins University Press. Baltimore.

Bustamante, J., Molina, B. y Del Moral, J. C. (Eds.), 2020. [Borrador] El cernícalo primilla en España, población reproductora en 2016-18 y método de censo. SEO/BirdLife. Madrid.

Cuevas, J. A. y Blanco, G. (2015). *Chova piquirroja – Pyrrhocorax pyrrhocorax*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Salvador, A., Morales, M. B. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>.

D'Amico, M.; Martins, R. C.; Álvarez-Martínez, J. M.; Porto, M.; Barrientos, R. y Moreira, F. 2019. Bird collisions with power lines: Prioritizing species and areas by estimating potential population-level impacts. *Diversity and Distributions*, 25 (6): 975-982.

De Juana, E. 2005. *Steppe birds: a characterization*. En: *Ecology and conservation of steppe-land birds*, Editado por Bota, G., Morales, M. B., Mañosa, S. y Camprodón, J. Págs: 25-48. Lynx Edicions y Centre Tecnologic Forestal de Catalunya. Barcelona.

Del Moral, J. C. (Ed.). 2009. El águila real en España. Población reproductora en 2008 y método de censo. SEO/BirdLife. Madrid.

Del Moral, J. C. (Eds.) 2017. El buitre negro en España, población reproductora en 2017 y método de censo. SEO/BirdLife. Madrid.

Del Moral, J. C. y Molina, B. (Eds.) 2018. El águila perdicera en España, población reproductora en 2018 y método de censo. SEO/BirdLife. Madrid.

Del Moral, J. C. y Molina, B. (Eds.) 2018b. El buitre leonado en España, población reproductora en 2018 y método de censo. SEO/BirdLife. Madrid.

Domínguez, A. 2020. *Alcaraván común (Burhinus oedicnemus): Alrededor de 100 aves en una planta de energía solar fotovoltaica en la campiña de Salteras, Sevilla, el 24 de octubre de 2019*. Ardeola, 67(1): 204.

Estudio anual de avifauna en el emplazamiento y entorno de los Proyectos de los Nudos Torrejón 220 y 400 kV ubicados en la Comunidad de Madrid y provincia de Toledo. AEMA Energy & Environment para IGNIS Desarrollo S.L., 23 de abril de 2021.

García de la Morena, E. L.; Bota, G.; Mañosa, S. y Morales, M. B. 2018. *El sisón común en España. II censo Nacional (2016)*. SEO/BirdLife. Madrid.

García de la Morena, E. L.; Bota, G.; Ponjoan, A. y Morales, M. B. 2006. *El sisón común en España. I Censo Nacional (2005)*. SEO/BirdLife. Madrid.

García de la Morena, E. L.; Morales, M. B.; de Juana, E. y Suárez, F. 2007. Surveys of wintering Little Bustards *Tetrax tetrax* in central Spain: distribution and population estimates at regional scale. *Bird Conservation International*, 17: 23-34.

GREFA. 2021. *Estudio sobre especies de rapaces protegidas presentes en la comarca "Alcarria de Alcalá". Afección de la instalación de plantas solares fotovoltaicas y sus líneas de evacuación*. Informe inédito.

Grodsky, S. M.; Moore-O'Leary, K. A. y Hernandez, R. R. 2017. *From butterflies to bighorns: Multi-dimensional species-species and species-process interactions may inform sustainable solar energy development in desert ecosystems*. En: 31st Annual Desert Symposium.

Hernández, R. R.; Easter, S. B.; Murphy-Mariscal, M. L.; Maestre, F. T.; Tavassoli, M.; Allen, E. B.; Barrows, C. W.; Belnap, J.; Ochoa-Hueso, R.; Ravi, S. y Allen, M. F. 2014. Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29: 766-779.

Hernández, R. R.; Hoffacker, M. K.; Murphy-Mariscal, M. L.; Wu, G. C. y Allen, M. F. 2015. Solar energy development impacts on land cover change and protected areas. 112 (44): 13579-13584.

Indyca. 2021. *Proyecto solar fotovoltaico nudo "San Fernando–Loeches–Anchuelo– Ardoz" Anexo 3. Inventario de avifauna*. Informe inédito para IGNIS Energía.

Iñigo, A., B. Barov (2010). *Action plan for the lesser kestrel Falco naumanni in the European Union*, 55 p. SEO|BirdLife and BirdLife International for the European Commission.

Janss, G. F. E. y Ferrer, M. 1998. Rate of bird collision with power lines: effects of conductor-marking and static wire-marking. *Journal of Field Ornithology*, 69 (1): 8-17

Janss, G. F. E., & Ferrer, M. (2000). Common crane and great bustard collision with power lines: Collision rate and risk exposure. *Wildlife Society Bulletin*, 28(3): 675–680.

Jenkins, A. R., Smallie, J. J., y Diamond, M. 2010. Avian collisions with power lines: A global review of causes and mitigation with a South African perspective. *Bird Conservation International*, 20 (3): 263–278.

Loss, S. R., Will, T., y Marra, P. P. 2014. Refining estimates of bird collision and electrocution mortality at power lines in the United States. *PLoS ONE*, 9 (7): e101565.

Lovich, J. E. y Ennen, J. R. 2011. Wildlife conservation and solar energy development in the desert southwest, United States. *BioScience*, 61 (12): 982-992.

Marcelino, J.; Moreira, F.; Mañosa, S.; Cuscó, F.; Morales, M. B.; García de la Morena, E. L.; Bota, G.; Palmeirim, J. M. y Silva, J. P. 2017. Tracking data of the Little Bustard *Tetrax tetrax* in Iberia shows high anthropogenic mortality. *Bird Conservation International*: 1-12.

Marques, A.T.; Martins, R.C.; Silva, J.P; Palmeirim, J. M. y Moreira, F. 2020. Power line routing and configuration as major drivers of collision risk in two bustard species. *Oryx*: 1-10. doi: 10.1017/S0030605319000292.

Martí, R. y del Moral, J. C. (Eds.). 2003. *Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza - SEO/Birdlife. Madrid.

Martín, B. 2008. *Dinámica de población y viabilidad de la avutarda común en la Comunidad de Madrid*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

Molina, B. (Ed.) 2015. *El milano real en España. III Censo Nacional. Población invernante y reproductora en 2014 y método de censo*. SEO/BirdLife. Madrid.

Molina, B. y Del Moral, J. C. 2005. *La Cigüeña Blanca en España. VI Censo Internacional (2004)*. SEO/BirdLife. Madrid.

Molina, B., Ponce, C., SEO-Monticola, Agentes Forestales y otros. 2020. *Ardeola*, 67(1): 204.

Molina, B. y Martínez, F. 2008. *El aguilucho lagunero en España. Población en 2006 y método de censo*. SEO/BirdLife. Madrid.

Montag, H.; Parker, G. y Clarkson, T. 2016. *The Effects of Solar Farms on Local Biodiversity. A Comparative Study*. Clarkson and Woods and Wychwood Biodiversity.

Moorman, C. E.; Grodsky, S. M. y Rupp, S. (Eds.). 2019. *Solar Energy. A technology with multi-scale opportunities to integrate wildlife conservation, Renewable Energy and Wildlife Conservation*. John Hopkins University Press. Baltimore.

Morales, P. 2018. *Evolución histórica de la nidótica y los parámetros reproductivos en poblaciones de cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*) del sureste de la provincia de Madrid*. Trabajo Fin de Grado. Universidad Complutense de Madrid.

Morkill, A. E., y Anderson, S. H. 1991. Effectiveness of marking powerlines to reduce sandhill crane collisions. *Wildlife Society Bulletin*, 19(4): 442-449.

Mougeot, F., Fernández-Tizón, M., Tarjuelo, R., Benítez-López, A. y Jiménez, J. 2021. *La ganga ibérica y la ganga ortega en España, población reproductora en 2019 y método de censo*. SEO/BirdLife. Madrid

Museo Nacional de Ciencias Naturales – CSIC, 2020. *Proyecto avutarda. Distribución ibérica*. Descargado de <http://www.proyectoavutarda.mncn.csic.es> el 17/07/2020.

Palacín, C., Martín, C. A., Martín, B., Ponce, C. y Sastre, P. 2006. *Abundancia y distribución invernal de la ganga ortega (*Pterocles orientalis*) y ganga ibérica (*Pterocles orientalis*) en la Comunidad de Madrid*. En: De la Puente, J.; Pérez-Tris, J.; Juan, M. y Bermejo, A. (ed.) 2006. *Anuario Ornitológico de Madrid 2005*. SEO-Monticola. Madrid.

- Palomino, D. 2006. *El milano negro en España. I Censo Nacional (2005)*. SEO/BirdLife. Madrid.
- Palomino, D. y Valls, J. 2011. Las rapaces forestales en España. Población reproductora en 2009-2010 y método de censo. SEO/BirdLife. Madrid.
- Pastor, Á. Reyes-González, J.M., Seoane, J., Ponce, C. y Calleja, J. (2006). *Censo y seguimiento del Elanio Común (Elanus caeruleus) en la Comunidad de Madrid*. Poster. <https://www.researchgate.net/publication/277300859>.
- Pérez-García, J. M.; Sebastián-González, E.; Botella, F. y Sánchez-Zapata, J. A. 2016. Selecting indicator species of infrastructure impacts using network analysis and biological traits: Bird electrocution and power lines. *Ecological Indicators*, 60: 428-433.
- Raab, R., Schütz, C., Spakovszky, P., Julius, E., y Schulze, C. H. 2012. Underground cabling and marking of power lines: Conservation measures rapidly reduced mortality of West-Pannonian great bustards Otis tarda. *Bird Conservation International*, 22 (3): 299-306.
- REN21. 2016. *Renewables 2016 global status report*. https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REN21_GSR2016_FullReport_en_11.pdf
- Salgado, I. 2018. *Estado de conservación de la carraca europea (Coracias garrulus) en la Comunidad de Madrid: En peligro de extinción*. En: Juan, M.; De la Torre, V. y Pérez-Granados, C. (Eds.) 2018. *Anuario Ornitológico de Madrid 2015-2017*. SEO-Monticola. Madrid.
- SECIM y Biodiversity Node. 2020. *Censos de avutarda del proyecto plantas solares fotovoltaicas Madrid–Toledo-Guadalajara en invierno y primavera (leks)*. Informe inédito para IGNIS Energía.
- Biodiversity Node. 2021. *Censos de avutarda del proyecto plantas solares fotovoltaicas Madrid–Toledo-Guadalajara en invierno y primavera (leks)*. Informe inédito para IGNIS Energía.
- Suárez, F., Hervás, I., Herranz, J. y Del Moral, J. C. 2006. *La ganga ibérica y la ganga ortega en España: población en 2005 y método de censo*. SEO/BirdLife. Madrid.
- Tagonius. 2021. *Incidencia sobre parejas reproductoras de águila real mediterránea (Aquila chrysaetos homeyeri) de la posible instalación de plantas solares fotovoltaicas en comarca "Alcarria Madrileña"*. Informe inédito.
- Tellería, J.L. 1986. *Manual para el censo de vertebrados terrestres*. Raíces. Madrid.
- Vidal-Mateo, J.; Romero, M. y Urios, V. 2019. How can the home range of the Lesser Kestrel be affected by a large civil infrastructure? *Avian Research*, 10 (1): 10.
- Zuberogoitia, I. y Campos, L. F. 1998. Censusing owls in large areas: a case study. *Ardeola*, 45: 47-53.

ANEXO I. CARTOGRAFÍA.

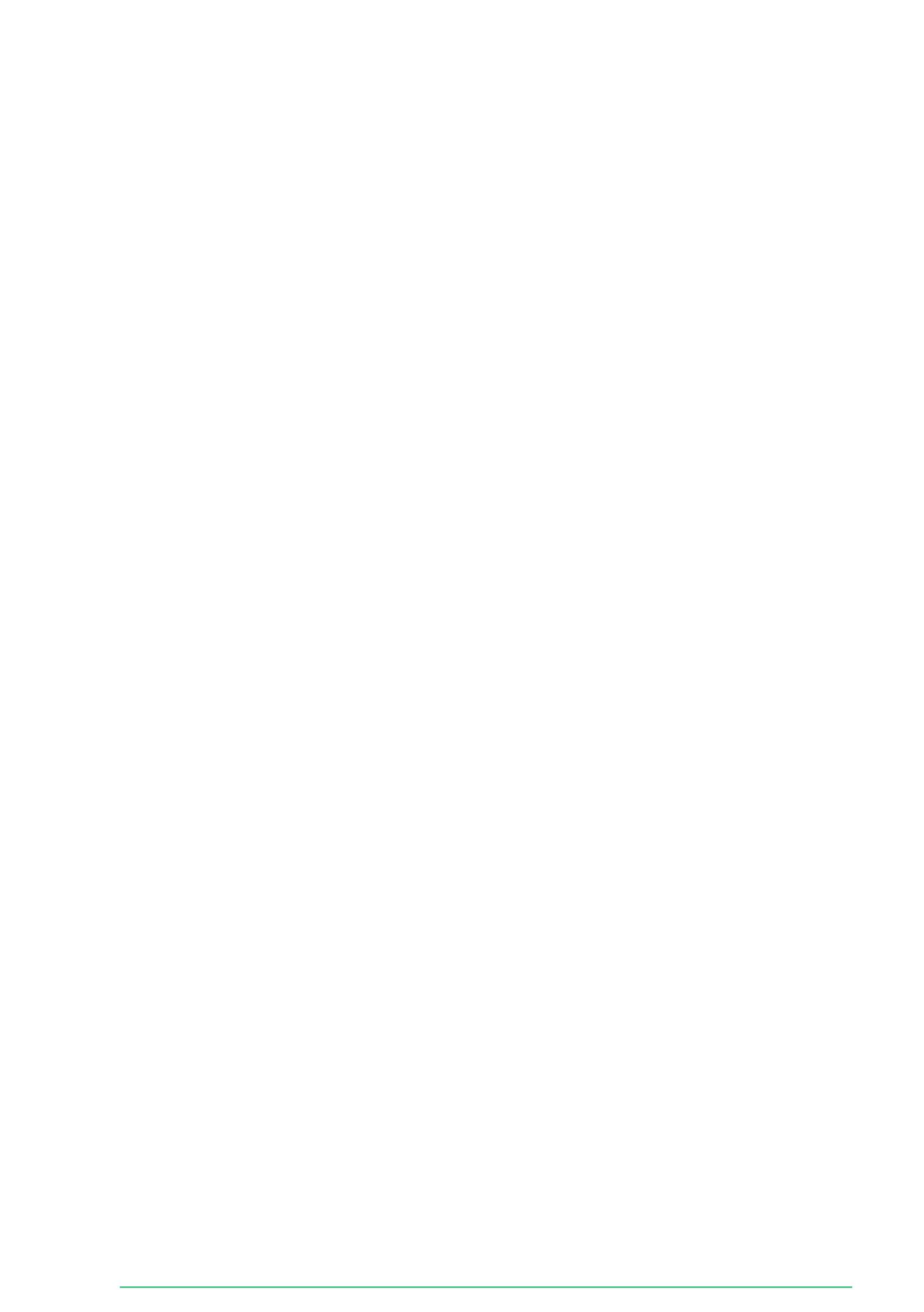
Plano 1. Área de estudio

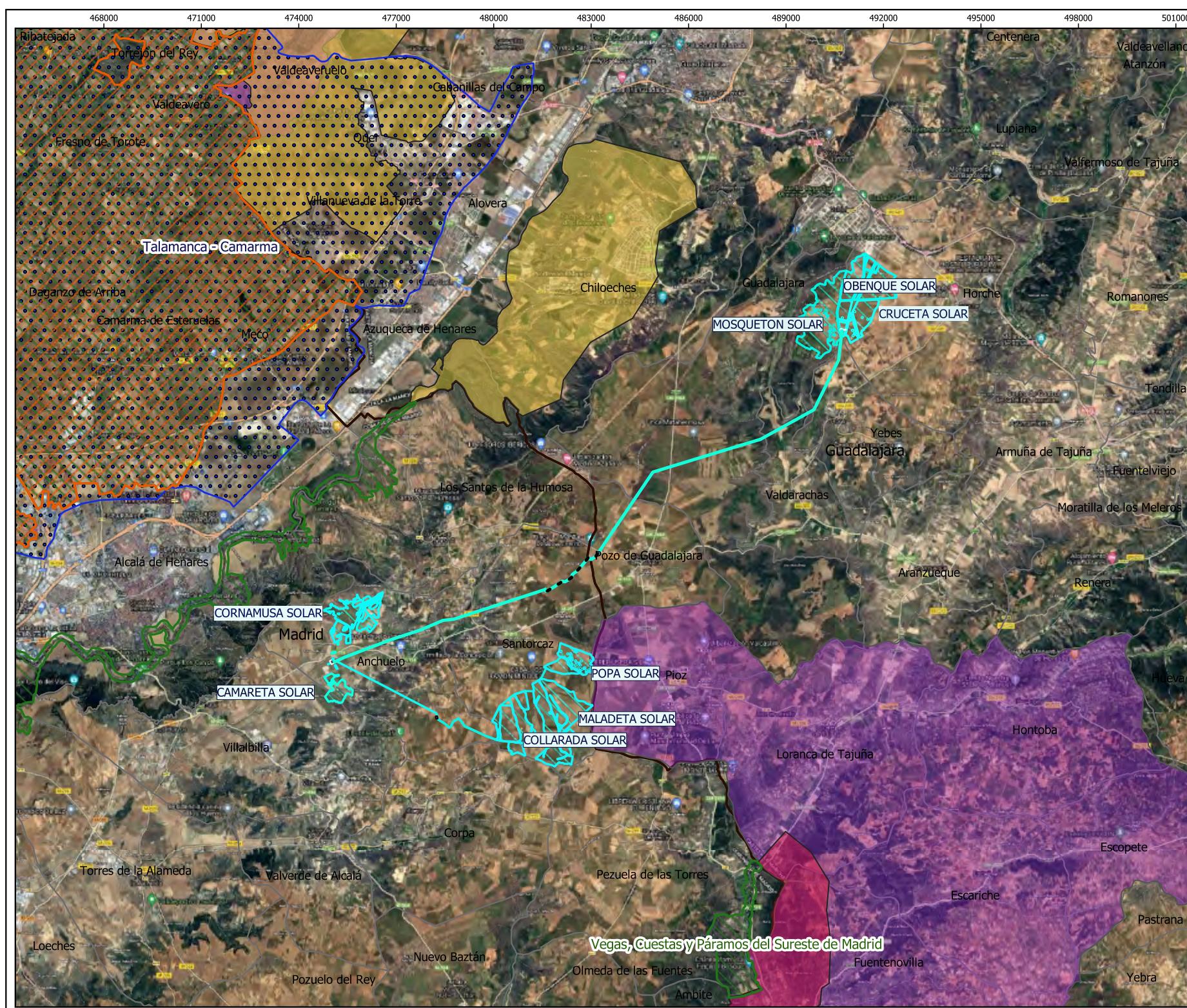
Plano 2. Corredores Ecológicos.

Plano 3. Distribución espacial de Especies rapaces de Interés.

Plano 4. Distribución espacial de Especies esteparias de Interés.

Plano 5. Nidos Especies rapaces de Interés.





ESTUDIO ANUAL DE AVES PARA LAS
PSFV Y LÍNEA ELÉCTRICA DE
EVACUACIÓN DE LOS EXPEDIENTES
PFot180 AC, PFot181 AC y PFot201
AC, MADRID Y GUADALAJARA

Plano 1. Ámbito de Estudio



LEYENDA

- Implantaciones
- LSMT Hojarasca
- LAAT Hojarasca - SET Henares
- LSMT
- Términos municipales
- Límites provinciales

Red Natura 2000

- ZEPA

- ZEC

Espacios Naturales Interés

- IBA

Planes Recuperación Especies Amenazadas

- Área crítica Águila perdicera
- Zona dispersión Águila perdicera
- Zona Importancia Águila imperial

Ingeniería

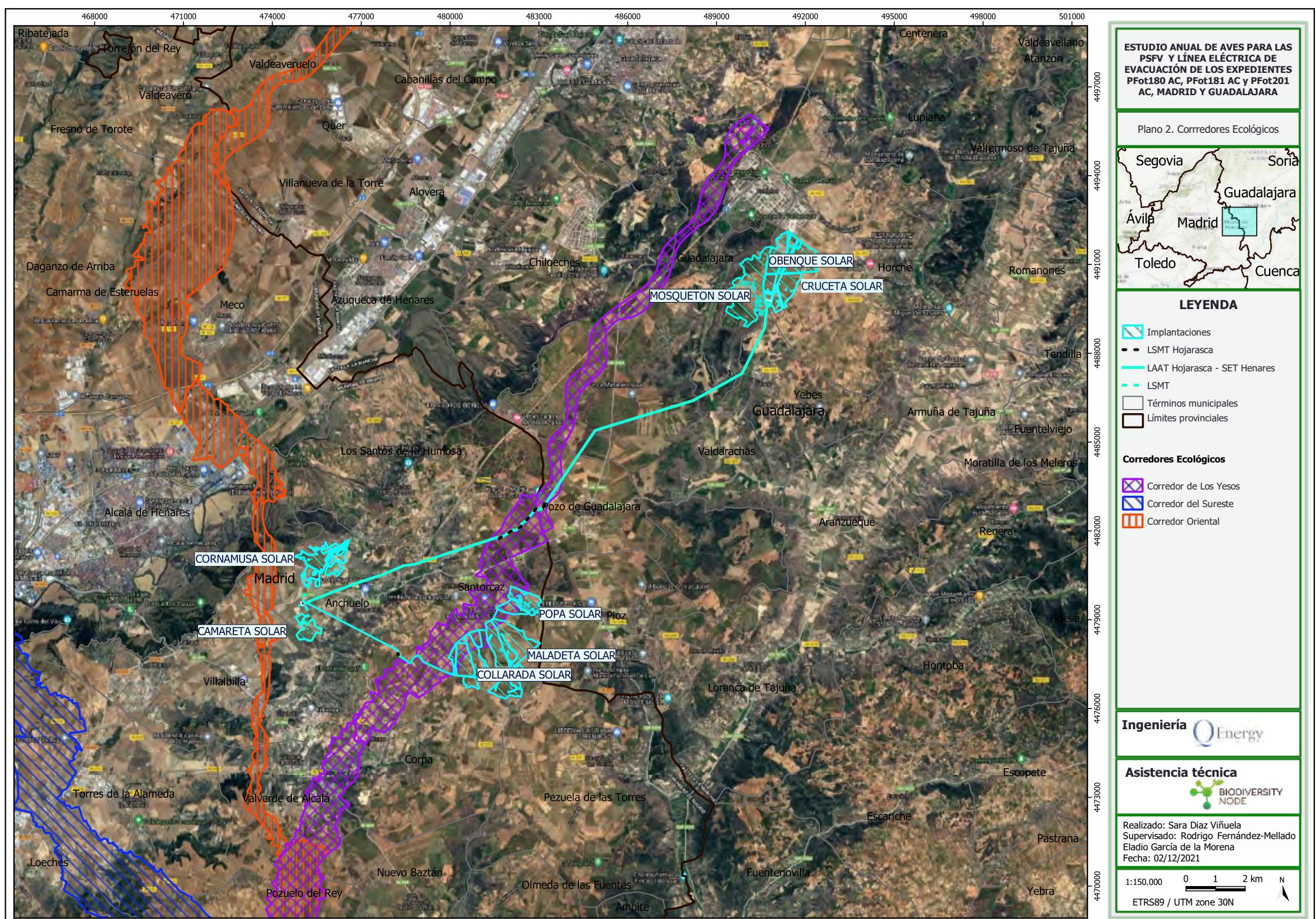


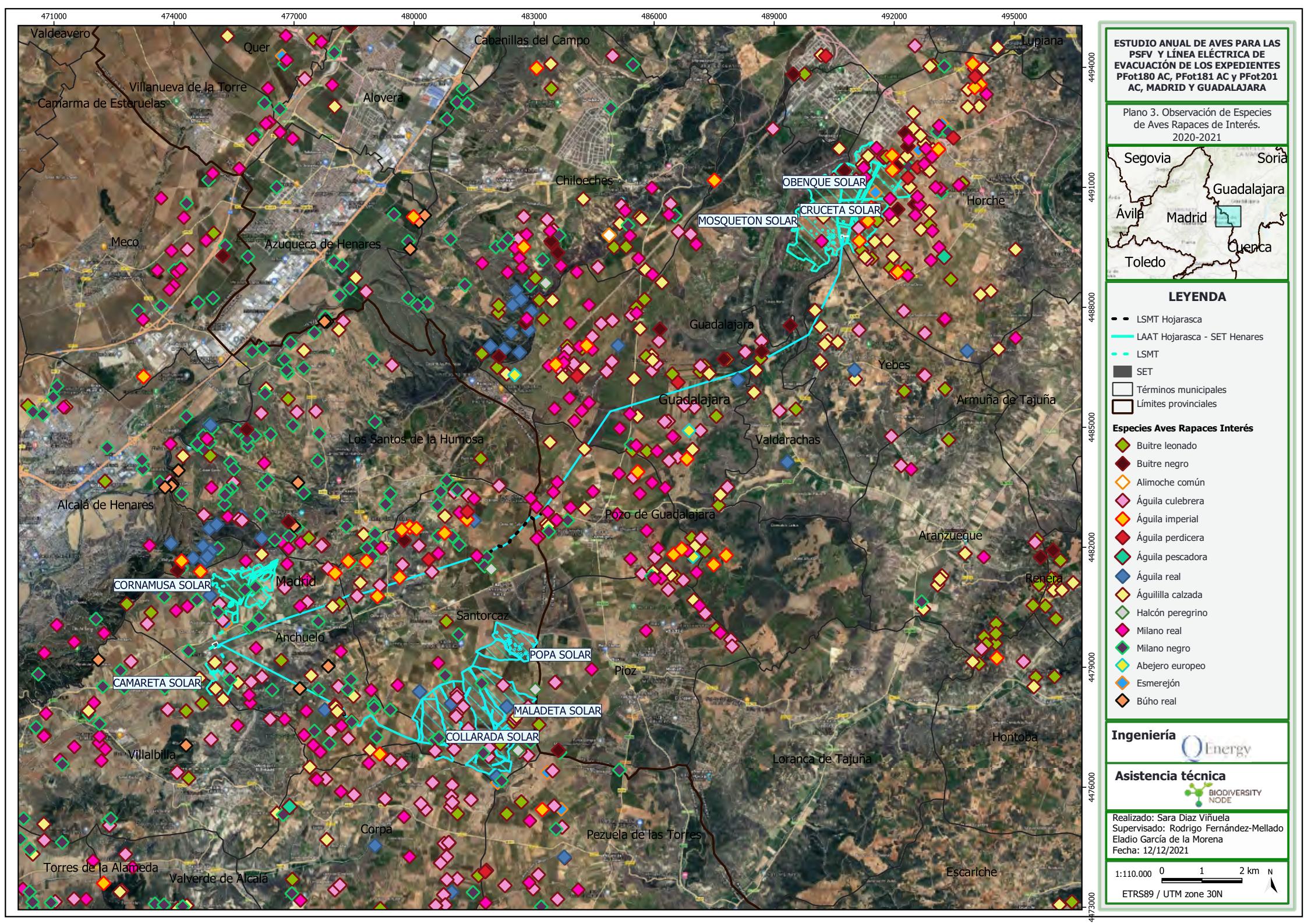
Asistencia técnica

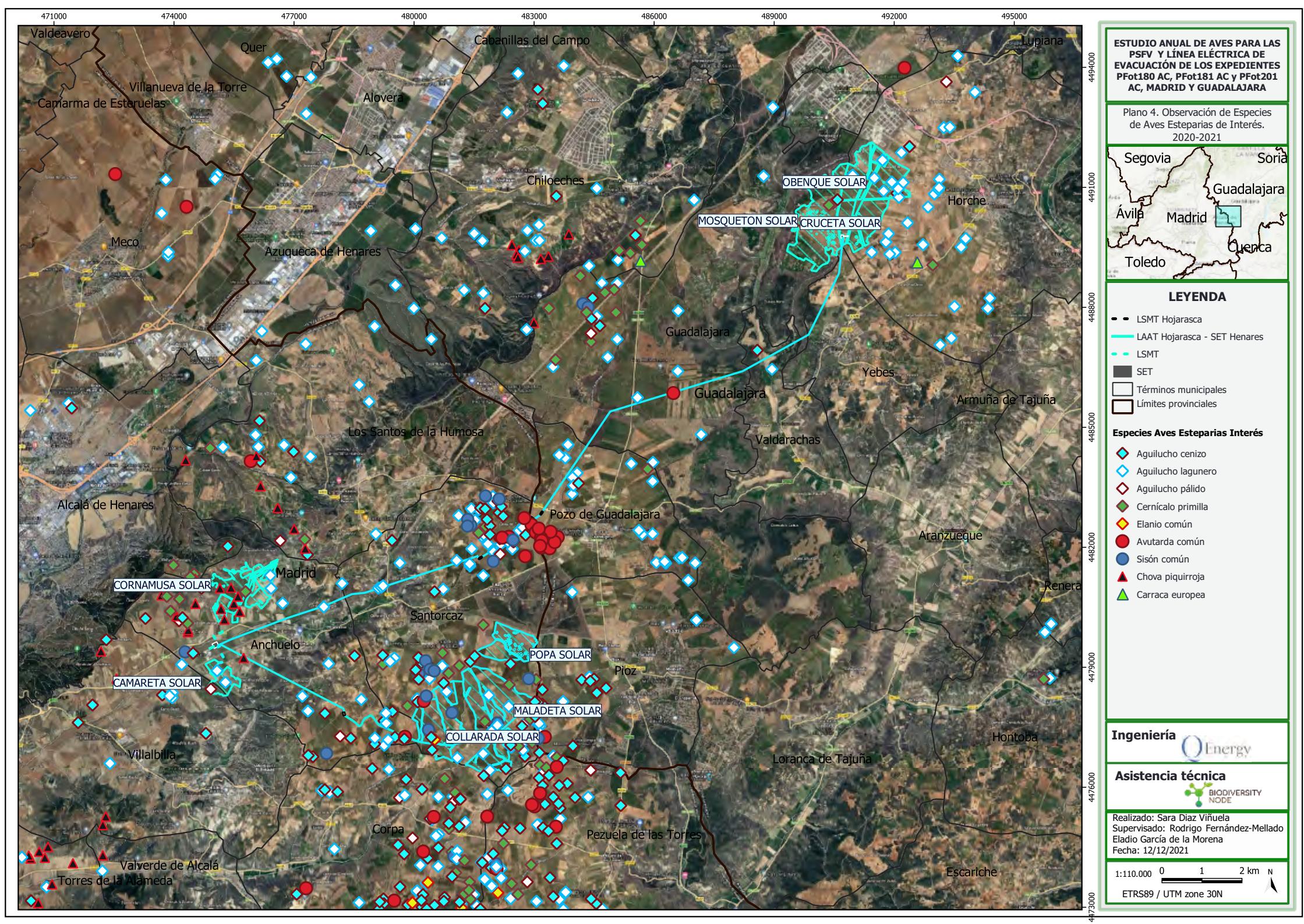


Realizado: Sara Diaz Viñuela
Supervisado: Rodrigo Fernández-Mellado
Eladio García de la Morena
Fecha: 02/12/2021

1:150.000 0 1 2 km
ETRS89 / UTM zone 30N









ESTUDIO ANUAL DE AVES PARA LAS PSFV Y LÍNEA ELÉCTRICA DE EVACUACIÓN DE LOS EXPEDIENTES PFot180 AC, PFot181 AC y PFot201 AC, MADRID Y GUADALAJARA

Plano 5. Nidos de Especies de Aves
Rapaces de Interés. 2020-2021



LEYENDA

- LSMT Hojarasca
 - LAAT Hojarasca - SET Henares
 - LSMT
 - SET
 - Términos municipales
 - Límites provinciales

Nidos Especies Aves Rapaces Interés

-  Territorio 1x1 Águila real
 -  Territorio 1x1 Águila imperial
 -  Territorio 1x1 Águila perdicera
 -  Aguililla calzada
 -  Búho real
 -  Busardo ratonero
 -  Cernícalo vulgar
 -  Milano negro

Ingeniería



Asistencia técnica



Realizado: Sara Díaz Viñuela
Supervisado: Rodrigo Fernández-Mellado
Eladio García de la Morena
Fecha: 12/12/2021

1:150.000 0 1 2 km N
ETRS89 / UTM zone 30N



Anexo VII. Estudio de Paisaje de Camareta Solar y Cornamusa Solar

Contenido

1 OBJETO Y ALCANCE.....	3
2 MARCO DE REFERENCIA	3
3 BASES METODOLÓGICAS	4
4 INVENTARIO PRELIMINAR	5
4.1 INTERPRETACIÓN GENERAL DEL PAISAJE EN EL ÁMBITO DE ACTUACIÓN. CLAVES DEL CARÁCTER PAISAJÍSTICO.....	6
4.1.1 Claves del carácter paisajístico de índole natural	6
4.1.2 Claves del carácter paisajístico de índole cultural.....	7
4.2 DESCRIPCIÓN DE ÁMBITOS PAISAJÍSTICOS	8
4.2.1 Descripción de las unidades de paisaje y sus principales subunidades paisajísticas.....	10
4.3 CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE EN UNIDADES FISIOGRÁFICAS.....	13
4.4 ÁREAS Y ENCLAVES DE SINGULARIDAD PAISAJÍSTICA.....	15
4.4.1 Áreas sensibles de interés paisajístico.....	15
4.4.2 Enclaves de interés paisajístico	16
4.4.3 Identificación de elementos y áreas distorsionantes del paisaje.....	19
4.5 ANÁLISIS DE PERCEPTIBILIDAD DEL ÁMBITO DE ESTUDIO.....	20
4.5.1 Intervisibilidad general	21
4.5.2 Visibilidad desde las carreteras presentes en el ámbito de estudio	22
4.5.3 Visibilidad desde las sendas paisajísticas presentes en el ámbito de estudio	23
4.5.4 Visibilidad desde los miradores presentes en el ámbito de estudio	24
4.5.5 Intervisibilidad de observación cualificada	25
4.5.6 Estimación de la intervisibilidad ponderada total del ámbito de estudio.....	26
4.6 ANÁLISIS DE LA CALIDAD PAISAJÍSTICA DEL ÁMBITO DE ESTUDIO	27
5 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE ESPECIAL INCIDENCIA PAISAJÍSTICA (PEIP).....	32
5.1 CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE ESPECIAL INCIDENCIA PAISAJÍSTICA (PEIP)	32
5.2 CRITERIO 1. IDENTIFICACIÓN DE PEIP EN DISTANCIAS MEDIAS	34
5.3 CRITERIO 2. IDENTIFICACIÓN DE PEIP EN DISTANCIAS CORTAS	37
6 INVENTARIO DE DETALLE. EVALUACIÓN DE EFECTOS Y MEDIDAS DE INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA	38
6.1 ANÁLISIS DE DETALLE DE LOS PUNTOS DE ESPECIAL INCIDENCIA PAISAJÍSTICA IDENTIFICADAS	39
6.1.1 PEIP 1. Mirador del Cerro de la Perdiz	40
6.1.2 PEIP 2. Colada del Camino de la Barca.....	42
6.1.3 PEIP 3. Colada del Abrevadero.....	44
6.1.4 PEIP 4. Carretera M-213	46
6.1.5 PEIP 5. Camino de los Eros	48
6.1.6 Valoración final de efectos sobre el paisaje	50
6.2 PROPUESTA DE MEDIDAS DE INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA.....	52
6.2.1 Medidas de restauración paisajística aplicables al conjunto de las PSFV	52

6.2.2 Medidas correctoras y de integración paisajística de la actuación sobre los PEIPs identificados.....	52
6.2.3 Evaluación final de la incidencia visual esperada tras la aplicación de las medidas de corrección e integración paisajísticas.....	54

APÉNDICE CARTOGRÁFICO

- PLANO 1. GRANDES CONJUNTOS PAISAJÍSTICOS
- PLANO 2. UNIDADES DE PAISAJE
- PLANO 3. UNIDADES FISIONÓMICAS
- PLANO 4. ÁREAS Y ENCLAVES DE INTERÉS PAISAJÍSTICO
- PLANO 5. INTERVISIBILIDAD GENERAL
- PLANO 6. INTERVISIBILIDAD CUALIFICADA
- PLANO 7. INTERVISIBILIDAD PONDERADA TOTAL
- PLANO 8: CALIDAD PAISAJÍSTICA

1 OBJETO Y ALCANCE

El presente Estudio de Paisaje tiene por objeto evaluar la incidencia visual de las actuaciones necesarias para la ejecución del proyecto que nos ocupa sobre la calidad paisajística de la zona afectada, y en su caso, habilitar las medidas de protección, restauración y rehabilitación pertinentes.

El Estudio de Paisaje se centra en una caracterización del paisaje, definiendo las unidades que lo conforman, identificando los elementos paisajísticos en el ámbito de estudio y realizando una valoración de su incidencia visual que determine las interferencias que se dan entre el paisaje caracterizado y la actuación prevista.

2 MARCO DE REFERENCIA

Tomando como referencia el sentido territorial que sobre la cuestión paisajística se asume desde el **Convenio Europeo del Paisaje** (CEP, Consejo de Europa, 2000), la idea aportada de que todo territorio es paisaje, independientemente de su calidad y del aprecio social que merezca, unido a la definición de «paisaje» incorporada por el CEP como *“cualquier parte del territorio, tal y como lo percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos”*, obliga a motivar cualquier estudio de esta variable bajo tres principios fundamentales: territorio, percepción y carácter.

El análisis de la incidencia paisajística que puede derivarse de la actuación que nos ocupa, se basa en un procedimiento metodológico acorde con los principios y conceptos aportados por el Convenio Europeo de Paisaje y con las propuestas metodológicas derivadas de la metodología de *Evaluación del Carácter del Paisaje* o LCA por su acrónimo inglés (*Landscape Character Assessment*)¹ y la *Guía para la Evaluación del Impacto Visual y Paisajístico* (GLVIA3, *Guidelines for Landscape and Visual Impact Assessment*)².

Estos instrumentos, que gozan de gran reconocimiento internacional y prestigio académico, han servido de marco de referencia teórica y práctica, mediante una aplicación de sus conceptos y principios de análisis e intervención, y a los que se suman aportaciones de otras corrientes o enfoques, así como otras ideas basadas en la experiencia adquirida.

Se da así cumplimiento a la Ley 21/2013, de evaluación ambiental en lo relativo a la inclusión del paisaje como un aspecto ambiental que puede verse afectado por una actuación

¹ Countryside Agency and Scottish Natural Heritage, 2002. Esta guía ha sido re-editada más recientemente (2014), y ha sido ampliada mediante varios documentos temáticos sobre diversos temas de interés (topic papers). Asimismo, se ha adaptado para su aplicación a los paisajes costeros y marinos (“Seascape Character Assessment”).

² Landscape Institute, Institute of Environmental Management & Assessment (IEMA), dirigido por Carys Swanwick, Universidad de Sheffield (2013).

proyectada. A este respecto, hay que observar que **la variable paisaje ya ha sido tenida** en cuenta en la localización de emplazamientos viables para las plantas solares fotovoltaicas al ser uno de los factores que entran en juego en el análisis de las sinergias presentes en el ámbito de estudio, según los usos preexistentes (ver Tomo I: DIAGNÓSTICO TERRITORIAL DEL NUDO “SAN FERNANDO – LOECHES – ANCHUELO – ARDOZ”. ZONA CENTRO (COMUNIDAD DE MADRID Y CASTILLA-LA MANCHA))

3 BASES METODOLÓGICAS

La alteración de los escenarios en los que se inscribe las implantaciones previstas deriva de la introducción en el territorio de un conjunto de elementos de gran tamaño (en torno a los 5 m de altura) que, por su disposición en malla ortogonal y cromatismo oscuro, pero, sobre todo, por su gran extensión, provoca una incidencia visual notable que se ve reforzada o minimizada en función de la calidad paisajística del medio que la alberga y de los usos que la circundan.

La calidad intrínseca de los estudios de paisaje estriba, por tanto, en la necesidad de considerar las tres dimensiones del espacio en la concepción metodológica del análisis a realizar; por ello, el ámbito de estudio debe extenderse hacia un buffer (margen) ampliado que comprenda el territorio máximo sobre el cual el ser humano tiene capacidad de percibir actuaciones como las descritas, optándose por trabajar sobre una envolvente que alcanza los 2 km de margen desde los límites de los clústeres de implantación, para el análisis de la visibilidad general y la visibilidad cualificada desde los viarios y sendas y rutas paisajísticas. No obstante, este buffer de 2 Km se verá ampliado hasta los 5 Km para el cálculo de la cuenca visual de los miradores y puntos de observación cualificados presentes en dicho buffer ampliado, ya que la extensión de esta cuenca puede llegar a ser muy amplia por su posición. Una vez definido el ámbito de análisis, y a modo de preámbulo, el estudio de paisaje se desarrolla en las siguientes tres fases:

Fase 1. Inventario preliminar

En esta primera fase se lleva a cabo un trabajo de análisis e interpretación del ámbito de estudio en sus componentes físicos, bióticos, socioeconómicos, paisajísticos y legales al objeto de obtener información actualizada que será de utilidad en las siguientes fases. Para ello, se utiliza bibliografía, bases de datos e información proporcionada por el trabajo de campo, fundamental para la identificación de los lugares cualificados para la observación (mirador y sendas) y para la localización de paisajes recónditos. En síntesis, se lleva a cabo una caracterización general del paisaje, se identifican las áreas sensibles y se calcula una medida de distintas visibilidades dentro del área de estudio, con el objetivo último de definir un mapa de calidad paisajística que resulta clave, tanto para la identificación de puntos de especial incidencia paisajística, como para el cálculo de las sinergias con otros usos.

Fase 2. Identificación de zonas de especial incidencia paisajística

Desde el conocimiento detallado de la calidad paisajística del ámbito y de la localización de los lugares cualificados para la observación del paisaje, en esta fase, se valora conjuntamente la perceptibilidad de la actuación sobre los escenarios de mayor calidad paisajística que pueden ser contemplados desde miradores, sendas paisajísticas, carreteras locales o bordes de núcleos urbanos rurales cuyas carreteras y calles son utilizados con frecuencia para el paseo y, que por tanto, son susceptibles de ser recorridos por un gran número de usuarios; para ello, se identifican los "Puntos de Especial Incidencia Paisajística (PEIP)", o lugares desde los cuáles la incidencia visual puede llegar a ser notable, según criterios que correlacionan condiciones de perceptibilidad y calidad del paisaje.

Fase 3. Inventario de detalle, evaluación de efectos y medidas de integración paisajística

Una vez determinados los "Puntos de Especial Incidencia Paisajística (PEIP)", se analizan sobre ellos los efectos que pueden acarrear las actuaciones previstas y, en conjunción con la información inventariada, se valora la importancia del potencial impacto de la actuación sobre el paisaje, estableciéndose, en su caso, medidas de corrección del impacto o de integración paisajística.

4 INVENTARIO PRELIMINAR

La descripción y análisis del paisaje del ámbito de estudio, localizado en la Comunidad Autónoma de Madrid se fundamenta en el documento de carácter técnico «*Análisis, diagnóstico y evaluación de la calidad del paisaje de la Comunidad de Madrid para el establecimiento de criterios de protección y ordenación del territorio*» publicado por la Dirección General de Urbanismo y Planificación Territorial de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid (2006), además del pertinente trabajo de campo y gabinete para realizar la implementación del modelo digital del terreno para evaluar la visibilidad del territorio mediante un sistema de información geográfica.

Al objeto de poder realizar una evaluación de acorde a la naturaleza de la variable del paisaje, donde los impactos pueden ser percibidos a grandes distancias, se ha optado por trabajar sobre un **ámbito que alcanza unos 2 Km** de margen, ampliado hasta los 5,0 Km para el análisis de las cuencas visuales de los miradores presentes en el entorno del área de actuación.

4.1 INTERPRETACIÓN GENERAL DEL PAISAJE EN EL ÁMBITO DE ACTUACIÓN. CLAVES DEL CARÁCTER PAISAJÍSTICO

La Comunidad de Madrid se encuadra físicamente en las dos grandes unidades fisiográficas constituidas por el Sistema Central y la Depresión del Tajo. Por su parte, el ámbito de la actuación se engloba totalmente en el dominio de la Depresión, que tiene su inicio sobre los taludes arcósticos, más o menos degradados, procedentes de la erosión del Sistema Central.

A continuación, se desarrolla el complejo de terrazas situadas a distinta cota sobre el curso de los ríos (terrazas altas, medias y bajas) que ocupan una superficie bastante extensa, sobre todo en las cuencas del Henares y del Jarama.

Finalmente, y siguiendo hacia el sur, aparece una formación muy característica, los páramos o llanuras relativamente elevadas, cuyas duras calizas han resistido a la erosión. En su límite existe casi siempre un talud, en general pronunciado – las cuestas del páramo –, en el que pueden observarse los sucesivos materiales que lo forman; las plataformas tabulares de los páramos van siendo hendidas por los torrentes y, en ocasiones, quedan reducidas a mesas de contornos festoneados.

La estrecha relación de estas consideraciones con la vegetación y la acción humana acaba de configurar las grandes unidades entre las que se desarrolla el trazado de la línea eléctrica: el entorno de los cursos de agua más importantes y los páramos.

4.1.1 Claves del carácter paisajístico de índole natural

Articulado por una densa red fluvial dominada por los cauces del río Jarama y río Henares, las claves de índole natural del carácter paisajístico del ámbito de estudio se encuentran asociados a las condiciones perceptivas singulares de algunos de los elementos que conforman el relieve junto al mosaico de usos y vegetación que los tapizan.

Los **cauces** y la **vegetación de ribera** asociada a éstos (chopos, álamos, alisos, sauces y fresnos) suponen escenarios paisajísticos muy apreciados, por la ruptura que aportan a la aridez de los escenarios gipsícolas y cerealistas del entorno de los cauces.

Por su parte, las formas resultantes de los **páramos** (superficies altas formadas sobre rocas calizas sobre las que se ha encajado, mediante erosión, la red fluvial actual) son amplias mesas limitadas por valles con vertientes pronunciadas formadas al final del Terciario. Las **plataformas** se sitúan una veintena de metros por debajo de los páramos, conformando grandes escalones; mientras que los **cerros**, son relieves similares, aunque de menor tamaño. Suelen estar ocupados por viñedos, olivares y cultivos herbáceos de secano. También es frecuente la presencia de encinas aisladas de porte arbóreo de gran significancia paisajística.

Otros elementos de cierta singularidad paisajística son las **divisorias**, relieve elevado (entre los 680 y 800 metros), largos y estrechos que, con dirección norte-sur, separan la cuenca del Jarama de la del Manzanares y Perales.

También resultan de interés las **cuestas y taludes**, formados por capas inclinadas de rocas calizas del Cretácico, sobre las que suele darse un mosaico de cultivos herbáceos, olivares y matorral calizo o gipsícola.

La mayoría de los cultivos de regadío se asientan sobre las vertientes y llanuras de inundación de los ríos, conformando una unidad intrínsecamente ligada al modelado fluvial de **vegas y terrazas** que enlazan las primeras con las superficies altas mediante un relieve escalonado.

4.1.2 Claves del carácter paisajístico de índole cultural

Como hecho cierto, la presencia cercana de la capital de la nación ha borrado, en gran parte, la huella de los siglos pasados donde las actividades primarias: agricultura, ganadería y aprovechamientos forestales eran la base de la socioeconomía de las comarcas madrileñas.

Si bien esto ha quedado impreso en el carácter de Madrid y es la raíz, en gran medida, del patrimonio cultural y paisajístico que disfrutamos en la actualidad, no es menos cierto que, la enorme presión urbana de la capital y su área metropolitana ha modificado profundamente el territorio y el carácter paisajístico con actuaciones del tipo de las que se citan a continuación:

- Grandes áreas urbanas consolidadas de urbanización difusa desde la periferia urbana de Madrid hacia las áreas rurales;
- Parques tecnológicos, temáticos y grandes superficies comerciales.
- Grandes infraestructuras de transporte terrestre: autovías, autopistas, ferrocarril, etc.
- Grandes infraestructuras de transporte aéreo: aeropuertos y aeródromos.
- Infraestructuras para el transporte de la energía y de telecomunicaciones
- Áreas industriales y de gestión de residuos y aguas residuales.
- Canteras y graveras

La consecuencia de todo este proceso transformador es la banalización del paisaje y la pérdida progresiva de sus condiciones identitarias por suplantación de lo rural-natural por lo urbano, tal y como ocurrió en los años 70 y 80 del siglo XX.

En el ámbito que nos ocupa, las dinámicas más extendidas proceden en general de la pérdida de intensidad productiva cerealística de los paisajes agrícolas de los páramos y campiñas, aunque con el matiz de ciertas dinámicas de estabilidad, incluso progresión, de determinados

cultivos como el olivar y el viñedo, que mantienen con sorprendente calidad muchos de los escenarios del área.

En la actualidad, los procesos de urbanización están, en general, bastante acotados a los entornos y proximidades de los núcleos ya urbanizados, sin los niveles de incidencia paisajística que se observaron hace decenios con la proliferación de las llamadas urbanizaciones ilegales en rural. No obstante, las bajas densidades que dominan en bastantes desarrollos edificatorios, la extensión creciente de grandes superficies comerciales y de servicios, y el desarrollo de las grandes infraestructuras profundizan en la suplantación y fragmentación de los paisajes, dificultando además cada vez con más fuerza el acceso público a los mismos.

La superficie agrícola se reduce, pues, en los espacios de aglomeración urbana (determinados paisajes de campiña, páramos y llanos y, en menor medida, vegas periurbanas...) y el paisaje pierde con frecuencia su carácter productivo, dando paso a eriales a pastos y retamares; en ellos proliferan además pequeñas edificaciones, naves, vertederos sin control, etc. que provocan una rápida pérdida de sus valores naturales y culturales. Todo ello acarrea un proceso de pérdida de identidad y de fragmentación por la sobreimposición de nuevos elementos que afecta al paisaje original; y en paralelo, creación de nuevos paisajes urbanos, bancales y de elevada homogeneidad funcional.

4.2 DESCRIPCIÓN DE ÁMBITOS PAISAJÍSTICOS

Atendiendo a la información proporcionada por el documento «ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL PAISAJE DE LA COMUNIDAD DE MADRID PARA EL ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS DE PROTECCIÓN Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO» publicado por la Dirección General de Urbanismo y Planificación Territorial de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio en 2006, en el ámbito de estudio se identifican un total de 6 «**unidades de paisaje**» que engloban 16 «**subunidades de paisaje**» y se agrupan en 4 «**grandes conjuntos paisajísticos**», es decir, agrupaciones de teselas de paisaje similares en su estructura y organización y que expresan, de manera sintética, la diversidad de los grandes conjuntos paisajísticos de la región, y que se construyen por agrupación del siguiente modo:

- Subunidades de paisaje
 - Unidades de paisaje
- Grandes conjuntos paisajísticos

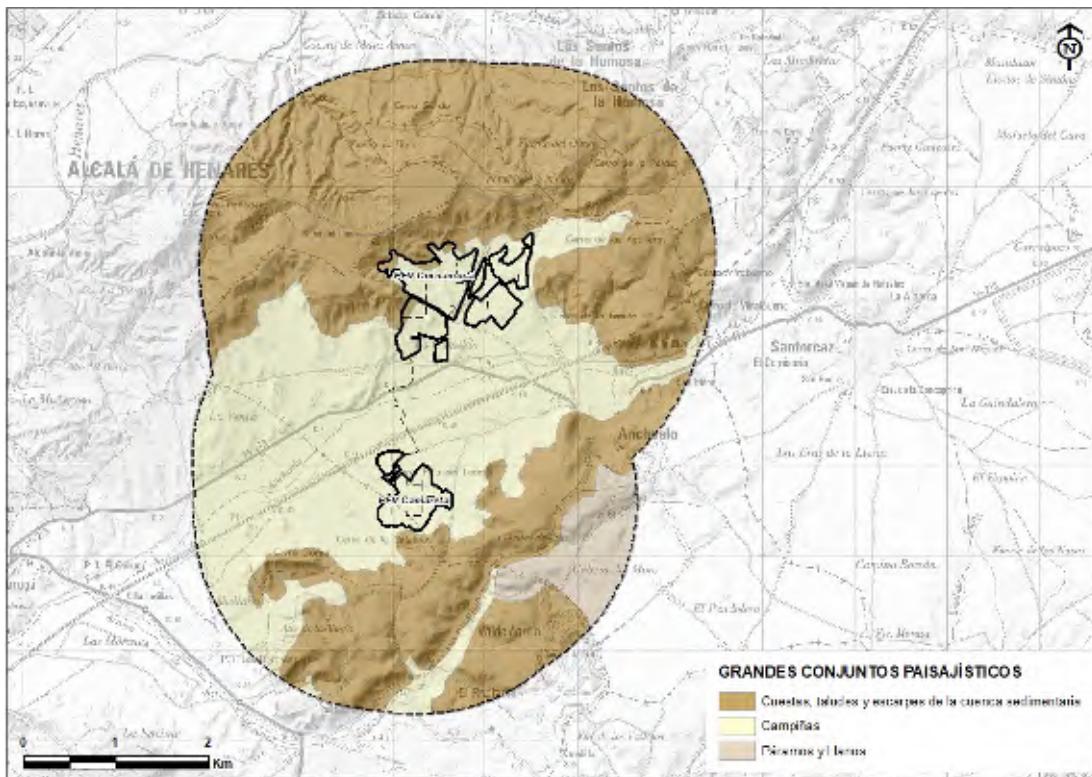


Figura 1. Delimitación de los Grandes Conjuntos Paisajísticos sobre el ámbito de estudio.

Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid. Fuente: elaboración propia.

Según se detalla en el citado documento, para la caracterización paisajística se ha procedido, en primer lugar, a identificar y cartografiar las denominadas “**subunidades de paisaje**”, es decir, las configuraciones básicas de la diversidad del paisaje de la Comunidad de Madrid a la escala adoptada (1:50.000). En esta tarea se ha atendido prioritariamente a los principales elementos estructurantes del paisaje y, en un segundo plano, a consideraciones de tipo perceptivo en relación con las cuencas visuales.

Por su parte, la identificación y caracterización de los “**unidades de paisaje**” contempla las agrupaciones de ámbitos de paisaje similares en su estructura y organización y que expresan, de manera sintética, la diversidad de los grandes conjuntos paisajísticos de la región.

Finalmente, y al objeto de permitir un tratamiento conjunto, en relación con los criterios para la ordenación y gestión del paisaje, los tipos de paisaje han sido agrupados en “**grandes conjuntos paisajísticos (GCP)**” en los que se reconoce la afinidad de carácter necesaria para ello.

Tabla 1. Identificación de Grandes Conjuntos Paisajísticos, Unidades de Paisaje y Subunidades de Paisaje. «Análisis, diagnóstico y evaluación de la calidad del paisaje de la Comunidad de Madrid para el establecimiento de criterios de protección y ordenación del territorio», 2011

Grandes Conjuntos Paisajísticos	Unidades de Paisaje
G) Cuestas, taludes y escarpes de la cuenca sedimentaria	48. Cuestas del Henares
	49. Cerros yesíferos y margosos del Anchuelo
H) Páramos y llanos	51. Páramos del interfluvio del Henares-Tajuña
I) Campiñas	50. Valles y cuestas del Anchuelo y El Pantueña

4.2.1 Descripción de las unidades de paisaje y sus principales subunidades paisajísticas

Atendiendo a la clasificación antes expuesta, a continuación, se describen las unidades de paisaje presentes en el ámbito de trabajo, así como las subunidades que los conforman.

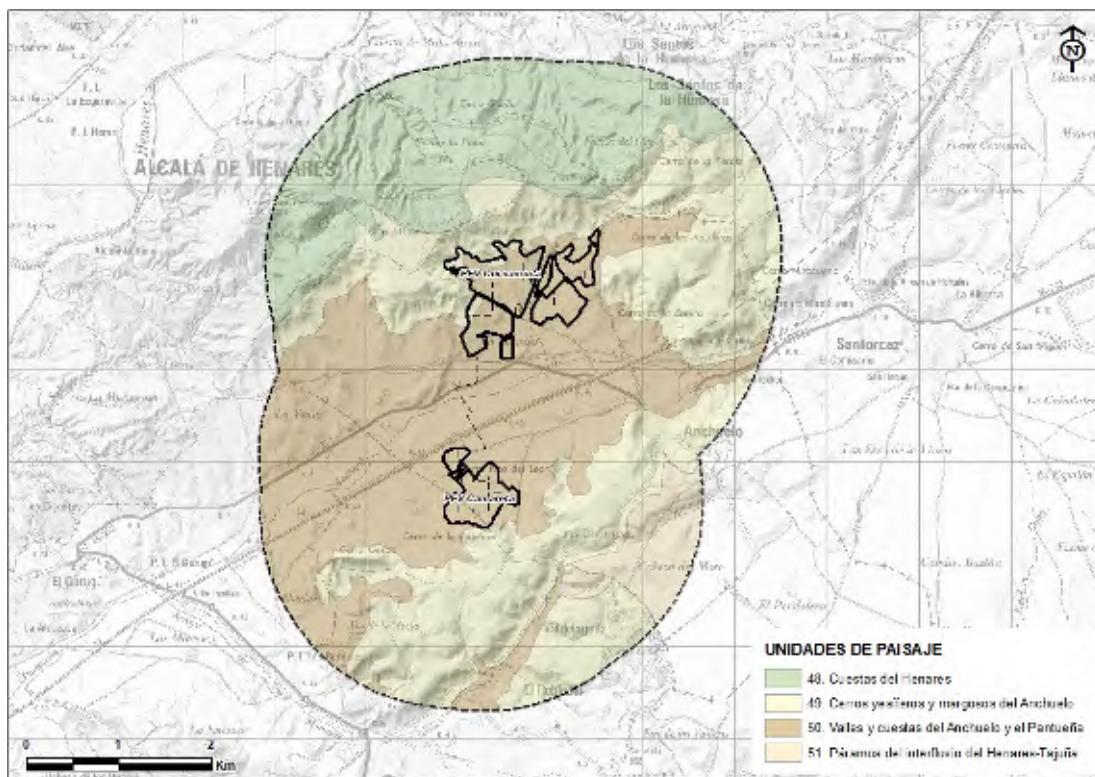


Figura 2. Delimitación de las Unidades de Paisaje sobre el ámbito de estudio. Fuente:
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid.
Fuente: elaboración propia.

CUESTAS DEL HENARES (48)

El trazado del río Henares discurre al pie de la meseta del páramo. Una sucesión de cuestas se dispone entre la vega y los relieves culminantes, de diferente pendiente y aprovechamientos diversos, pero que forman un conjunto muy reconocible y visible: el corredor del Henares.

Se trata de cuestas con pendiente moderada a fuerte (desnivel de casi 300 m. en apenas 4 Km) entre los relieves culminantes del páramo (Los Santos de la Humosa) y de algunos cerros testigo (San Juan de El Viso) al río Henares hendidas por pequeños arroyos; están formadas por materiales sedimentarios terciarios (mioceno medio y superior), donde alternan margas yesíferas blancas, arcillas, arenas y niveles de areniscas y conglomerados. La presencia de materiales cuaternarios es importante: aluviales de fondo de valle, depósitos de gravas, cantos y bloques.

Respecto a la cubierta vegetal, en las zonas de pendientes pronunciadas, los usos forestales ocupan ampliamente las vertientes; extensos pinares de repoblación (pino carrasco) alternan con matorrales de atocha o esparto, con encinas y coscojas, y quejigos en los mejores suelos.

En las zonas de pendiente moderada se desarrollan ampliamente los cultivos: la labor, predominante en las zonas más llanas, alterna con olivares dispersos. Las zonas cultivadas se caracterizan por un parcelario de medianas dimensiones, con presencia de grandes fincas, con una trama parcelaria amplia. Las vertientes forestales coinciden igualmente con grandes propiedades, públicas y privadas. La trama rural caminera rústica es poco densa, especialmente en las zonas de mayores pendientes.

Se trata de un paisaje muy definido y muy visible desde el Corredor del Henares, conformando el telón visual de este conjunto metropolitano. La fragilidad visual en las zonas cultivadas y de matorral es muy alta, al resultar una zona muy visible desde ámbitos muy frecuentados.

CERROS YESÍFEROS Y MARGOSOS DEL ANCHUELO (49)

Se trata de cerros de unos 850 metros de altitud labrados sobre materiales sedimentarios evaporíticos (fundamentalmente margas yesíferas y arcillas) y enmarcados por la red hidrográfica del Henares, Anchuelo y Pantueña.

En la cubierta vegetal predominan los usos forestales, con una cubierta de matorrales de atocha y presencia de manchas de coscoja, encino y quejigo. En las zonas llanas culminantes o en las cuestas más tendidas se localizan algunas tierras de labor y olivares, en ocasiones con encinas dispersas.

La trama rural caminera pervive, con poca densidad de carreteras, aunque el trazado del tren de alta velocidad resulta muy visible.

Se trata de un paisaje que se presenta muy organizado a partir de sus elementos físicos característicos, con algunos elementos distorsionantes.

Es un ámbito de elevada fragilidad visual, fuertemente impactado por el trazado del AVE y algunas urbanizaciones residenciales. Los ámbitos culminantes presentan una alta capacidad de recepción de vistas, con amplias panorámicas sobre zonas próximas y lejanas.

VALLES Y CUESTAS DEL ANCHUELO Y EL PANTUEÑA (50)

Al norte del páramo, la superficie culminante se haya incidida por el Anchuelo – Pantueña, dando lugar a una depresión que se va ensanchando progresivamente hacia el oeste, hasta su confluencia con el Jarama.

El sector septentrional de la planicie del páramo aparece accidentado por la depresión del Anchuelo. En su sector oriental, a lo largo de varios cursos de agua (Anchuelo, arroyo de las Moreras, Pantueña) se labran valles estrechos, rodeados de cerros de litologías yesíferas y carbonatadas, y a partir de la confluencia con el Pantueña, la depresión se ensancha conformando un amplio llano. Como en el caso de la unidad anterior, el relieve se desarrolla sobre materiales sedimentarios terciarios y materiales cuaternarios de fondo de valle.

Respecto a los usos del suelo, la labor de secano, con algo de olivar, es el aprovechamiento predominante de las zonas cultivadas que se extienden, ampliamente, por las cuestas de menor pendiente y zonas llanas. En las zonas de mayor pendiente se localizan algunas manchas de encinar y coscojares (monte de Loches), con presencia de quejigos, pero sobre todo matorrales (tomillares, atochares).

Las zonas cultivadas se caracterizan por un parcelario de medianas dimensiones; aunque en general se trata de campos abiertos, sin elementos de separación en los linderos, en las zonas de cuesta aparece a veces alineaciones arboladas sobre las lindes (olivos, almendros).

Las Plantas Solares se ubican, con casi total exclusividad, sobre la unidad de paisaje de "Valles y Cuestas del Anchuelo y el Pantueña" aunque apoyadas sobre el borde de la unidad de "Cerros yesíferos y margosos del Anchuelo".

PÁRAMOS DEL INTERFLUVIO DEL HENARES – TAJUÑA (51)

Superficies culminantes situadas entre las cuestas de bajada a los ríos Tajuña, Jarama y Henares.

Se trata de amplias superficies tabulares hendidas por los principales arroyos tributarios de los ríos Jarama, Tajuña y Henares. Presenta una planitud casi perfecta; por ejemplo, en la mesa comprendida entre el río Tajuña y su tributario, el arroyo de la Vega, la diferencia de altitud entre la cota más alta y la más baja es 47 m.

Los materiales son sedimentarios del terciario superior, básicamente calizas, aunque a veces, el nivel calizo es sustituido por capas de sílex, calcedonia y ópalos con sepiolita, sobre todo en el contacto con las cuestas de bajada a los arroyos donde aparecen depósitos de conglomerados, areniscas, arenas, arcillas y margas. Localmente se forman niveles de encostramiento que pertenecen al Mioceno. Cuando ha sido disuelta la corteza, permanecen las arcillas de calcificación, dando lugar a los suelos rojos del páramo.

La cubierta vegetal presenta un predominio del aprovechamiento agrícola, sobre todo de cultivos herbáceos de invierno (cebada y trigo), con barbecho semillado en régimen de año y vez, o cultivo continuado durante dos o tres años consecutivos, en suelos frescos próximos al arroyo de Pantueña. En cuanto a la vegetación natural, resulta abundante el zumaque, en zonas olivareras, suelos alterados, ribazos y setos entre parcelas. Es también frecuente la presencia de quejigos, encinas, coscojas y atochas, ocupando espacios parecidos a los del zumaque en los olivares y situados en las partes altas de algunos cerretes en las tierras de labor, con arbolado o sin él.

4.3 CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE EN UNIDADES FISIOGRÁFICAS

La caracterización del paisaje atendiendo a criterios fisiográficos se basa en la cartografía elaborada por la Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Regional a escala 1:50.000 en el año 1999³.

Las unidades fisiográficas reflejan áreas del territorio que se caracterizan por presentar rasgos físicos uniformes, de manera que son, ante todo, una porción de paisaje homogéneo ya que tratan de unificar en su delimitación parámetros físicos, botánicos, climáticos y sociales. Teniendo esto en cuenta, en la Comunidad de Madrid se distinguen en un primer nivel dos grandes regiones fisiográficas o dominios geomorfológicos estructurales: la Sierra y la Depresión, dentro de las cuales se detallan los dominios o unidades fisiográficas.

El ámbito del proyecto se encuentra englobado íntegramente en la Depresión, la cual ocupa el área Central, Este y Sureste de la Comunidad de Madrid. Corresponde a la parte septentrional de la denominada submeseta Sur o Cuenca del Tajo, y los materiales que la constituyen son, casi en su totalidad, de naturaleza detrítica (arenas y arcillas) con facies químicas y lagunares en el centro (yesos y calizas), en su mayoría pertenecientes al Terciario. Al final de este periodo y durante el Plioceno y Cuaternario Inferior toda la zona sufre procesos de arrasamiento y deposición que dan lugar a un conjunto de superficies, algunas de las cuales se presentan en la actualidad muy retocada y reducida por la posterior disección de la red

³ Cartografía elaborada por Javier Pedraza de la Facultad de Ciencias Geológicas (UCM), en el marco del Proyecto de Cartografía de Paisaje de la Comunidad de Madrid, estudio encargado por la Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Regional a la E.T.S.I. de Montes (Cátedra de Proyectos) de la Universidad Politécnica de Madrid.

fluvial (Páramos, Rañas). Ya en el Cuaternario, se terminan de definir y encajar los grandes valles como el de los ríos Guadarrama, Perales, Manzanares, Jarama, Henares, Torote y Tajuña. El encajamiento de estos ríos da lugar a una variada gama de formas que son parte integrante de las Vegas y vertientes, y entre las que cabe destacar los glacis, las terrazas y las llanuras de inundación.

Los dominios presentes en el área de estudio son los siguientes:

- Llanuras aluviales y terrazas (vegas fluviales)
- Lomas y campiñas en yesos
- Páramos y alcarrias

Y estos, a su vez, se distinguen en las siguientes unidades fisiográficas de paisaje, ordenadas de mayor a menor presencia:

Tabla 2. Unidades fisiográficas. CMAOT, 1999

Unidades fisiográficas	%	Unidades fisiográficas	%
Cuestas, vertientes y glacis	39,06	Cáravas	1,95
Laderas	16,25	Páramos y alcarrias	4,20
Mesetas, parameras y plataformas	15,51	Barrancos, vaguadas y artesas fluviales	1,93
Cantiles, Cornisas y cortados rocosos	10,65	Taludes y escarpes	0,93
Fondos de valle (llanura aluvial)	9,27	Cerros y cabezos	0,26

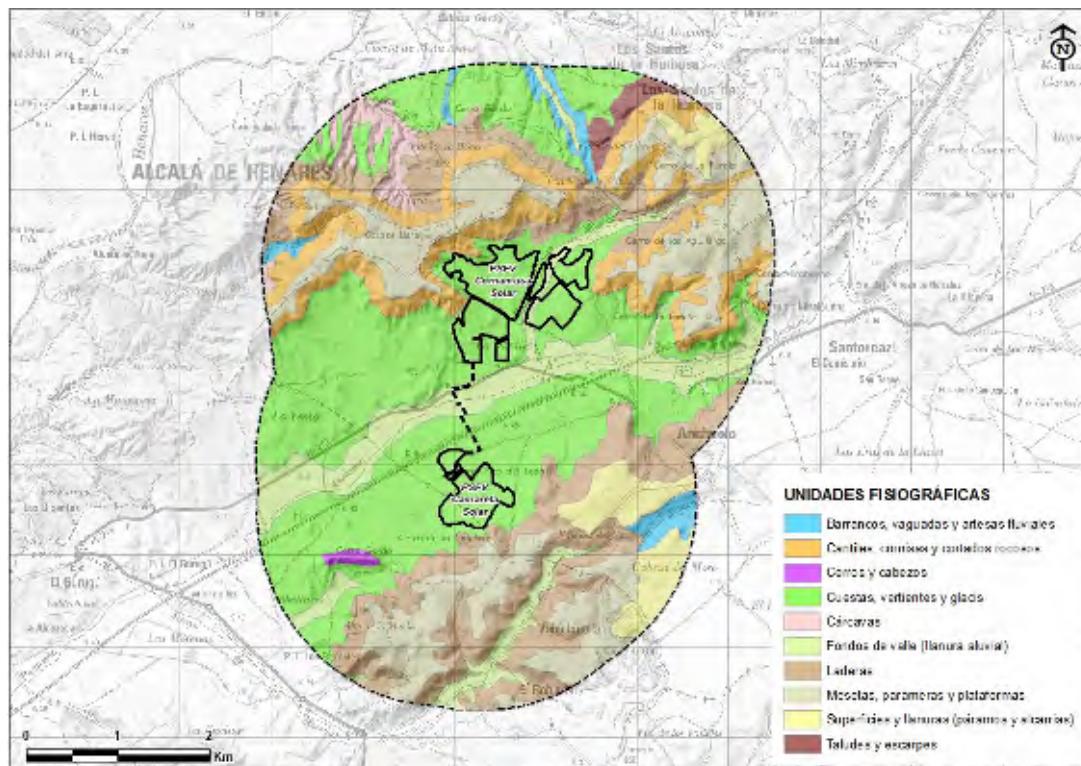


Figura 3. Unidades fisiográficas presentes en el ámbito de estudio. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid. Fuente: elaboración propia.

4.4 ÁREAS Y ENCLAVES DE SINGULARIDAD PAISAJÍSTICA

4.4.1 Áreas sensibles de interés paisajístico

Son aquellas zonas de valor paisajístico reconocido que actúan como condicionantes de proyecto, tanto de naturaleza ambiental como socio-cultural.

Espacios protegidos Red Natura 2000 (RN2000)

Se analizan los 3 tipos de espacios protegidos por Red Natura 2000: los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), las Zonas Especiales de Conservación (ZEC) y las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) actualizados a noviembre de 2018, estando presente el siguiente:

Figura	Nombre	Superficie en ámbito de estudio (ha)
LIC/ZEC	Vegas, cuestas y páramos del Sureste de Madrid	0,35

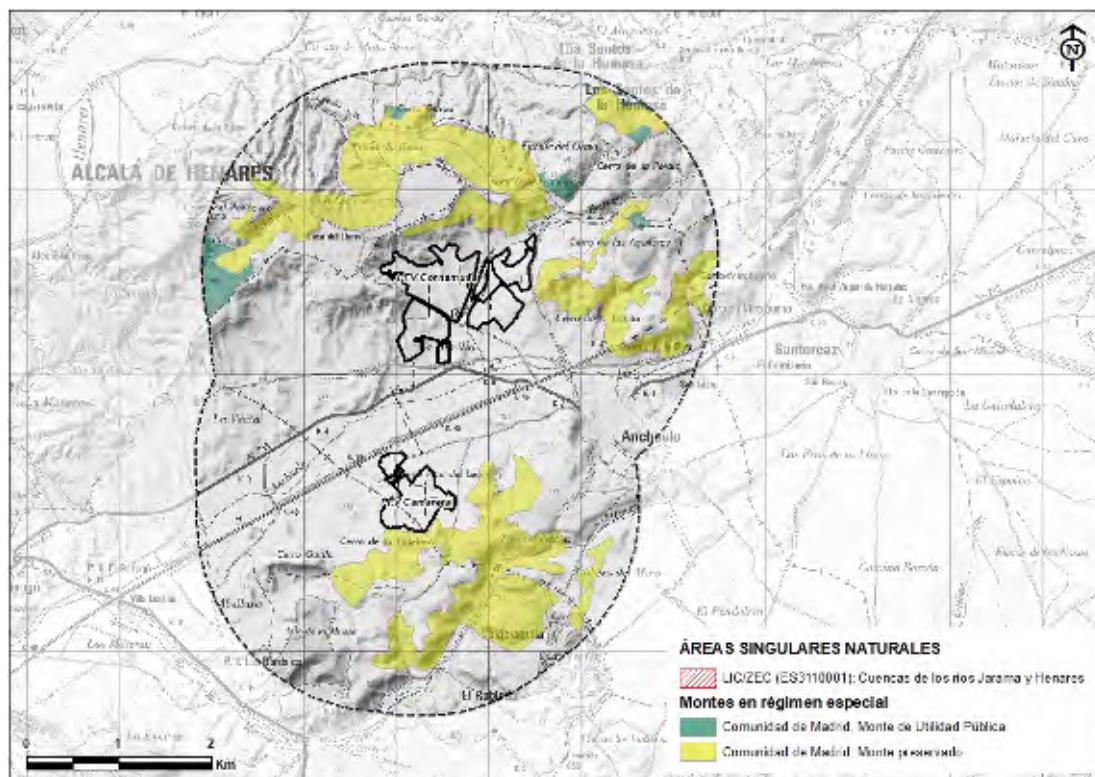


Figura 4. Espacios Protegidos Red Natura 2000 y Montes en régimen especial. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid. Fuente: elaboración propia.

Montes en régimen especial

El listado de montes en régimen especial dentro del área de estudio está compuesto por 9 montes, de los cuales, 4 han sido catalogados como de utilidad pública y el resto son montes preservados.

4.4.2 Enclaves de interés paisajístico

Los enclaves de interés paisajístico identificados tienen que ver con aquellos elementos del relieve y/o usos del suelo que gozan de un grado alto de reconocimiento y valoración social o que resultan identitarios en relación con el carácter del paisaje en cuestión. Las categorías consideradas son las siguientes:

Elementos urbanos de singularidad paisajística

Las intensas, y no menos complejas, relaciones visuales y funcionales mantenidas desde siempre entre paisaje, ciudad y vías de comunicación son el exponente del dinamismo que presentan estos tres elementos, auspiciado por su constante necesidad de adaptarse a los requerimientos humanos y que conlleva transformaciones constantes por una misma generación, máxime en los espacios post-industriales. Dicha cualidad, en su peor cara, nos descubre una concepción de la ciudad y de las modernas infraestructuras de transporte alejada de los habituales valores paisajísticos, culturales y ambientales del territorio en el que se insertan, lo que incide en una escasez de originalidad y de estética muy patentes en la escena en la que conviven.

Sin embargo, esa misma dinámica, analizada en positivo, ofrece la oportunidad de evaluar dichos espacios incorporando al paisaje entre los objetivos de funcionalidad y calidad. Así, la mencionada relación aún se estrecha más por la capacidad de comunicación visual que las sendas y caminos rurales aportan al trinomio. Estos elementos lineales no sólo nos acercan al destino, sino que nos lo muestra anticipadamente en su contexto paisajístico y ello, cuanto menos, resulta alentador o estimulante para el usuario, a lo que se puede añadir la importante significación e identidad que los cascos históricos de los núcleos de población imprimen sobre el carácter del paisaje, o mejor aún, contribuyen a la conformación de dicho carácter.

Bajo esta visión, se entiende que los cascos urbanos históricos y sus hitos paisajísticos principales, correspondientes habitualmente a las torres de sus iglesias, y los caminos y sendas utilizados con criterios paisajístico – recreativos donde la velocidad de desplazamiento del usuario no es la cualidad escogida por éste para el uso de tales vías de comunicación son elementos de significación paisajística bien por el carácter identitario que imprimen, en el caso de los núcleos de población, bien por su capacidad como vector de acercamiento al paisaje, en el caso de los caminos.

En el ámbito que nos ocupa, los cascos históricos presentes corresponden a los núcleos de población de: Alcalá de Henares, Anchuelo, Los Santos de la Humosa y Valdelaguila. Se excluyen de esta consideración todos sus ensanches o núcleos de nueva planta. Mención especial, por su notable perfil paisajístico, requiere el casco histórico de Los Santos de la Humosa, sobre todo desde la vista que se ofrece desde los cerros adyacentes al núcleo urbano y, en menor medida, desde el valle del Henares y el entorno de la Autovía A-2.



Figura 5. Perfil singular del núcleo urbano de Los Santos de la Humosa. Fuente: elaboración propia.

De igual modo, analizada la red de caminos, sendas y vías pecuarias existente en el ámbito de actuación, según la información contenida al respecto en el portal de rutas de senderismo y ciclismo de montaña WIKILOC, se han considerado como rutas de singularidad paisajística las siguientes rutas que transitan sobre caminos rurales y vías pecuarias:

- Ruta MTB "Camino de Cervantes"
- Ruta "Triada rural"
- Ruta MTB "Cervantina"
- Otros caminos rurales

Así mismo, se han considerado como puntos de interés paisajístico los miradores y puntos de observación cualificados y algunos hitos arquitectónicos de cierta relevancia a nivel local:

- Mirador del cerro en Los Santos de la Humosa
- Miradores de Los Santos de la Humosa.
- Mirador del Ecce Homo.

- Mirador de Corpa.
- Mirador de Santorczaz.
- Torre de iglesia de Anchuelo.
- Ermita de la Virgen de la Oliva.
- Ermita de San Isidro.
- Casa de peones camineros.

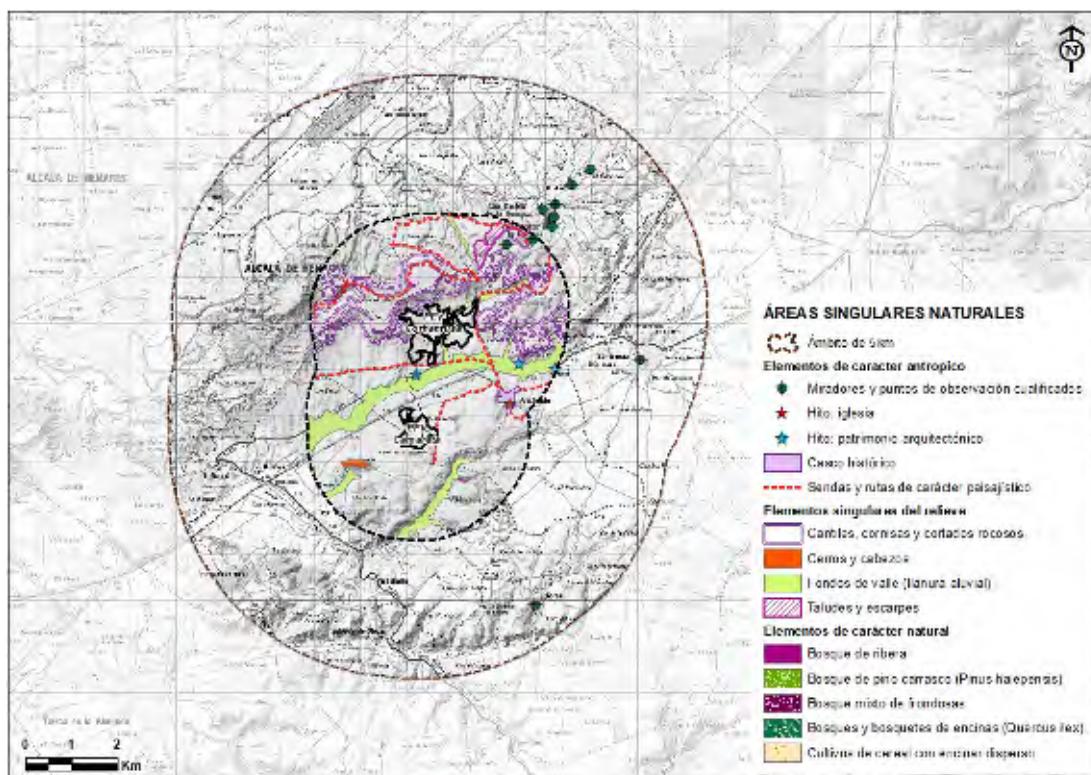


Figura 6. Enclaves de interés paisajístico. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid. Fuente: elaboración propia.

Masas arboladas de interés paisajístico / recreativo

Las masas arboladas presentes en el ámbito de estudio suponen una ruptura notable de la horizontalidad y cromatismo ocre de los paisajes alcarreños, en general, y de las unidades de páramo, en particular. Por ello, las siguientes formaciones arboladas se consideran enclaves de interés paisajístico (Mapa Forestal de España, Escala 1:50.000, 2006 publicado por el MITECO):

- Bosques ribereños
- Bosques mixtos de frondosas autóctonas
- Bosques y bosquetes de encinares (*Quercus ilex*)

- Bosques de pino carrasco
- Cultivos con encinar disperso

Elementos singulares del relieve

Atendiendo a la información publicada por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid en el mapa de Fisiografía de la Comunidad de Madrid a escala 1:50.000 del año 1999, se consideran elementos singulares del relieve, por resultar identitarios del carácter paisajístico del ámbito de actuación los siguientes:

- Cantiles, cornisas y cortados rocosos
- Cerros y cabezos
- Taludes y escarpes
- Fondos de valle

4.4.3 Identificación de elementos y áreas distorsionantes del paisaje

Los elementos y áreas distorsionantes del paisaje son aquellos que suponen impactos visuales y conflictos paisajísticos en tanto que desvirtúan, al menos en parte, la esencia del paisaje, su carácter y su valor estético en los escenarios del ámbito de actuación.

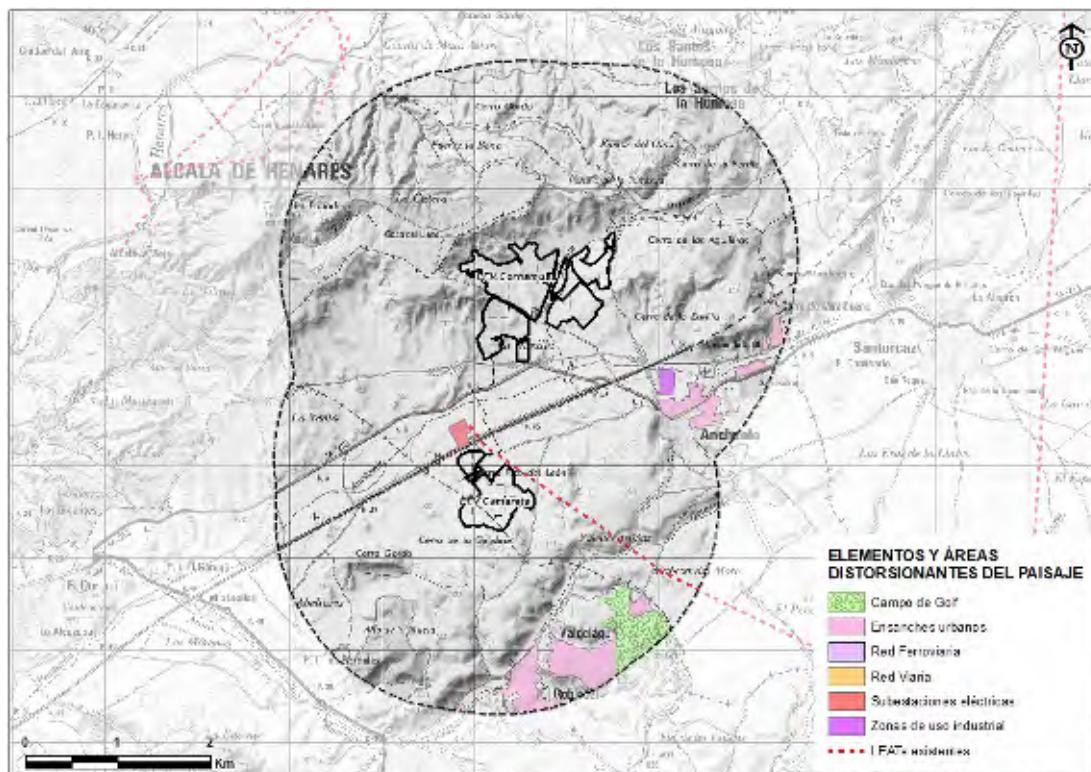


Figura 7. Elementos y áreas distorsionantes del paisaje. SIOSE. Fuente: elaboración propia.

En el ámbito de actuación se han detectado los siguientes tipos:

- Campo de golf
- Ensanches urbanos
- Zonas de uso industrial (polígonos industriales e industrial aislada)
- Red ferroviaria
- Red viaria interurbana
- Subestaciones eléctricas y líneas eléctricas existentes

4.5 ANÁLISIS DE PERCEPTIBILIDAD DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

El concepto de perceptibilidad tiene que ver con la accesibilidad visual de un punto del territorio desde el resto de puntos de su entorno. Se trata, por tanto, de una medida de lo visible o no que puede ser un territorio con independencia de la actuación que se quiera llevar a cabo en él.

Su determinación se basa en el cálculo de cuencas visuales, sobre el modelo digital del terreno de 5 metros de resolución (en adelante, MDT-5m), para una malla de puntos que cubre todo el ámbito de estudio. Se han calculado tres visibilidades diferentes: una intervisibilidad general que sólo atiende a cuestiones perceptivas en sentido estricto, y otras dos visibilidades cualificadas que tienen en cuenta la distancia de observación y el mayor o menor consumo visual previsible, por la mayor o menor presencia de observadores potenciales y su cualificación según qué tipo de consumo visual se establezca; en efecto, se trata de distinguir entre aquellos lugares de aproximación al paisaje en los que los potenciales observadores hacen un uso recreativo y/o de disfrute paisajístico, como ocurre en los miradores o en las sendas y caminos rurales de potencial paisajístico, y aquellos otros donde el consumo visual resulta consustancial al lugar o trayecto, aunque no sea la principal cualidad por la que el usuario lo utiliza, como ocurre con las carreteras y vías rápidas de comunicación (con la salvedad de las denominadas "carreteras paisajísticas" donde confluyen los dos usos, inexistentes en el ámbito de estudio).

Finalmente, con las tres visibilidades calculadas, se procede a estimar de manera conjunta la intervisibilidad ponderada total del ámbito de estudio, como factor de interés para el conocimiento de la perceptibilidad cualificada del ámbito y el cálculo de la calidad del paisaje percibido y que se aporta en el presente capítulo.

4.5.1 Intervisibilidad general

Para el cálculo de la intervisibilidad general partimos del MDT-5m, al que añadimos capas de vegetación de porte arbóreo y edificaciones con sus respectivas alturas al objeto de modelizar el posible efecto pantalla de estos elementos. Una vez generado el nuevo modelo digital, establecemos sobre él una malla de puntos regular de 400 x 400 metros que representa la distribución de potenciales observadores sobre el territorio y que supone una densidad de unos 16 observadores por Km². Los parámetros utilizados para dicho análisis tienen en cuenta una altura media de observador de 1,80 metros y un radio máximo de alcance de la visión de 5 Km, aunque el resultado mostrado en la figura está ajustado al ámbito de estudio de 2 km.

En los modelos de testeo realizados, se observa que el método utilizado es estable y convergente ya que, a pesar de que el número de posibles observadores es infinito, cabría pensar que a mayor densidad de malla, el resultado sería más óptimo; si bien esto es cierto, sucede que a partir de una determinada densidad, que será función de la superficie del ámbito, el número de observadores medido guarda una razón de proporcionalidad al tamaño de malla, por lo que la imagen real de la intervisibilidad no varía.

De este modo, la intervisibilidad del ámbito de actuación es la siguiente:

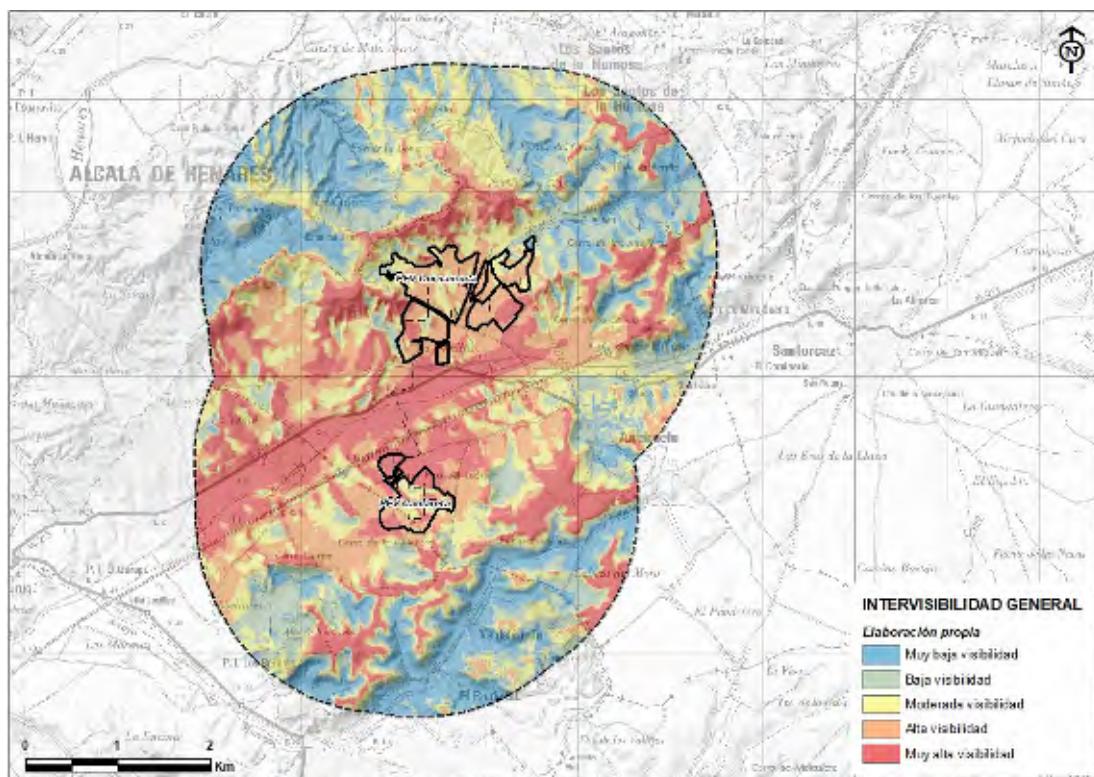


Figura 8. Intervisibilidad general del ámbito de estudio. MDT-05 CNIG. Fuente: elaboración propia.

4.5.2 Visibilidad desde las carreteras presentes en el ámbito de estudio

El análisis de la relación entre la carretera y el paisaje puede abordarse desde un amplio espectro de puntos de vista que incluye: desde el modo en el que percibimos el territorio durante el uso para el cual está concebida (desplazamiento por motivaciones diversas), hasta el modo en el que la propia infraestructura es contemplada desde otros lugares; es decir, la carretera es al mismo tiempo lugar de observación y lugar observado.

En el primer enfoque, el conductor –y, en su caso, sus acompañantes– se convierten en actores principales de la contemplación del paisaje al que la vía “accede”, mientras que, en el segundo, es la infraestructura en sí misma la que incide sobre éste sin que intervenga en ningún caso el usuario de la vía, que es ajeno a las consideraciones y condicionamientos del proyecto.

Dejando de un lado esta última consideración de la carretera “como lugar observado”, el extendido uso del automóvil en nuestra sociedad nos lleva a que buena parte de la comunicación del individuo con el paisaje, hoy en día, se establezca a través de la carretera, sin menoscabo de otros medios y modos de transporte que desplazan numerosos viajeros en condiciones muy favorables a la observación del entorno paisajístico, tales como el ferrocarril o la navegación fluvial. En cualquier caso, el sistema viario, que ha estructurado históricamente al territorio y le ha proporcionado cohesión, se convierte de esta manera en una plataforma fundamental de acceso al conocimiento del paisaje.

En relación con la observación desde un vehículo en movimiento, y a diferencia de los desplazamientos lentos –donde la relación con el entorno se produce de forma íntima–, las mayores velocidades condicionan el desarrollo escénico del itinerario, obligando a una mayor atención por parte del conductor.

En 1937, Thurstone demostró que a mayor velocidad se aumenta el alcance visual, pero disminuye el ángulo visual, es decir, el centro de atención del conductor se desplaza hacia delante y se estrecha, disminuyendo por tanto el campo de visión descansada, definido por Del Campo y francés (1963) como “la superficie rectangular que sobre un plano situado delante del observador queda dominada íntegra y cómodamente por las visuales derivadas de una normal movilidad de las pupilas”. Este hecho induce al conductor a fijar su visión sobre el paisaje interior de la carretera, dificultándole la percepción del paisaje circundante. En este mismo sentido debemos añadir la distorsión lateral de la visión que se produce cuando el conductor dirige la mirada hacia el eje de la carretera, difuminando los objetos próximos situados a ambos lados y limitando, aún más, la visión panorámica.

Con estas premisas, resulta fundamental que el método utilizado para calcular la visibilidad cualificada desde las carreteras tenga en cuenta, de modo diferencial, la distancia entre el

observador y el punto observado, además, por supuesto, de la posición del observador sobre la vía de comunicación.

De este modo y mediante un procedimiento análogo al anteriormente descrito, se han calculado, también a partir del MDT-5m modificado, la visibilidad del territorio ámbito de estudio desde las carreteras presentes con valoración ponderada sobre el diferente modo de percibir el territorio a 500, 1000, 3000 o 5000 metros de la carretera y ubicando a los posibles observadores sobre cada uno de los trazados de las carreteras a una distancia de 100 metros entre sí.

De este modo, la visibilidad del ámbito de actuación desde las carreteras (con ponderación por distancia al objeto observado) es la siguiente:

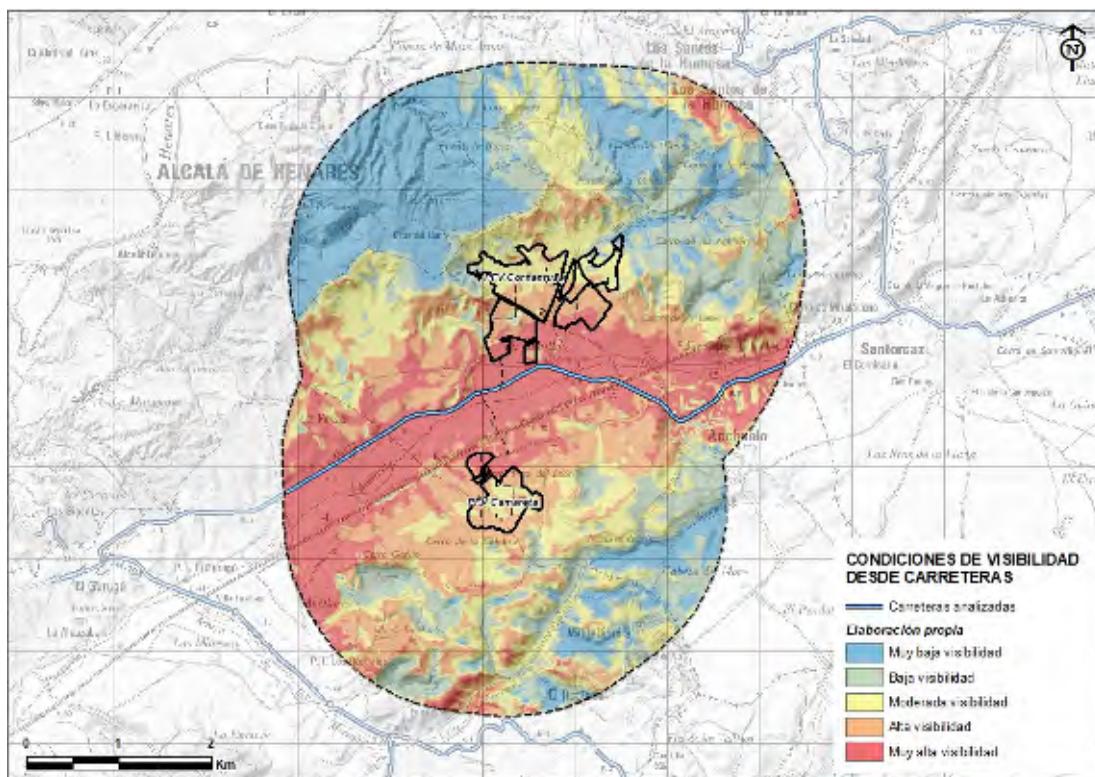


Figura 9. Visibilidad del ámbito de actuación desde las carreteras (con ponderación por distancia al objeto observado). MDT-05 CNIG. Fuente: elaboración propia.

4.5.3 Visibilidad desde las sendas paisajísticas presentes en el ámbito de estudio

El siguiente enfoque resulta análogo al anterior, pero, en este caso, el análisis de visibilidad se realiza sobre aquellos lugares o trayectos cualificados para el disfrute paisajístico. En el ámbito de estudio, se han tenido en cuenta aquellos caminos rurales, vías pecuarias o sendas sobre las que se realizan desplazamiento que tienen por objeto, en una buena parte de sus usuarios, un uso recreativo que permite una relación más íntima entre observador y paisaje,

sin factores de distorsión como la velocidad o el campo de visión, como ocurre cuando el usuario es un peatón o ciclista.

Siguiendo el mismo procedimiento, se ha calculado, a partir del MDT-05 modificado, la visibilidad del territorio desde las sendas paisajísticas presentes con valoración ponderada por distancia (500, 1000, 3000, 5000), ubicando a los potenciales observadores sobre la traza de los caminos y sendas analizados a una distancia de 100 metros entre sí.

De este modo, la visibilidad del ámbito de actuación desde las sendas paisajísticas (con ponderación por distancia al objeto observado) es la siguiente:

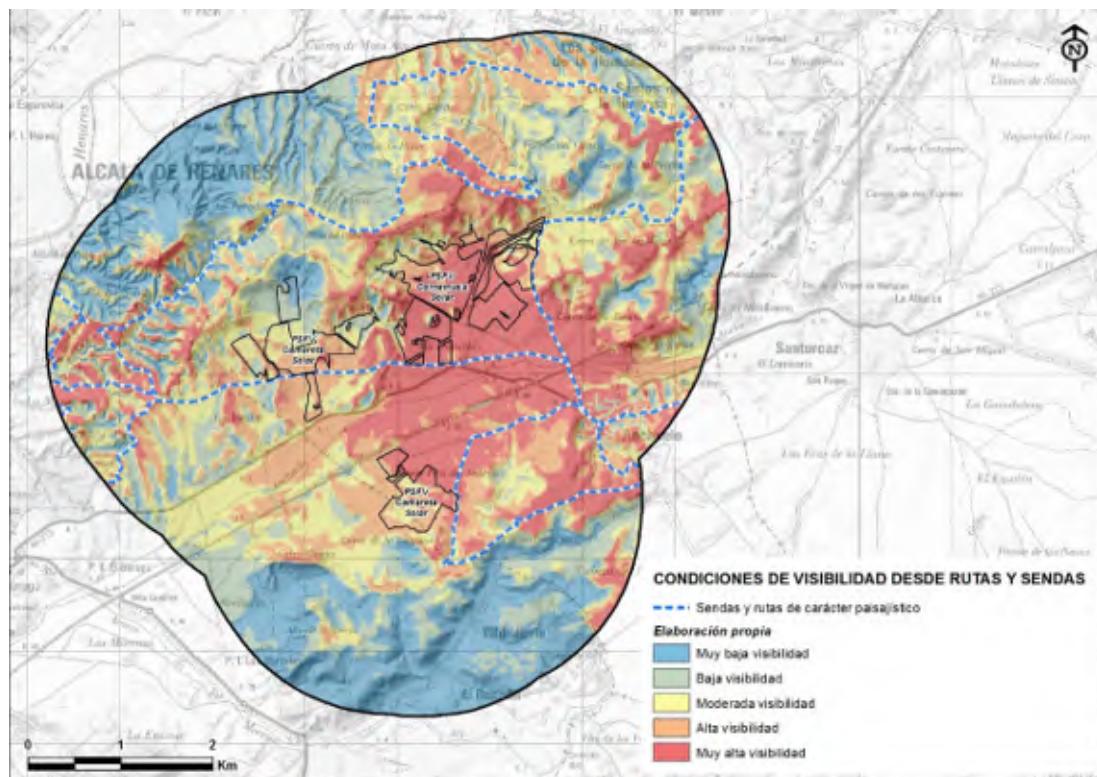


Figura 10. Visibilidad del ámbito de actuación desde las sendas paisajísticas (con ponderación por distancia al objeto observado). MDT-05 CNIG. Fuente: elaboración propia.

4.5.4 Visibilidad desde los miradores presentes en el ámbito de estudio

Finalmente, el cálculo de la intervisibilidad cualificada (que a continuación se expone) se completa con el análisis de perceptibilidad desde los miradores y puntos de observación cualificados con distinción de las distancias (500, 1000, 3000 y 5000 metros) desde las que son percibidos los diferentes escenarios, de tal modo que, nos permite ponderar el territorio en función de la distancia desde la que puede ser percibida una línea eléctrica desde un mirador (en este caso, se utiliza un ámbito ampliado de 5 Km de buffer)

Los miradores y puntos cualificados para la observación paisajística que se han tenido en cuenta dentro del ámbito de estudio son los siguientes:

- Mirador del Horche sobre el río Ungría
- Mirador del Lago (Yebes)
- Mirador del castillo (Chiloeches)
- Mirador de Yebes
- Mirador del castillo (Pioz)
- Mirador de la Torrecilla (Santorcaz)
- Mirador del Llano de la Horca (Santorcaz)
- Miradores de Los Santos de la Humosa
- Mirador del Ecce Homo

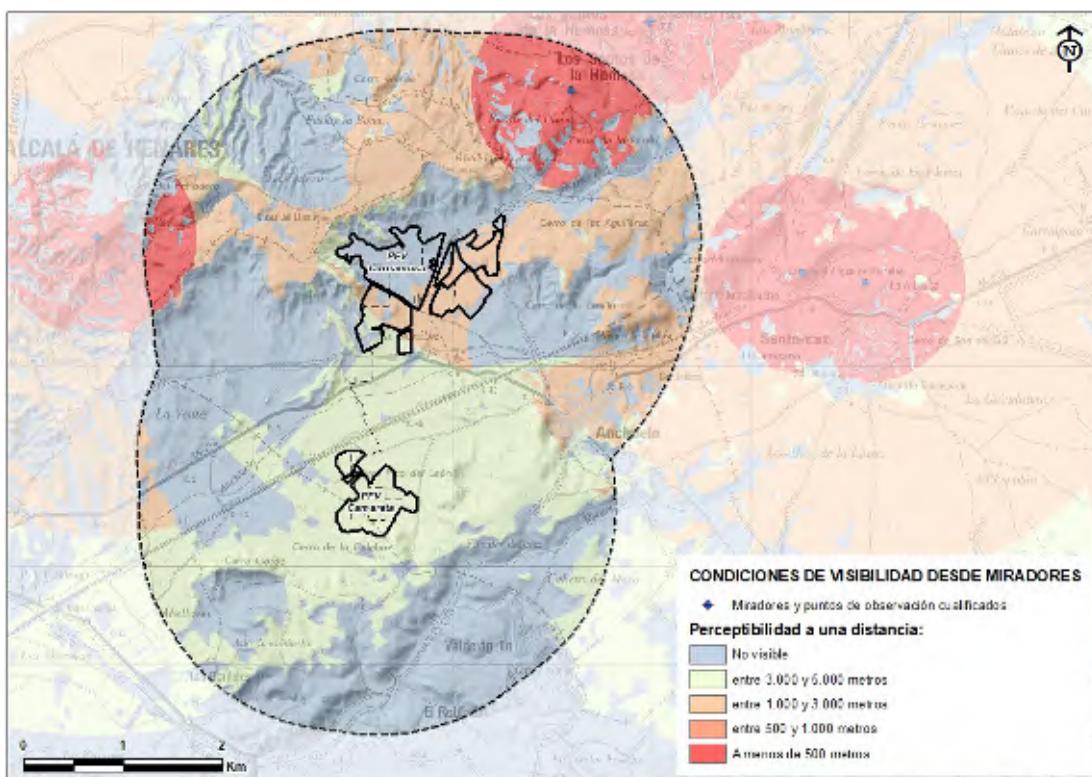


Figura 11. Visibilidad del ámbito de actuación desde los miradores y puntos de observación cualificados (con distinción por distancia al objeto observado). MDT-05 CNIG. Fuente: elaboración propia.

4.5.5 Intervisibilidad de observación cualificada

La intervisibilidad de observación cualificada, es decir, la cualidad que tiene el territorio a ser percibido desde miradores y/o sendas de uso y disfrute paisajístico se calcula mediante la

ponderación del mapa de visibilidad desde sendas paisajísticas por el de mapa de visibilidad desde miradores, teniendo en cuenta los siguientes coeficientes por distancia:

Distancia desde la que se percibe un objeto desde mirador	Coeficiente
Menos de 500 metros	2,50
Entre 500 y 1000 metros	2,00
Entre 1000 y 3000 metros	1,50
Entre 3000 y 5000 metros	1,25
No visible	1,00

Obteniéndose el siguiente resultado:

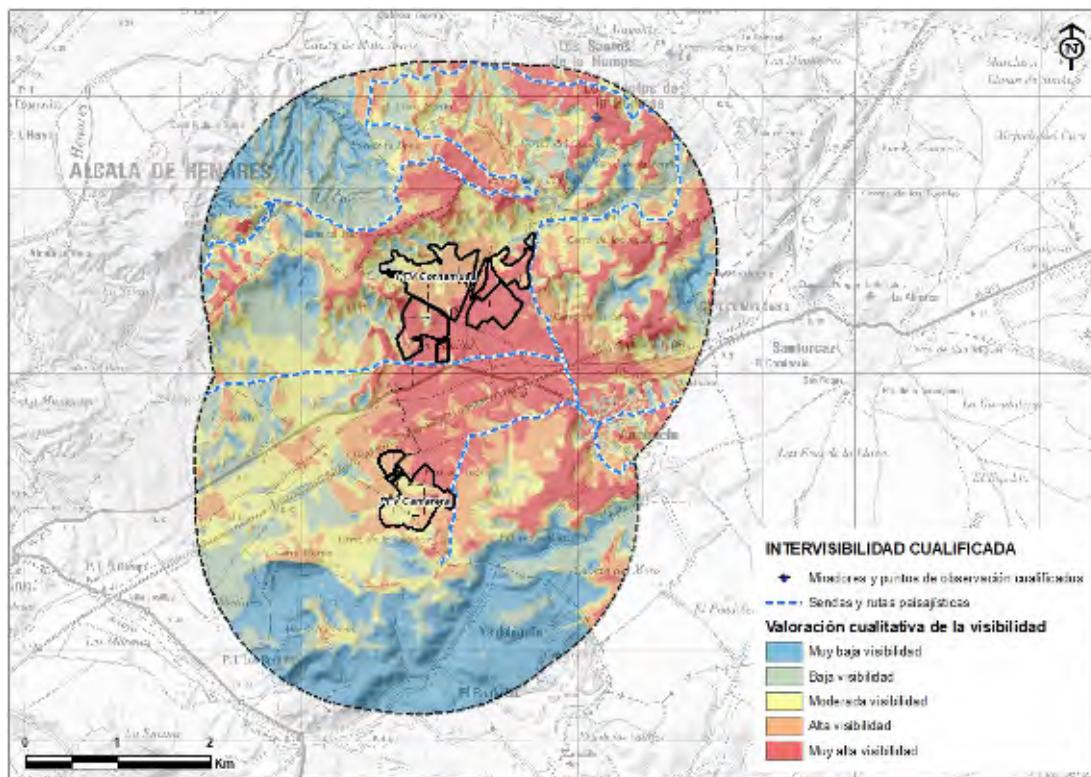


Figura 12. Visibilidad del ámbito de actuación desde los miradores y puntos de observación cualificados (con distinción por distancia al objeto observado). MDT-05 CNIG. Fuente: elaboración propia.

4.5.6 Estimación de la intervisibilidad ponderada total del ámbito de estudio

Finalmente, haciendo uso de los tres resultados obtenidos para los diferentes cálculos de visibilidad (general, desde carreteras y de observación cualificada), y mediante una suma ponderada que cualifica de mayor a menor interés el territorio percibido según sea visto desde lugares de observación cualificada (peso = 5), carreteras (peso = 3) o el territorio en general

(peso = 2), se estima que la intervisibilidad ponderada total del ámbito de estudio es la siguiente:

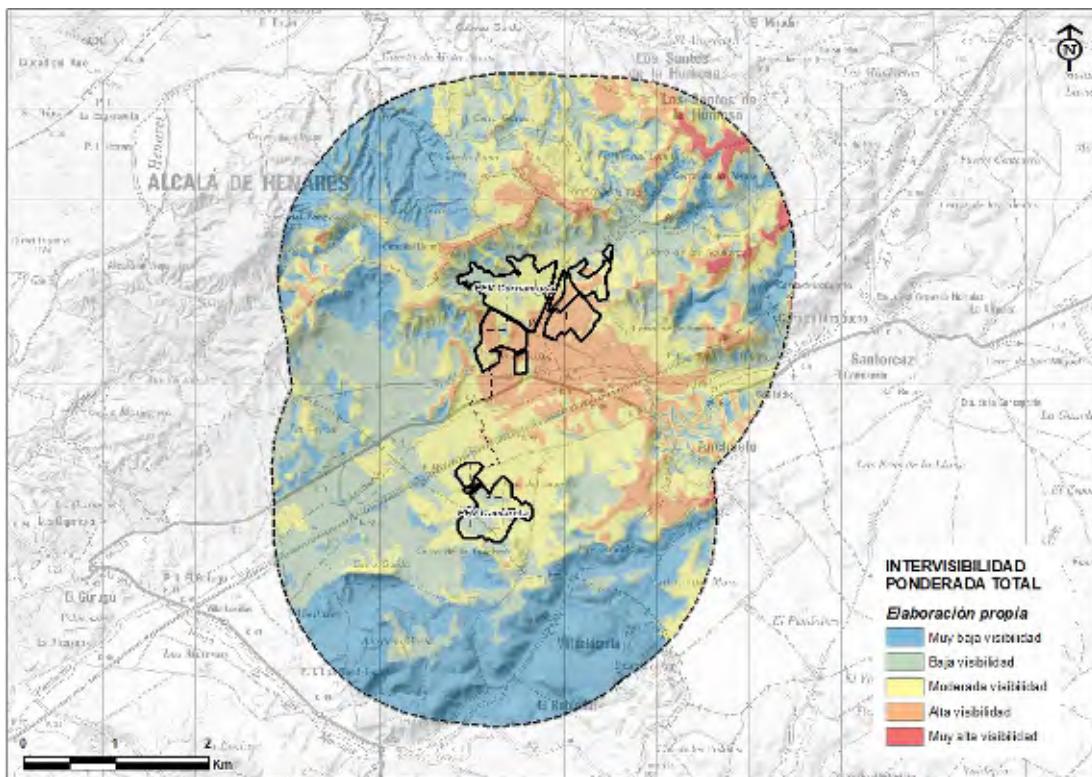


Figura 13. Estimación de la intervisibilidad ponderada total del ámbito de actuación. MDT-05 CNIG. Fuente: elaboración propia.

Como se observa en las figuras que acompañan, la mayor intervisibilidad se produce en las zonas llanas localizadas en el entorno de Cornamusa Solar y hacia el núcleo de población de Anchuelo, hecho éste que se ve acentuado sobre la intervisibilidad ponderada total como consecuencia de la mayor densidad de sendas y rutas de carácter paisajístico con origen en Anchuelo; mientras que la menor intervisibilidad se produce en la zona de mayor ruptura del relieve como consecuencia de la alternancia de lomas y encajamientos fluviales asociados a las vertientes del Henares.

4.6 ANÁLISIS DE LA CALIDAD PAISAJÍSTICA DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

El análisis de la calidad paisajística del ámbito de estudio se ha realizado a partir de dos fuentes de información complementarias: las capas de información cartográfica relativas a la calidad y fragilidad visual del paisaje de la Comunidad de Madrid y una diagnosis de elaboración propia, realizada a partir del trabajo de campo y gabinete sobre aquellos aspectos que cualifican (o descualifican) las unidades de paisaje presentes (elementos significativos de carácter natural y antrópico, extensión relativa en la escena, representatividad en el paisaje alcarreño, consumo perceptivo, presencia de elementos distorsionantes...).

A partir de estas dos fuentes la calidad paisajística del ámbito de actuación se desarrolla en dos escalas; en primer lugar, se valora la calidad del paisaje de cada una de las unidades de paisaje presentes en el ámbito de estudio en relación a los siguientes factores:

- La extensión relativa de cada una de ellas en el ámbito de estudio
- La mayor o menor presencia de elementos significativos de carácter natural y/o antrópico en cada unidad.
- La representatividad de la unidad de paisaje en relación con los rasgos identitarios de la comarca de La Alcarria madrileña.
- El consumo perceptivo global de cada unidad de paisaje
- La vulnerabilidad de las mismas.
- La mayor o menor presencia de elementos distorsionantes del paisaje

Y, en segundo lugar, el resultado obtenido se matiza con el análisis ponderado de los siguientes factores:

- La calidad visual del paisaje
- La fragilidad visual del paisaje
- La intervisibilidad ponderada conjunta
- La presencia local de elementos singulares de carácter natural
- La presencia local de elementos singulares de carácter antrópico

En base a estas premisas, el resultado del proceso metodológico es el siguiente mapa de calidad paisajística:

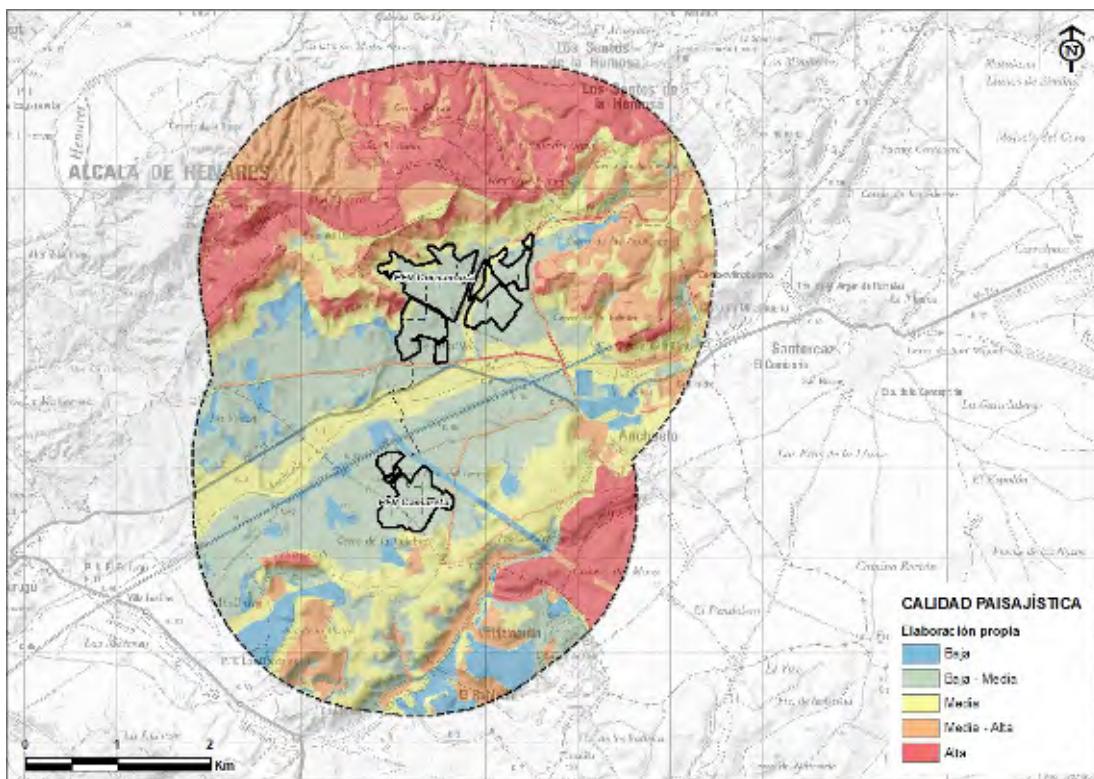


Figura 14. Calidad paisajística del ámbito de estudio. Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la anterior figura, la calidad del paisaje concentra sus mayores valores sobre la unidad de Cuestas del Henares, asociada a la presencia de elementos del relieve de notable singularidad como los escarpes, las cuestas y, sobre todo, la mesa del "Ecce Homo". Por el contrario, los valores más bajos se asocian a las zonas de menor visibilidad de la unidad "Valles y Cuestas del Anchuelo y el Pantueña" y las zonas distorsionadas de los ensanches urbanos y usos residenciales.

En cualquier caso, el emplazamiento de las plantas fotovoltaicas muestra un paisaje muy antropizado, que mantiene una evolución negativa por la profunda transformación asociada a la cercanía del dinamismo económico del polo de la ciudad de Madrid, lo que conlleva una progresiva banalización de los escenarios y, la ausencia de altos valores de calidad paisajística.

4.6.1 Análisis de la dimensión social del paisaje

La dimensión social del paisaje tiene que ver con la contribución del mismo a la creación de las identidades territoriales a través de una percepción común desde la subjetividad de cada individuo. En este sentido, la presencia de escenarios singulares coadyuva a esa conformación identitaria entre paisaje y población, que en el caso que nos ocupa, se fundamenta en un paisaje característico conformado por páramos y llanuras, vegas de grandes ríos y terrazas. Este tipo de paisaje es muy característico en la zona, donde además se localizan figuras de protección como montes de utilidad pública, que cuentan con unos valores de conservación

englobados en las características ecológicas que confiere esta tipología de paisaje. Son estos valores naturales los que confieren verdadera entidad al paisaje en los que se engloba el ámbito de estudio. Y son estos valores, en su conjunto, los que los potenciales observadores van a poder disfrutar desde lugares estratégicos como miradores o rutas verdes; o desde vías de paso que barren toda la zona analizada. Todos estos factores se recogen en el apartado 6.11.4 del presente documento.

También cabe destacar que, debido al continuo desarrollo urbano, este paisaje ha sido modificado continuamente, evolucionando desde la caracterización rural-natural a lo urbano. El desarrollo de pequeñas edificaciones, naves, vertederos, etc., que provienen del desarrollo de la capital, Madrid, genera la pérdida de identidad y fragmentación al paisaje original.

En cualquier caso, hay que considerar que la verdadera dimensión social del paisaje sólo puede reconocerse a partir de un estudio sociológico reglado que permita identificar los vínculos entre los pobladores y algunos escenarios paisajísticos en concreto. En ausencia de éste, el análisis realizado en este capítulo se basa únicamente en la identificación de la singularidad del escenario referido a partir de su reconocimiento en redes sociales, páginas webs especializadas, etc.

Tal y como se recoge en varias entradas web, la zona de estudio se enmarca en una "*joya paisajística*" como es la "Alcarria". Cabe destacar la importancia y reconocimiento, que numerosos blogs de paisaje y naturaleza, otorgan a este espacio. En sí la Alcarria es una comarca natural que no tiene claridad en sus límites geográficos, si bien, se encuentra delimitada en su parte noroeste por el polígono formado por los ríos Jarama, Henares y Tajo. La zona de estudio se enmarca en esta zona, si bien se encuentra en la periferia de esta delimitación. Por otro lado, a la hora de enmarcar la comarca de la Alcarria nos podemos guiar por los pueblos citados en estas webs, identificados como enclaves destacados de la zona ya sea por su singularidad histórica, como por la presencia del casco histórico y su visión fiel a la tradición ganadera y agrícola que persigue al ámbito de la Alcarria. Estos son Loeches, Campo Real, Nuevo Baztán, Olmeda de las Fuentes, Pezuelas de las Torres y Ambite en la Comunidad de Madrid, entre otros. La zona de estudio se encuentra en los municipios de Anchuelo y Villalbillia. Estos municipios, a pesar de no ser identificados como destacables en la Alcarria, se encuentran limitando con los nombrados y además comparten características ecológicas de esta comarca natural.

En esta línea, se atribuye a la Alcarria una experiencia de gran valor, en la que se puede aunar el disfrute por los grandes contrastes visuales, que se ofrecen, como se ha comentado antes: los páramos y campiñas tapizadas por valles, vegas y fuertes pendientes; por un asombroso conjunto de arquitectura popular, círculos históricos bien conservados, ciudades monumentales

cargadas de historia; por un rico patrimonio monumental, fiel de un rico pasado histórico; y finalmente por una conocida gastronomía tradicional.

En el caso que nos ocupa, además, este nivel de identidad se ve superado, puesto que estos escenarios forman parte de la obra "Viaje a la Alcarria (1946)" del Nobel Camilo José Cela. Ratificando aún más su popularidad, el propio Cela quiso cambiar su popular frase "*La Alcarria es un hermoso país al que la gente no le da la gana ir*" por, años después, "*La Alcarria es un hermoso país al que la gente ya le va dando la gana ir*".

Además, cabe destacar que tras la reciente crisis sanitaria ha aumentado el interés popular de disfrutar de la naturaleza y de los "paisajes de proximidad" ante situaciones de inmovilidad internacional. De esta manera, se están revalorizando los paisajes rurales, que se encuentran cerca de grandes urbes, como en este caso al encontrarse a apenas 10 km de Madrid.

La zona de estudio se encuentra, por tanto, formando parte de este paisaje de la Alcarria, por lo que la ejecución de las actuaciones significaría una disrupción en este. Además, a pesar de que el paisaje se encuentra fraccionado por la presencia de otras zonas industrializadas y urbanas, estas no se encuentran limítrofes por lo que la distancia entre las actuaciones y las zonas urbanas favorecen mas aún la visión fraccionada del paisaje de la Alcarria. Se estaría favoreciendo el incremento de la fracción urbana en detrimento de la fracción natural - rural. Se considera que supondrá un cambio significativo a nivel de paisaje.

Esto desde el punto de la vista de la percepción social sería un obstáculo visual apreciable que afectaría a la visión global de un paisaje conservado y tradicional de la zona agroganadera de las afueras de Madrid y parte de la Mancha.

5 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE ESPECIAL INCIDENCIA PAISAJÍSTICA (PEIP)

La superposición de toda la información inventariada y de la altura y localización de los módulos que conforman la actuación de las PSFV Camareta Solar y Cornamusa Solar permite implementar una metodología de identificación de efectos sobre Puntos de Especial Singularidad Paisajística, al objeto de poder abordar la afección paisajística de manera particularizada y a diferentes escalas.

La alteración de los escenarios en los que se inscriben las implantaciones previstas deriva de la introducción en el territorio de un conjunto de elementos de gran tamaño (en torno a los 4 m de altura) que, por su disposición en malla ortogonal y cromatismo oscuro, pero, sobre todo, por su gran extensión, provoca una incidencia visual notable que se ve reforzada o minimizada en función de la calidad paisajística del medio que la alberga y de los usos que la circundan.

De este modo, el análisis de efectos sobre el paisaje se basa en la identificación de puntos desde los cuales la percepción de las plantas fotovoltaicas puede resultar conflictiva, bien por la incidencia sobre escenarios singulares, bien por su alta perceptibilidad desde lugares óptimos para la contemplación del paisaje.

Se trata, en definitiva, de poner de manifiesto las relaciones espaciales entre la calidad paisajística de las diferentes unidades sobre las que inciden los elementos que componen las Plantas Solares Fotovoltaicas y su perceptibilidad desde puntos o recorridos especialmente definidos para el disfrute paisajístico, identificando aquellos puntos desde los cuáles la percepción de las plantas fotovoltaicas puede resultar conflictiva, bien por la incidencia sobre escenarios singulares, bien por su alta perceptibilidad desde lugares óptimos para la contemplación del paisaje.

5.1 CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE ESPECIAL INCIDENCIA PAISAJÍSTICA (PEIP)

A diferencia de las metodologías habituales empleadas para la identificación de zonas de especial incidencia (ZEIP) en líneas eléctricas de alta/media tensión (LEAT), en las que se pone el foco en la identificación de aquellos apoyos que producen una intrusión notable en el paisaje, de forma que dichos ZEIP se establecen sobre lugares concretos del trazado de la LEAT, la especial naturaleza de estas instalaciones, cuya extensión sobre el territorio es, sin duda, la dimensión más importante y, a su vez, más rígida, se deriva en la necesidad de evolucionar el análisis hacia la **identificación de los puntos sobre los cuáles se percibe una mayor incidencia paisajística**, sobre todo si estos se relacionan con lugares óptimos

para la observación del paisaje (miradores, sendas, paseos y parques urbanos de borde) o nos acercan al mismo, como ocurre en el caso de las carreteras locales.

Para la identificación de estos PEIP se proponen los siguientes criterios:

1. **PEIP en distancia media.** Puntos de observación cualificados (miradores y puntos óptimos), tramos de rutas paisajísticas (caminos rurales, sendas, vías pecuarias) o tramos de carreteras locales que se incluyan en la superposición de la cuenca visual de la implantación con la cuenca visual del escenario de alta calidad paisajística a una distancia máxima de 2 Km (distancia media), de modo que la instalación quede interpuesta entre el punto de observación y el lugar observado.
2. **PEIP en distancia corta.** Puntos de observación cualificados (miradores y puntos óptimos), tramos de rutas paisajísticas (caminos rurales, sendas, vías pecuarias) o tramos de carreteras locales ubicados dentro de la cuenca visual de la instalación a una distancia inferior a 500 metros (distancia corta), con independencia de la calidad paisajística de la cuenca circundante.
3. **PEIP en distancia larga.** Para el caso en el que sea identificado en el ámbito de estudio un hito paisajístico de singular valoración que trascienda el análisis paisajístico realizado por su trascendencia como Paisaje de Interés, se identificarán, además, aquellos puntos de observación cualificados (miradores y puntos óptimos), tramos de rutas paisajísticas (caminos rurales, sendas, vías pecuarias) o tramos de carreteras locales que se incluyan en la superposición de la cuenca visual de la implantación con la cuenca visual del dicho escenario ampliando la distancia máxima a 5 Km (distancia larga), y siempre y cuando la instalación quede interpuesta entre el punto de observación y el lugar observado.

En atención a estos criterios, y teniendo en cuenta los valores obtenidos en el cálculo de la calidad paisajística y que pueden apreciarse en la figura siguiente, la presencia de espacios de calidad alta y media-alta en el entorno de los emplazamientos para las PSFV trae consigo la necesidad de analizar las cuencas visuales de los miradores y puntos de observación, rutas paisajísticas y carreteras a media y corta distancia. Por el contrario, la ausencia de hitos paisajísticos de singular valoración se deriva en la innecesariedad de identificar PEIP en distancias largas.

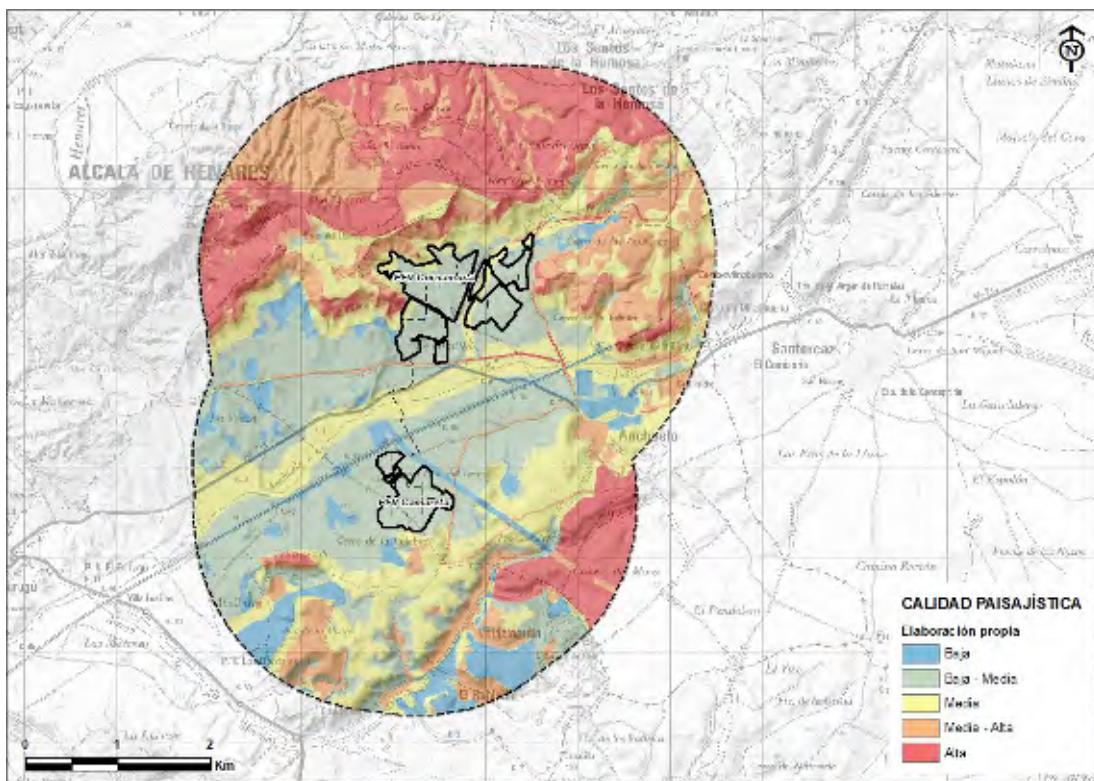


Figura 15. Localización de las PSFV de Camareta y Cornamusa en relación con las zonas con alta calidad paisajística y elevada intervisibilidad ponderada total. Fuente: elaboración propia.

5.2 CRITERIO 1. IDENTIFICACIÓN DE PEIP EN DISTANCIAS MEDIAS

A la vista del mapa de calidad paisajística, el elemento singular, en este caso de relieve, que dota al escenario paisajístico de los emplazamientos propuestos para las PSFV de un valor medio-alto en cuanto a la calidad paisajística se refiere está conformado por la cornisa de culminación del glacis en el interfluvio del río Henares con el arroyo de Anchuelo.

Al objeto de identificar los puntos de especial incidencia paisajística, en relación con el citado elemento, se procede al análisis de la intersección entre la cuenca visual de la cornisa y la cuenca visual de las plantas fotovoltaicas, del siguiente modo:

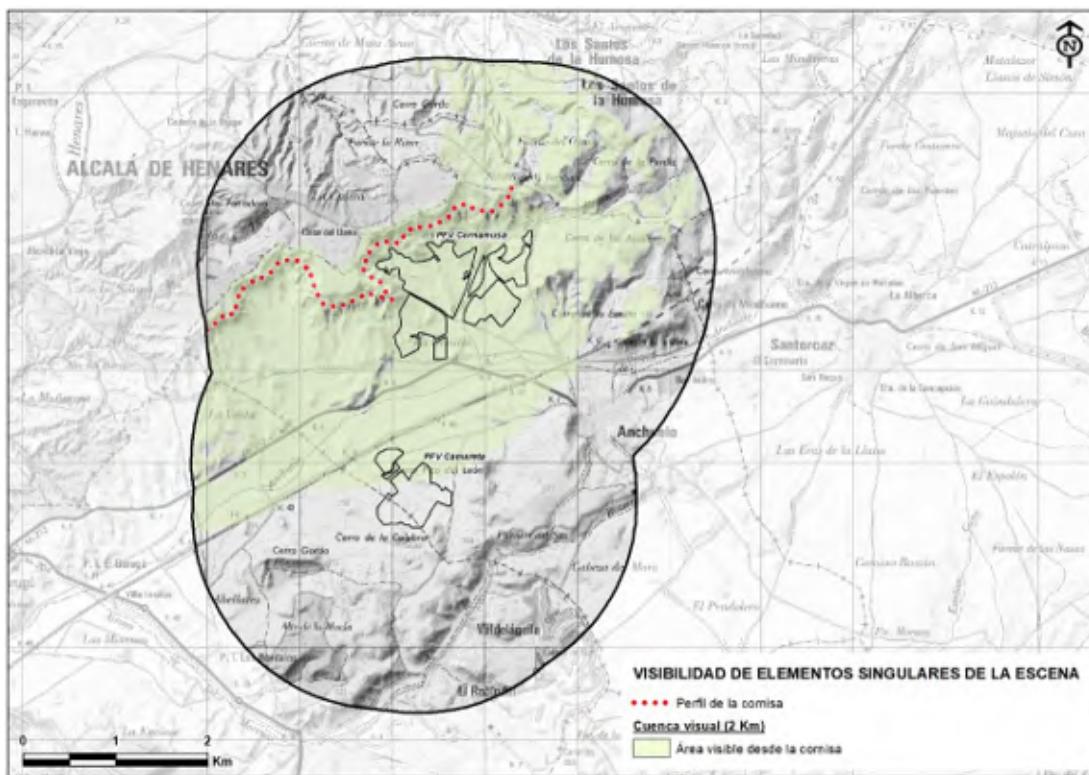


Figura 16. Cuenca visual de la cornisa existente en el borde del interfluvio entre el río Henares y el arroyo de Anchuelo como elemento singular del escenario. Fuente: elaboración propia.

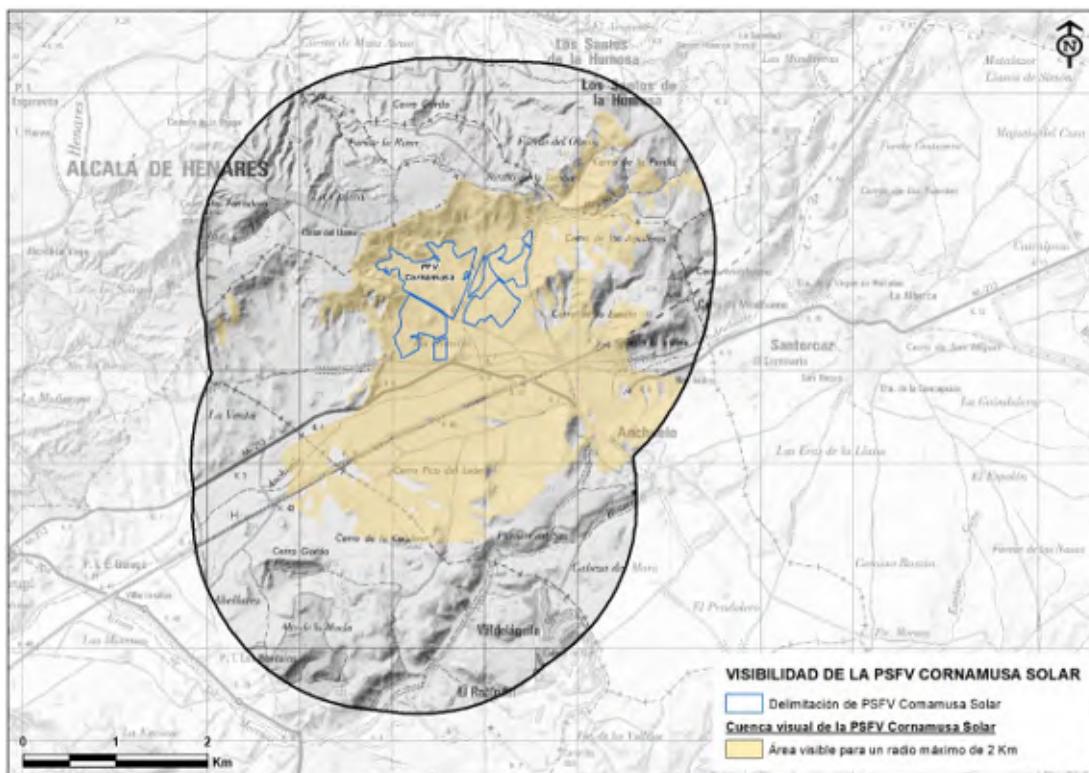


Figura 17. Cuenca visual de la PSFV Cornamusa Solar. Fuente: elaboración propia.

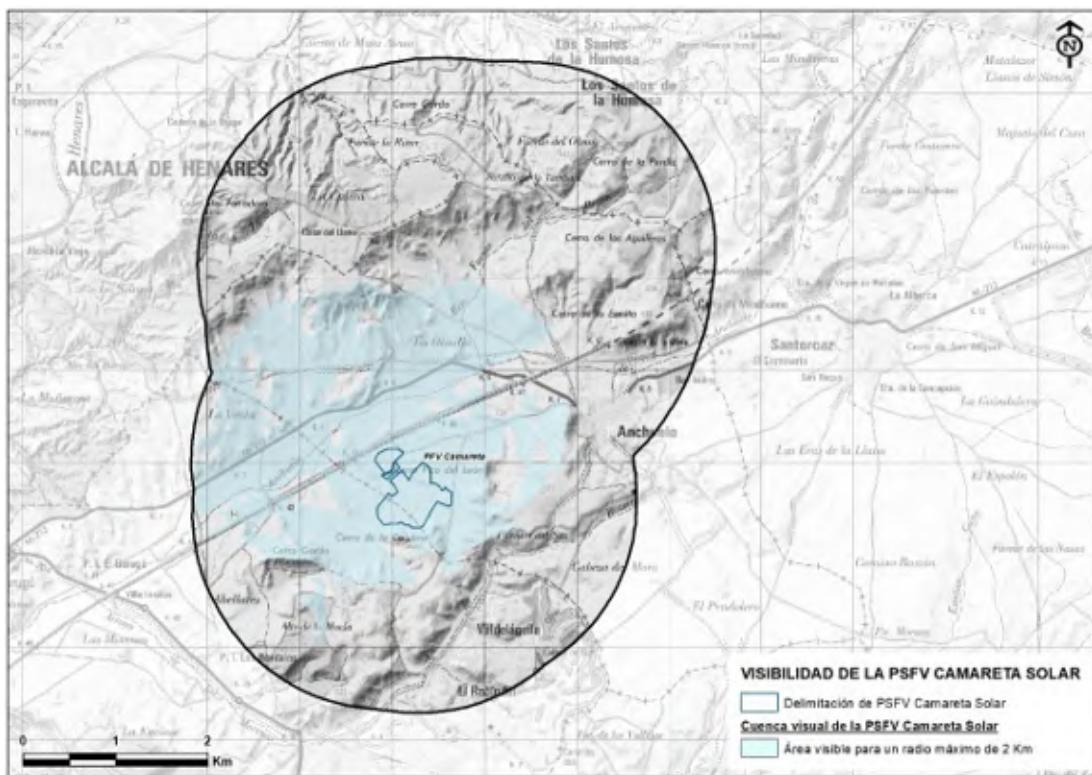


Figura 18. Cuenca visual de la PSFV Camareta Solar. Fuente: elaboración propia.

A partir de las cuencas visuales individuales de cada elemento (cornisa y PSFVs) calculadas sobre un radio máximo de visión de 2 Km, se calcula el ámbito intersección de dichas cuencas, es decir, la zona del territorio desde donde resulta visible el elemento singular de relieve y alguna zona comprendida dentro del vallado de las implantaciones, tal y como se muestra en la siguiente figura, en la que se han incluido también los miradores y puntos óptimos para la observación del paisaje, rutas y senderos de carácter paisajísticas y carreteras locales:

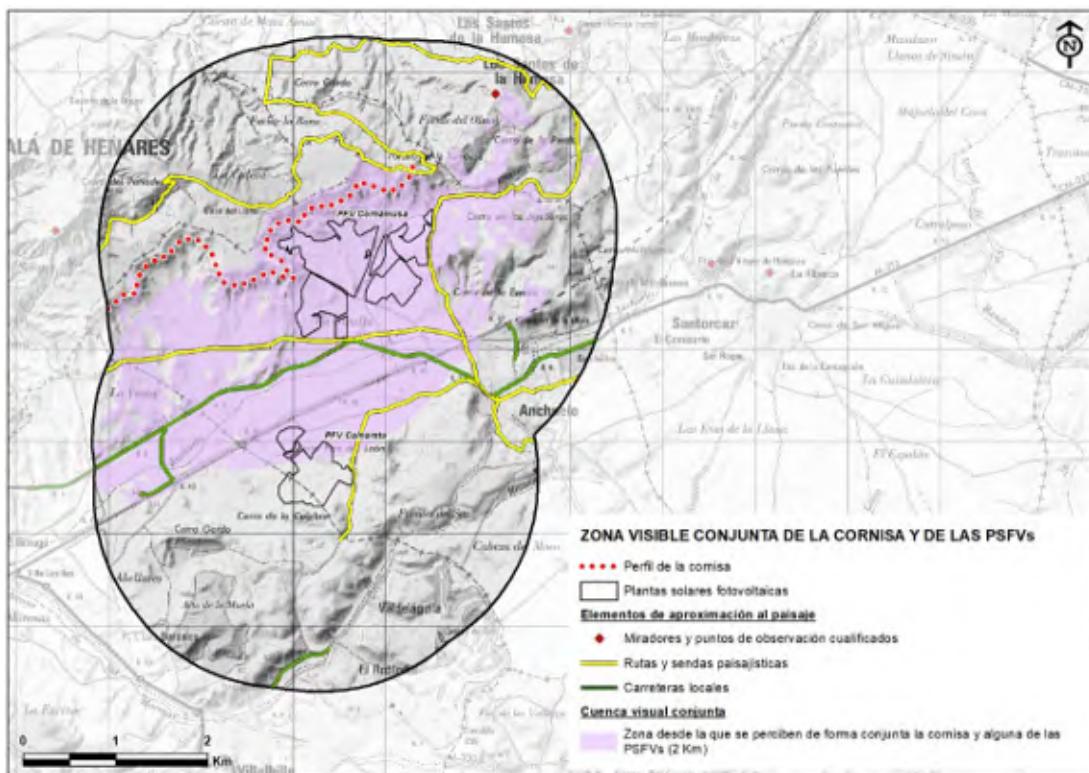


Figura 19. Zona desde la que se percibe, al mismo tiempo, la cornisa y alguna de las dos (o las dos) PSFVs. Fuente: elaboración propia.

Atendiendo a los criterios expuestos, se identifican, por tanto, los siguientes Puntos de Especial Incidencia Paisajística (PEIP):

1. Mirador del Cerro de la Perdiz
2. Colada del camino de la Barca
3. Colada del abrevadero
4. Carretera M-213

En cualquier caso, se confirma que el escenario afectado no resulta visible desde el núcleo de Anchuelo, aunque la PSFV Cornamus Solar sí que lo es por sí misma.

5.3 CRITERIO 2. IDENTIFICACIÓN DE PEIP EN DISTANCIAS CORTAS

El siguiente criterio tiene que ver con la visibilidad de la actuación en distancias inferiores a 500 metros, con independencia de la calidad paisajística afectada. Para la identificación de los PEIPs asociados a este criterio se calculan las cuencas visuales de las PSFV con un radio máximo de 500 metros y se identifican los miradores, rutas y senderos y/o carreteras que puedan quedar incluidas en dichas cuencas visuales, tal y como se pone de manifiesto en la siguiente figura:

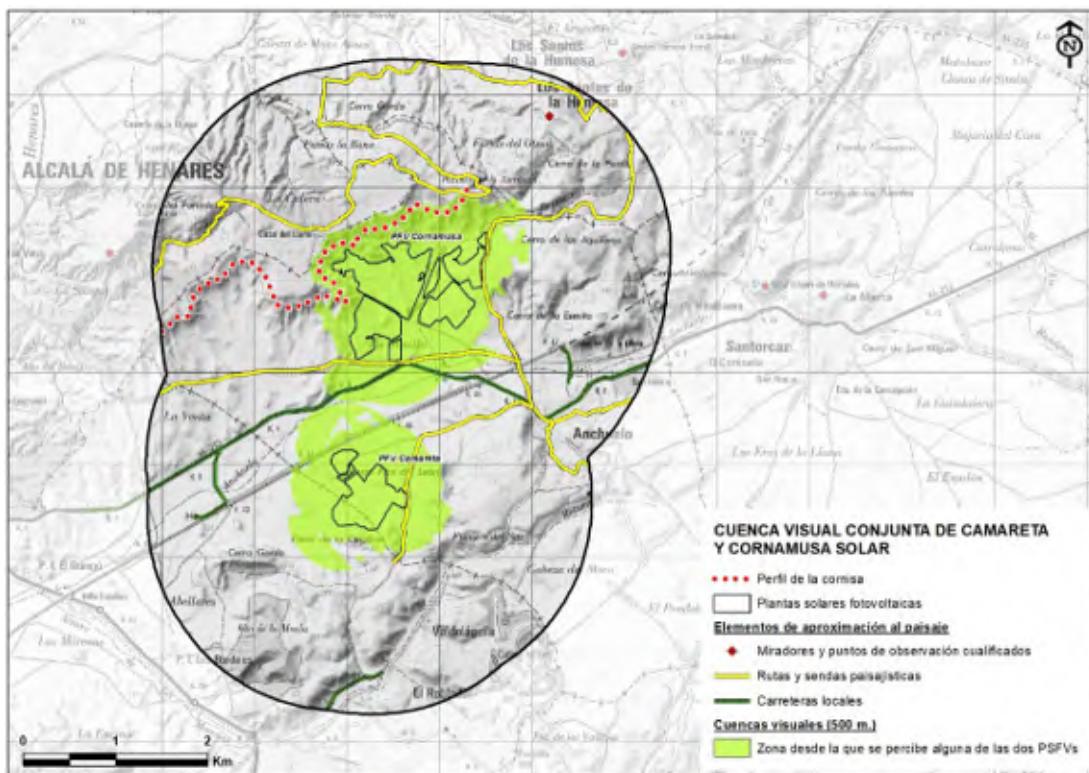


Figura 20. Cuenca visual conjunta de la PSFV Camareta Solar y de la PSFV Cornamusa Solar sobre un radio máximo de 500 metros. Fuente: elaboración propia.

En atención al criterio definido, se identifican los siguientes PEIPs por resultar afectados por la intromisión visual de las PSFV a una distancia inferior a 500 metros:

1. Camino de los Eros
2. Colada del camino de la Barca (ya identificado en el criterio anterior)
3. Colada del abrevadero (ya identificado en el criterio anterior)
4. Carretera M-213 (ya identificado en el criterio anterior)

6 INVENTARIO DE DETALLE. EVALUACIÓN DE EFECTOS Y MEDIDAS DE INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA

La tercera fase del estudio se basa en el análisis de detalle de los Puntos de Especial Incidencia Paisajística (PEIP) identificados según los tres criterios anteriores, aportando además información directa derivada de la observación en campo, como por ejemplo la presencia de barreras visuales no detectadas por las capas de información vectorial.

El objetivo principal es evaluar la afección real en aquellos puntos en los que se ha detectado que potencialmente puede producirse una incidencia visual y diseñar, si fueran necesarias,

medidas para la mejora de la integración paisajística y mejora de la relación visual con los emplazamientos y rutas de cualificación paisajística.

Con tal objetivo, se analizarán las características de los escenarios percibidos desde los Puntos de Especial Incidencia, y la relación visual prevista entre éstos y la futura Planta Solar Fotovoltaica.

6.1 ANÁLISIS DE DETALLE DE LOS PUNTOS DE ESPECIAL INCIDENCIA PAISAJÍSTICA IDENTIFICADAS

El análisis de las condiciones presentes en cada uno de los PEIPs identificados ha requerido la comprobación mediante observación y fotografiado directo en campo, detallando aspectos claves como:

- Los elementos naturales y/o antrópicos que otorgan una especial cualificación a la escena
- La magnitud de la afección en relación al entorno observado.
- La presencia de miradores, puntos de observación, caminos y sendas (rutas) cualificados por su uso y disfrute recreativo – paisajístico y las características de los potenciales usuarios de los mismos (rutas turísticas, paseos locales, vistas desde núcleo identitarias con la población, etc.)
- La interferencia con la cuenca visual de hitos singulares del paisaje.
- La presencia de elementos barrera pre-existentes que minimicen la afección
- La presencia de otros elementos distorsionantes dentro de la cuenca visual con capacidad para ejercer efectos sinérgicos/acumulativos aumentando la banalidad de la escena percibida.
- La potencialidad del punto de observación para la implementación de medidas de integración e impostaje de la futura instalación.

6.1.1 PEIP 1. Mirador del Cerro de la Perdiz.

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE ESPECIAL INCIDENCIA PAISAJÍSTICA:

Mirador del Cerro de la Perdiz

ALTITUD DEL ÁMBITO DE OBSERVACIÓN:

872,72 m

SUPERFICIE DE PSFV VISIBLE POR DISTANCIA

Superficie de PSFV visible a menos de 500 m: 0 Has

Superficie de PSFV visible entre 500 y 2000 m: 55,76 Has

Superficie de PSFV visible entre 2000 y 5000 m: 116,02 Has

CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE

Unidad de paisaje principal:

51. Valles y cuestas del Anchuelo y el Pantueña

Calidad paisajística: Media-Baja

Elementos de carácter antrópico presentes en el escenario paisajístico:

Núcleo de Anchuelo

Elementos de carácter natural presentes en el escenario paisajístico:

Cauce del Arroyo del Anchuelo

Elementos singulares del relieve:

Cornisa de coronación de la cuesta del Anchuelo con el interfluvio del Henares

Cerro Gordo

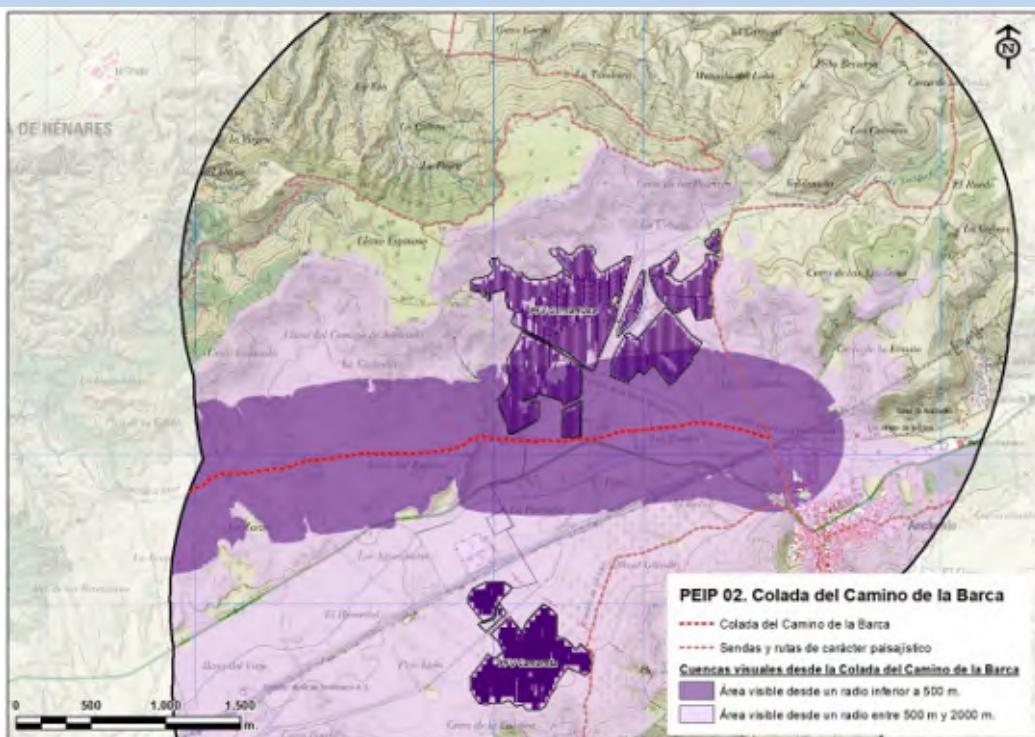
Presencia de elementos distorsionantes:

Subestación REE de Anchuelo y LEATs existentes

Ensanche urbano y usos industriales de Anchuelo

Trazado del AVE

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS DE CONDICIONES EN EL PEIP



Análisis de perceptibilidad

El mirador (o punto de observación óptimo) situado en una de las estribaciones del cerro de la Perdiz posee una amplia panorámica del corredor visual del Arroyo de Anchuelo, incluyendo a buena parte de la unidad de paisaje “Valles y Cuestas del Anchuelo y el Pantueña”.

En dicha unidad de paisaje, coexisten algunos elementos de relieve asociados a la geomorfología tabular de cierta singularidad paisajística como: las cornisas y cortados que sirven de transición entre las cuestas (glacis) y la coronación de los cerros yesíferos que separan las cuencas vertientes del Anchuelo y el Henares, y que además resultan muy visibles por su cambio de coloración debido a los yesos presentes; las citadas “cuestas” o glacis de piedemonte que sirven de transición entre el valle del arroyo y los propios cerros yesíferos que autocontienen el escenario visual

FOTO PEIP 01-1. Panorámica del ámbito de Cornamusa Solar



Como se observa en la figura, la intromisión visual más notoria corresponde a la implantación de los módulos de Cornamusa Solar que serán visibles a una distancia situada entre los 500 metros y los 2000 metros, por lo que se espera que su incidencia visual sea de una magnitud media-alta pues los módulos serán percibidos desde una cota superior y supondrán una importante transformación por la uniformidad cromática y de textura del paisaje actual que, por otro lado, resulta extremadamente cambiante según la estación del año.

Por otra parte, también resultan visibles desde esta ubicación, los módulos previstos en el emplazamiento meridional de Camareta Solar, aunque en esta ocasión, la visibilidad se produce a distancias mayores (entre 2000 m. y 5000 m.) por lo que la incidencia visual será más moderada (Media) que en el caso anterior.

6.1.2 PEIP 2. Colada del Camino de la Barca.

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE ESPECIAL INCIDENCIA PAISAJÍSTICA:

Ruta paisajística de la Colada del Camino de la Barca

ALTITUD DEL ÁMBITO DE OBSERVACIÓN:

Entre los 714 m. y 753 m.

SUPERFICIE DE PSFV VISIBLE POR DISTANCIA

Superficie de PSFV visible a menos de 500 m: 25,00 Has

Superficie de PSFV visible entre 500 y 2000 m: 137,00 Has

CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE

Unidad de paisaje principal:

51. Valles y cuestas del Anchuelo y el Pantueña

Calidad paisajística: Media-Baja

Elementos de carácter antrópico presentes en el escenario paisajístico:

Núcleo de Anchuelo

Elementos de carácter natural presentes en el escenario paisajístico:

Cauce del Arroyo del Anchuelo

Elementos singulares del relieve:

Cornisa de coronación de la cuesta del Anchuelo con el interfluvio del Henares

Cerro Gordo

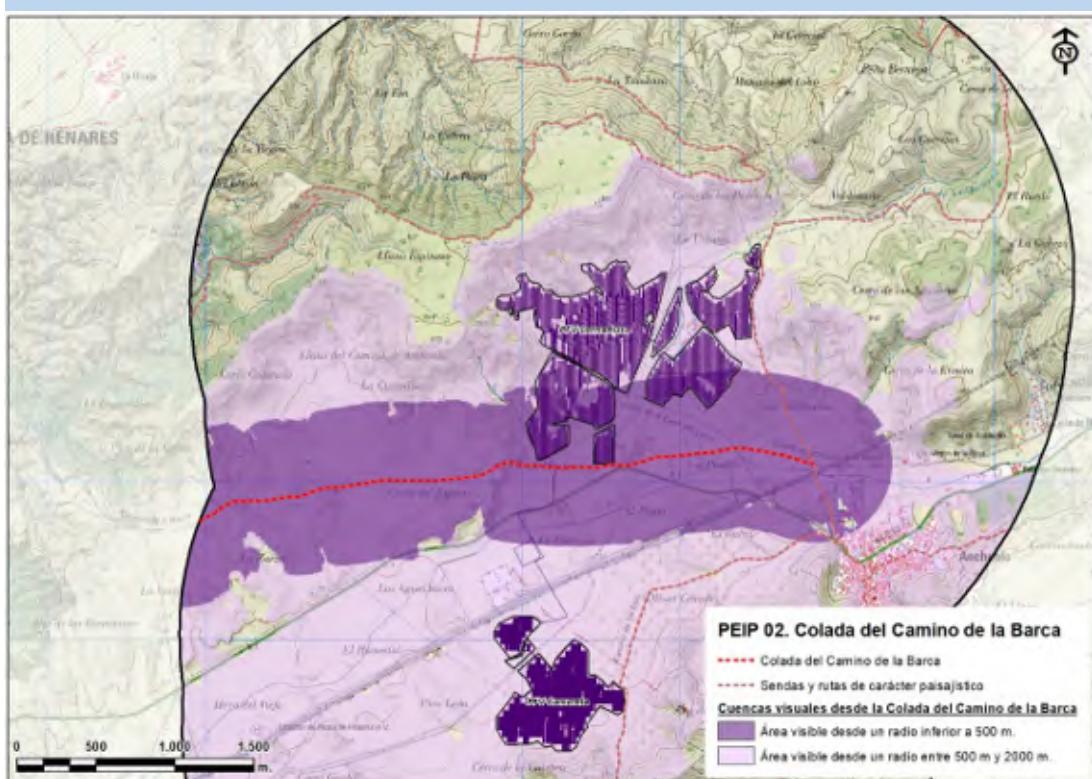
Presencia de elementos distorsionantes:

Subestación REE de Anchuelo y LEATs existentes

Ensanche urbano y usos industriales de Anchuelo

Trazado del AVE

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS DE CONDICIONES EN EL PEIP



Análisis de perceptibilidad

La Colada del Camino de la Barca atraviesa el ámbito de los emplazamientos de Cornamusá y Camarena Solar en sentido W-E, de manera que deja en su margen derecha a los módulos de Cornamusá Solar y en su margen izquierda a los módulos de Camarena Solar, aprovechando el corredor fluvial del Arroyo de Anchuelo.

FOTO PEIP 02-1. Panorámica del ámbito de Cornamusá Solar y Camareta Solar desde la Colada del Camino de la Barca



Probablemente, la panorámica perceptible desde esta vía pecuaria es la más afectada por la propuesta de implantación de módulos fotovoltaicos ya que concurren en la escena las siguientes circunstancias:

- En primer lugar, el recorrido de la colada ofrece la visión de plantas en ambas márgenes, aunque la margen derecha resulta más impactada pues los módulos de Cornamusá Solar se hallan en un radio inferior a 500 metros
- En segundo, lugar, la configuración en cuesta del ámbito de implantación implica que sean visibles la totalidad de la superficie de las plantas, en las que más de la mitad de su área es perceptible a distancia corta (menor de 500 metros).
- Y finalmente, se trata de caminos rurales muy utilizados por los pobladores cercanos, sobre todo de Anchuelo, como rutas recreativas para el paseo y ocio y, por ende, el disfrute paisajístico.

Con todo ello, puede deducirse que la incidencia visual prevista desde este recorrido es de una magnitud alta, pues se espera una profunda transformación cromática y de textura de la unidad de paisaje, en la que, por el carácter masivo de la actuación, se va a producir una banalización absoluta de los actuales escenarios paisajísticos.

6.1.3 PEIP 3. Colada del Abrevadero.

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE ESPECIAL INCIDENCIA PAISAJÍSTICA:

Ruta paisajística de la Colada del Abrevadero

ALTITUD DEL ÁMBITO DE OBSERVACIÓN:

Entre los 731 m. y 883 m.

SUPERFICIE DE PSFV VISIBLE POR DISTANCIA

Superficie de PSFV visible a menos de 500 m: 23,08 Has

Superficie de PSFV visible entre 500 y 2000 m: 99,24 Has

CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE

Unidad de paisaje principal:

51. Valles y cuestas del Anchuelo y el Pantueña

Calidad paisajística: Media-Baja

Elementos de carácter antrópico presentes en el escenario paisajístico:

Núcleo de Anchuelo

Elementos de carácter natural presentes en el escenario paisajístico:

Cauce del Arroyo del Anchuelo

Elementos singulares del relieve:

Cornisa de coronación de la cuesta del Anchuelo con el interfluvio del Henares

Cerro Gordo

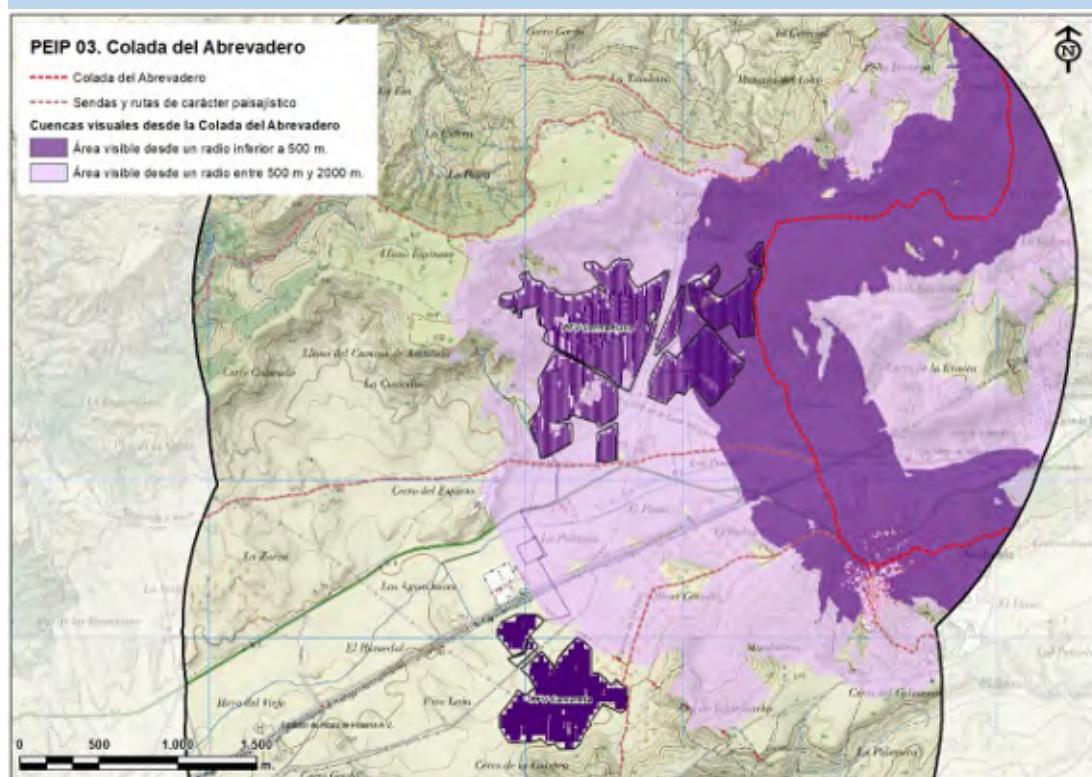
Presencia de elementos distorsionantes:

Subestación REE de Anchuelo y LEATs existentes

Ensanche urbano y usos industriales de Anchuelo

Trazado del AVE

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS DE CONDICIONES EN EL PEIP



Análisis de perceptibilidad

La Colada del Abrevadero discurre en dirección Norte-Sur por el lateral oeste del emplazamiento de la PSFV de Cornamusa Solar, de manera que los módulos fotovoltaicos quedan en su margen derecha.

FOTO PEIP 03-1. Panorámica del ámbito de Cornamusa Solar desde la Colada del Camino de la Barca



Como en el caso anterior, la intromisión visual de las plantas se produce a distancias cortas, no en vano Cornamusa Solar linda con esta vía pecuaria, de modo que un total de 23,08 Ha son perceptible desde la colada a menos de 500 metros.

El resto de los módulos que componen Cornamusa Solar (99,24 Ha más) se perciben en la franja de 500 a 2000 m. Sin embargo, desde dicha ruta no se perciben, a menos de 2 Km, ninguno de los módulos de Camareta Solar.

En cualquier caso, y como en el PEIP anterior, puede también concluirse que la incidencia visual prevista desde este recorrido es de una magnitud alta, pues también se espera que la transformación cromática y de textura de las plantas provoque la banalización del escenario paisajístico.

6.1.4 PEIP 4. Carretera M-213.

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE ESPECIAL INCIDENCIA PAISAJÍSTICA:

Carretera M-213

ALTITUD DEL ÁMBITO DE OBSERVACIÓN:

Entre los 688 m. y 758 m.

SUPERFICIE DE PSFV VISIBLE POR DISTANCIA

Superficie de PSFV visible a menos de 500 m: 13,12 Has

Superficie de PSFV visible entre 500 y 2000 m: 139,69 Has

CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE

Unidad de paisaje principal:

51. Valles y cuestas del Anchuelo y el Pantueña

Calidad paisajística: Media-Baja

Elementos de carácter antrópico presentes en el escenario paisajístico:

Núcleo de Anchuelo

Elementos de carácter natural presentes en el escenario paisajístico:

Cauce del Arroyo del Anchuelo

Elementos singulares del relieve:

Cornisa de coronación de la cuesta del Anchuelo con el interfluvio del Henares

Cerro Gordo

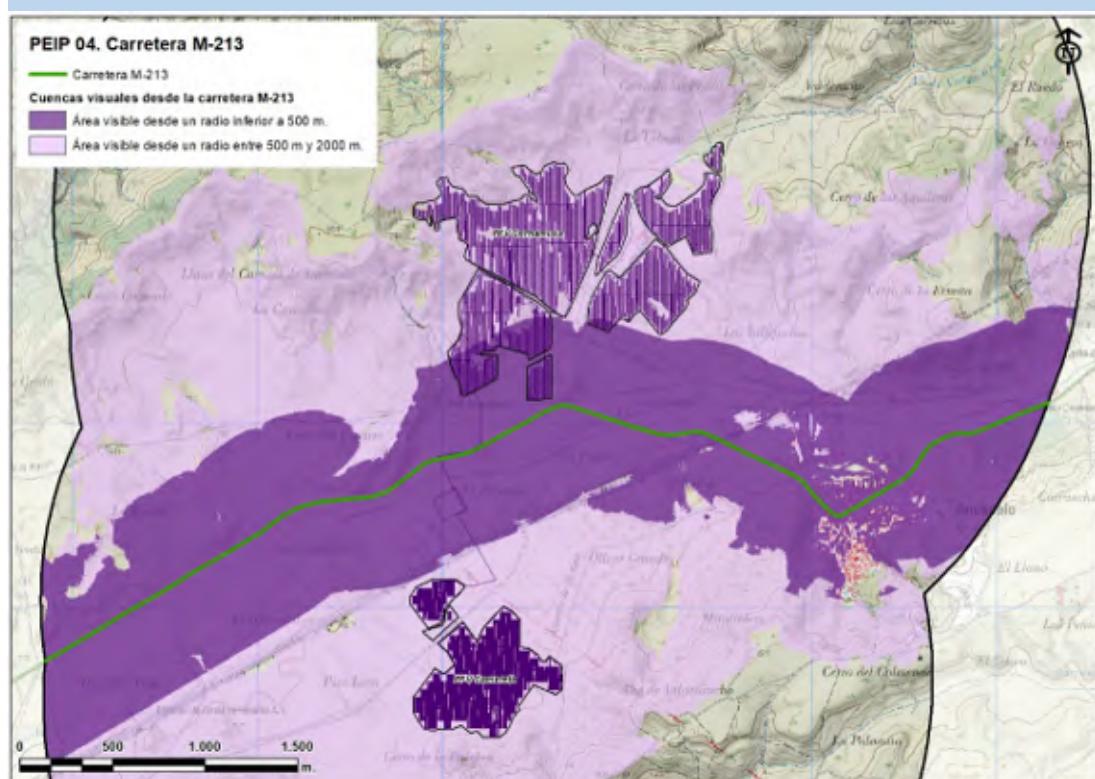
Presencia de elementos distorsionantes:

Subestación REE de Anchuelo y LEATs existentes

Ensanche urbano y usos industriales de Anchuelo

Trazado del AVE

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS DE CONDICIONES EN EL PEIP



Análisis de perceptibilidad

Como en el caso del PEIP 02 de la Colada del Camino de la Barca, la carretera M-213 atraviesa el ámbito de los emplazamientos de Cornamusa y Camarena Solar en sentido W-E, de manera que deja en su margen derecha a los módulos de Cornamusa Solar, y en su margen izquierda a los módulos de Camarena Solar.

FOTO PEIP 04-1. Panorámica del ámbito de Cornamusa Solar desde la Carretera M-213



La perceptibilidad desde este viario del ámbito de implantación de sendas localizaciones es alta, aunque la mayor parte de los módulos se perciben a distancias medias entre los 500 m. y los 2000; sin embargo, este hecho lejos de resultar una ventaja en cuanto a la atenuación de la incidencia visual, supone un inconveniente debido al efecto que se produce en nuestra visión cuando nos movemos a velocidades elevadas.

En efecto, cuanto mayor es la velocidad, nuestro campo de visión descansada se amplía y dejan de ser perceptibles los objetos cercanos al eje de movimiento del vehículo ya que tan solo percibimos los situados a mayor distancia puesto que tardan más tiempo en salir de nuestro campo de visión descansada.

En conclusión, la incidencia visual prevista desde la M-213 es de una magnitud media-alta, ya que la intromisión visual de los módulos en la escena va a afectar a una gran cantidad de observadores (usuarios de la carretera).

6.1.5 PEIP 5. Camino de los Eros.

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE ESPECIAL INCIDENCIA PAISAJÍSTICA:

Camino de los Eros

ALTITUD DEL ÁMBITO DE OBSERVACIÓN:

Entre los 731 m. y 821 m.

SUPERFICIE DE PSFV VISIBLE POR DISTANCIA

Superficie de PSFV visible a menos de 500 m: 17,81 Has

Superficie de PSFV visible entre 500 y 2000 m: 119,26 Has

CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE

Unidad de paisaje principal:

51. Valles y cuestas del Anchuelo y el Pantueña

Calidad paisajística: Media-Baja

Elementos de carácter antrópico presentes en el escenario paisajístico:

Núcleo de Anchuelo

Elementos de carácter natural presentes en el escenario paisajístico:

Cauce del Arroyo del Anchuelo

Elementos singulares del relieve:

Cornisa de coronación de la cuesta del Anchuelo con el interfluvio del Henares

Cerro Gordo

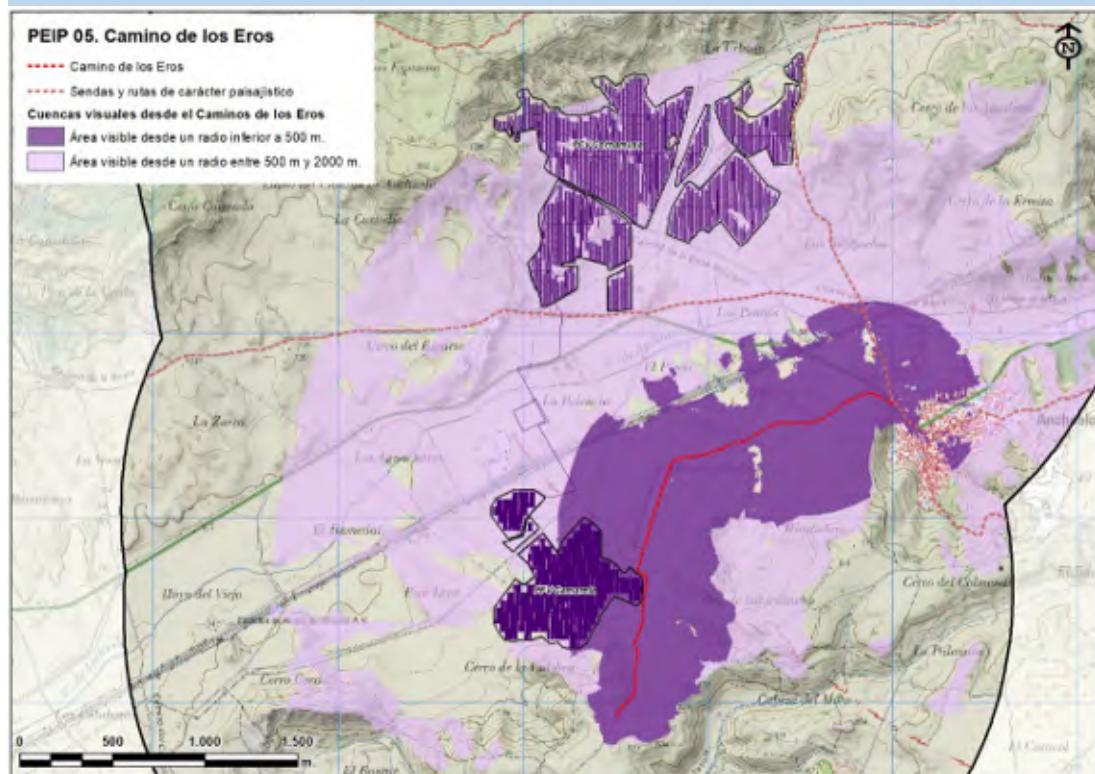
Presencia de elementos distorsionantes:

Subestación REE de Anchuelo y LEATs existentes

Ensanche urbano y usos industriales de Anchuelo

Trazado del AVE

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS DE CONDICIONES EN EL PEIP



Análisis de perceptibilidad

El camino de los Eros discurre en sentido Norte-Sur desde Anchuelo hasta El Robledal, lindando en un tramo con los módulos más meridionales de Camareta Solar.

FOTO PEIP 05-1. Panorámica del ámbito de Cornamusa Solar desde la Carretera M-213



En efecto, esta cercanía del camino a las implantaciones se deriva en una incidencia visual de cierta magnitud pues resultan perceptibles casi 17,81 Ha de Camareta Solar a menos de 500 m. y prácticamente se puede percibir la totalidad de Cornamusa Solar entre los 500 y los 2000 m.

Como en el caso de las anteriores sendas pecuarias, la cercanía de estas rutas a la población de Anchuelo trae consigo que el número de usuarios y, por ende, el número de potenciales observadores; ello unido al carácter masivo de la transformación paisajística implica que la magnitud de la incidencia pueda ser considerada de media, para Cornamusa, a alta para Camareta.

6.1.6 Valoración final de efectos sobre el paisaje

En síntesis, la evaluación de efectos sobre el paisaje se ha realizado mediante la identificación de "Puntos de Especial Incidencia Paisajística", a partir de los siguientes criterios:

1. **PEIP en distancia media.** Puntos de observación cualificados (miradores y puntos óptimos), tramos de rutas paisajísticas (caminos rurales, sendas, vías pecuarias) o tramos de carreteras locales que se incluyan en la superposición de la cuenca visual de la implantación con la cuenca visual del escenario de alta calidad paisajística a una distancia máxima de 2 Km (distancia media), de modo que la instalación quede interpuesta entre el punto de observación y el lugar observado.
2. **PEIP en distancia corta.** Puntos de observación cualificados (miradores y puntos óptimos), tramos de rutas paisajísticas (caminos rurales, sendas, vías pecuarias) o tramos de carreteras locales ubicados dentro de la cuenca visual de la instalación a una distancia inferior a 500 metros (distancia corta), con independencia de la calidad paisajística de la cuenca circundante.

A partir de la identificación de estas zonas, la magnitud del impacto se ha valorado en función de las relaciones visuales existentes entre la localización de los emplazamientos, los elementos singulares o distorsionantes presentes, la calidad y la fragilidad de la unidad de paisaje en la que se incluyen estos PEIP y, sobre todo, la posible percepción desde zonas cualificadas con alta presencia de observadores potenciales.

De este modo, la valoración final de los efectos sobre el paisaje atiende tanto a la fase de obra como a la de funcionamiento, si bien es cierto que, los impactos esperados en la fase de construcción son mínimos en comparación con los esperados en la fase de funcionamiento, ya que la incidencia visual de las plantas solares fotovoltaicas se entiende una vez esté construida; en todo caso, los efectos de fase de obra corresponderán a las variaciones de color y textura derivadas de los movimientos de tierra y explanación e instalación de los módulos fotovoltaicas, de carácter temporal e intensidad baja-media, reversible si no se continuará con la instalación de los módulos.

De este modo, la caracterización del impacto esperado en fase de construcción es de (signo) negativo, (intensidad) baja-media, (extensión) parcial, (relación causa-efecto) directo, (complejidad) simple, (persistencia) temporal; (reversibilidad natural) reversible y (recuperabilidad) recuperable, por lo que se considera de **magnitud global compatible-moderado**.

Por el contrario, los efectos esperados en fase de funcionamiento se caracterizan a partir de la intromisión de la línea y subestaciones en los diferentes escenarios por los que discurre, aunque también se entienden como parciales, ya que el impacto se entiende únicamente en

los puntos de especial incidencia paisajística identificados y, por tanto, se considera que en fase de funcionamiento la caracterización global del impacto sobre el paisaje es de (signo) negativo, (intensidad) baja-media, (extensión) puntual, (relación causa-efecto) directo, (complejidad) acumulativo, (persistencia) permanente; (reversibilidad natural) irreversible y (recuperabilidad) recuperable, por lo que se considera de **magnitud global moderado-severo**.

Así mismo, se ha considerado el impacto esperado sobre el paisaje en la fase de desmantelamiento, en la que se entiende que aplicadas las medidas preventivas y correctoras que se establecen en el capítulo correspondiente, el desmantelamiento de los paneles supone la recuperación de los espacios agrícolas originales y, por tanto, el impacto se considera de (signo) positivo.

Tabla 3. Atributos de la importancia del efecto en el paisaje. Se indica el valor numérico de la importancia del impacto, su valor una vez normalizado, así como su valoración literal.

Paisaje			
Atributos de Importancia	Fase		
	Construcción	Funcionamiento	Desmantelamiento
Significativo / No significativo	Significativo	Significativo	Significativo
Signo	Negativo	Negativo	Positivo
Intensidad	Baja-Media	Media	
Extensión	Parcial	Parcial	
Causa-efecto	Directo	Directo	
Complejidad	Simple	Acumulativo	
Persistencia	Temporal	Permanente	
Reversibilidad	Reversible	Irreversible	
Recuperabilidad	Recuperable	Recuperable	
Importancia (<i>ImI</i>)	21	34	-
Importancia Normalizada (<i>ImNi</i>)	0,42	0,68	-
VALORACIÓN	COMPATIBLE-MODERADO	MODERADO-SEVERO	POSITIVO

6.2 Propuesta de medidas de integración paisajística

Se exponen las medidas, de muy diferente naturaleza, que han sido tomadas en consideración a lo largo de todo el proceso de análisis y toma de decisiones. Éstas se clasifican según su "momento" y objetivo de la intervención (en Preventivas / Correctoras):

- Medidas de restauración paisajísticas aplicables al conjunto de las PSFV
- Medidas correctoras y de integración paisajística de la actuación sobre los PEIPs identificados

6.2.1 Medidas de restauración paisajística aplicables al conjunto de las PSFV

Con carácter general se aplicarán las siguientes medidas correctoras al conjunto de instalaciones fotovoltaicas o edificios anexos:

- Descompactación de los suelos que no deban ser ocupados por los módulos fotovoltaicos.
- Restauración vegetal-paisajística de los espacios no ocupados por los módulos. Se favorecerá el uso de especies que fomenten el desarrollo de especies polinizadoras para contribuir a las campañas en favor de la pervivencia de las abejas, tan importante en las comarcas alcarreñas de producción de miel.
- Las edificaciones se diseñarán acorde con las tipologías constructivas de la zona.
- Los muros y muretes necesarios se ejecutarán preferentemente en piedra seca, en imitación a los majanos clásicos de la comarca alcarreña.
- Los viales deberán mantenerse en piedra o zahorra evitando su pavimentación mediante betunes asfálticos.
- Se evitará el alumbrado nocturno de las plantas, respetando las condiciones lumínicas de la zona de implantación.

6.2.2 Medidas correctoras y de integración paisajística de la actuación sobre los PEIPs identificados

Con carácter particular se aplicará la siguiente medida con localización precisa sobre los PEIP establecidos:

Plantación arbórea en una franja perimetral para la ocultación parcial e integración paisajística de las PSFVs de Camareta y Cornamusa (MC04)

Esta plantación utilizará especies autóctonas, combinando especies perennifolias y caducifolias y tendrá una densidad de plantación ligeramente variable para evitar artificialidad. Realmente

la plantación se extenderá en una franja estrecha, evitando una disposición lineal artificial, con objeto dar cierta naturalidad a la plantación.

Las plantaciones tendrán un efecto de apantallamiento y filtrado de la escena, cuya densidad de individuos variará en función de la velocidad de paso de los observadores y de los tramos donde se aplique la medida.

Las especies arbóreas propuesta para estas plantaciones serán *Olea europaea*, *Ulmus minor*, *Pinus halepensis* y *Prunus dulcis*. De manera complementaria a la plantación, se implementará en la franja de plantación, individuos de especies también autóctonas de porte arbustivo, que contribuyan a integrar visualmente y aumentar el grado de adecuación ecológica de las PSFVs.

Se proponen dos densidades diferentes, una para observadores desde caminos y otra para observadores desde carreteras:

- Plantación perimetral a las PSFVs de mayor densidad para integración paisajística en:
 - Límite sur de las PSFVs Cornamusa Solar (2.648 m) para minimizar impactos visuales desde el PEIP 2. Colada del Camino de la Barca.
 - Límite norte de la PSFV Camareta Solar (1.850 m) para minimizar impactos visuales desde el PEIP 2. Colada del Camino de la Barca.
 - Límite Este de las Plantas de Cornamusa Solar (1.430 m) y Camareta Solar (600 m) para minimizar impactos visuales desde el PEIP 3. Colada del Abrevadero.
 - Límite Este de la Planta de Camareta Solar, coincidente con la dirección del trazado de dicho camino (725 m) para minimizar impactos visuales desde el PEIP 5. Camino de los Eros.
- Plantación de menor densidad situada a una distancia prudencial con el PEIP 4. Carretera M-213 que no ponga en riesgo la seguridad vial de los conductores, para integración paisajística en:
 - Camareta Solar (1.000 m)
 - Cornamusa Solar (1.600 m)

Integración paisajística de la escena percibida desde el mirador del Cerro de la Perdiz (MC05)

La aplicación de las anteriores medidas, tanto preventivas como correctoras de carácter general como específicas para los PEIP 2, 3, 4 y 5, se consideran suficientes y adecuadas para la integración paisajística de la actuación desde el Mirador del Cerro de la Perdiz.

6.2.3 Evaluación final de la incidencia visual esperada tras la aplicación de las medidas de corrección e integración paisajísticas

Tras el análisis de detalle efectuado sobre los cinco Puntos de Especial Incidencia Paisajística y la aplicación de las medidas generales y particulares de integración y/o recuperación paisajística expuestas en el epígrafe anterior, la incidencia visual residual esperado es el siguiente:

Tabla 4. Tabla resumen de la incidencia visual esperada después de la aplicación de las medidas correctoras y de integración paisajística.

Puntos de Especial Incidencia Paisajística	Incidencia Visual Esperada
PEIP 1. Mirador del Cerro de la Perdiz	
Camareta Solar	Baja
Cornamusa Solar	Media-Baja
PEIP 2. Colada del Camino de la Barca	
Camareta Solar	Media
Cornamusa Solar	Media
PEIP 3. Colada del Abrevadero	
Camareta Solar	-
Cornamusa Solar	Media
PEIP 4. Carretera M-213	
Camareta Solar	Baja
Cornamusa Solar	Baja
PEIP 5. Camino de los Eros	
Camareta Solar	Media
Cornamusa Solar	Baja

Por lo que se puede concluir que, con carácter general, la incidencia visual una vez aplicadas las medidas propuestas, podría considerarse de magnitud **media-baja**.

APÉNDICE CARTOGRÁFICO

