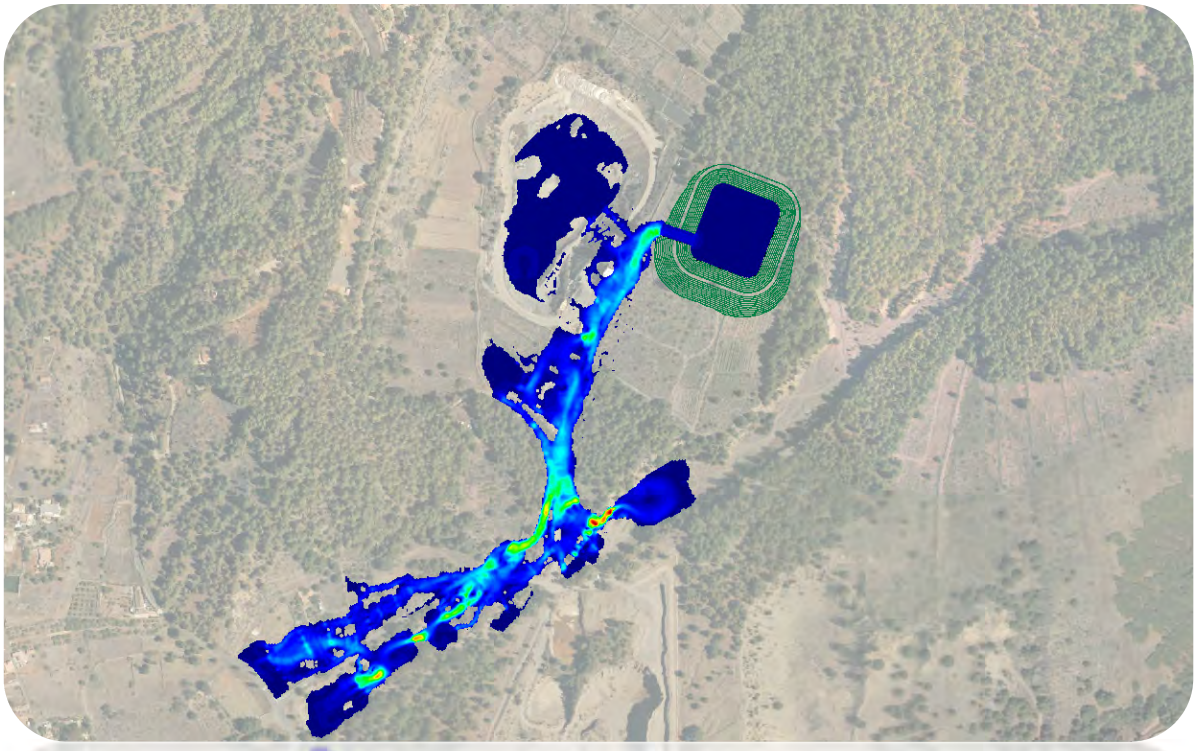
ANEJO 11

PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE LA BALSA



PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN BALSA DE EL PASO

PROYECTO DE LA BALSA DE EL PASO

T.M. DE EL PASO – ISLA DE LA PALMA

ENERO 2022

Ingeniero consultor: Guillermo Santana González

Ingeniero Civil. Colegiado nº 23.087

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 2
2 PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN 3
3 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA 4
3.1 CARACTERISTICAS DE LA BALSA 4
3.1.1 IDENTIFICACIÓN 4
3.1.2 SITUACIÓN DE LA BALSA 4
3.1.3 FORMA DE LLENADO DE LA BALSA 5
3.1.4 CARACTERÍSTICAS DEL DIQUE y ÓRGANOS DE DESAGÜE 5
3.1.5 CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE 6
3.1.6 SISTEMA DE AUSCULTACIÓN 6
3.1.7 CURVA ALTURA/VOLUMEN DE AGUA 7
3.1.8 CUENCA HIDROGRÁFICA DONDE SE INSERTA EL EMBALSE 7
3.1.9 DATOS SÍSMICOS DEL EMPLAZAMIENTO 7
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL CAUCE AGUAS ABAJO 8
3.2.1 TIPOLOGÍA DE LA ZONA 10
3.2.2 EDIFICACIONES QUE PODRÁN SER AFECTADAS 11
3.2.3 SERVICIOS ESENCIALES QUE PODRÁN SER AFECTADAS 11
3.2.4 DAÑOS MATERIALES QUE PODRÁN SER AFECTADAS 13
3.2.5 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES, HISTÓRICO-ARTÍSTICOS O CULTURALES QUE PODRÁN SER AFECTADAS 15
3.3 METODOLOGÍA Y DATOS BÁSICOS DEL ANÁLISIS 16
3.3.1 MODELO HIDRÁULICO 16
3.3.2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL ANÁLISIS 16
3.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS 26
3.4.1 CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LAS DIMENSIONES 26
3.4.2 CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DEL RIESGO POTENCIAL 26
4 NORMATIVAS CONSULTADAS Y APLICADAS 39
5 BIBLIOGRAFÍA 39
6 CONCLUSIONES 39

1 INTRODUCCIÓN

El presente anejo constituye la **propuesta de clasificación de la balsa El Paso** en cumplimiento con el artículo 367 del Título VII del RD 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico que dice textualmente:

> "Los titulares de presas y balsas de altura **superior a 5 metros** o de capacidad de embalse mayor de 100.000 m^3, de titularidad privada o pública, existentes, en construcción **o que se vayan a construir**, estarán obligados a solicitar su clasificación y registro. La resolución de clasificación deberás dictarse en el plazo máximo de un año".

Debido a que la balsa proyectada El Paso tiene una altura de dique de cierre de 13,3 metros (superior a 5 metros), es de obligado cumplimiento realizar la presente propuesta de clasificación.

Para la ejecución de los trabajos, se ha seguido los criterios y recomendaciones establecidos por la Guía Técnica para la Clasificación de Presas de noviembre de 2021 que se adapta al nuevo marco normativo y actualiza la metodología de cálculo respecto a la Guía de 1996.

2 PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

DENOMINACIÓN DE LA BALSA	**BALSA DE EL PASO** del *"Proyecto de la Balsa de El Paso (T.M. de El Paso). Isla de La Palma*
Propuesta de clasificación	**PEQUEÑA PRESA – CATEGORÍA C**
Fecha	Enero 2022
Proponen	Guillermo Santana González. Ingeniero Civil. Colegiado nº 23.087

Ante las justificaciones expuestas en los siguientes apartados, se propone que la balsa de El Paso del "Proyecto de la Balsa de El Paso (T.M. de El Paso). Isla de La Palma", sea clasificada como PEQUEÑA PRESA DE CATEGORÍA C, a los efectos contemplados en la Directriz Básica de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones y el RD 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

Documentos que se adjuntan:

JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA:

- Características de la balsa
- Características del cauce aguas abajo
- Metodología y datos básicos del análisis
- Resultados del análisis
- Normativas consultadas y aplicadas
- Bibliografía
- Conclusiones

ANEXOS:

1. Reportaje fotográfico
2. Planos
3. Justificación de la capacidad del cauce aguas abajo

Firma del Titular:

Firma del autor de la propuesta:

Fdo. Guillermo Santana González.

Ingeniero Civil. Colegiado nº. 23.087

3 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

3.1 CARACTERISTICAS DE LA BALSA

3.1.1 IDENTIFICACIÓN

Denominación: Balsa de El Paso.

Titular: Consejo Insular de Aguas de La Palma.

Dirección: Carretera Cumbrecita [LP-302] s/n.

Código Postal 38027. Término Municipal El Paso.

Isla de La Palma. Santa Cruz de Tenerife.

3.1.2 SITUACIÓN DE LA BALSA

Demarcación hidrográfica: La Palma.

Coordenadas UTM: X: 221.767,6 m Y: 3.174.551,3 m (Red geodésica REGCAN95 Huso 28)

La balsa se encuentra **fuera de cauce** (Domino Público Hidráulico)

Provincia: Santa Cruz de Tenerife.

Comunicada autónoma: Canarias.

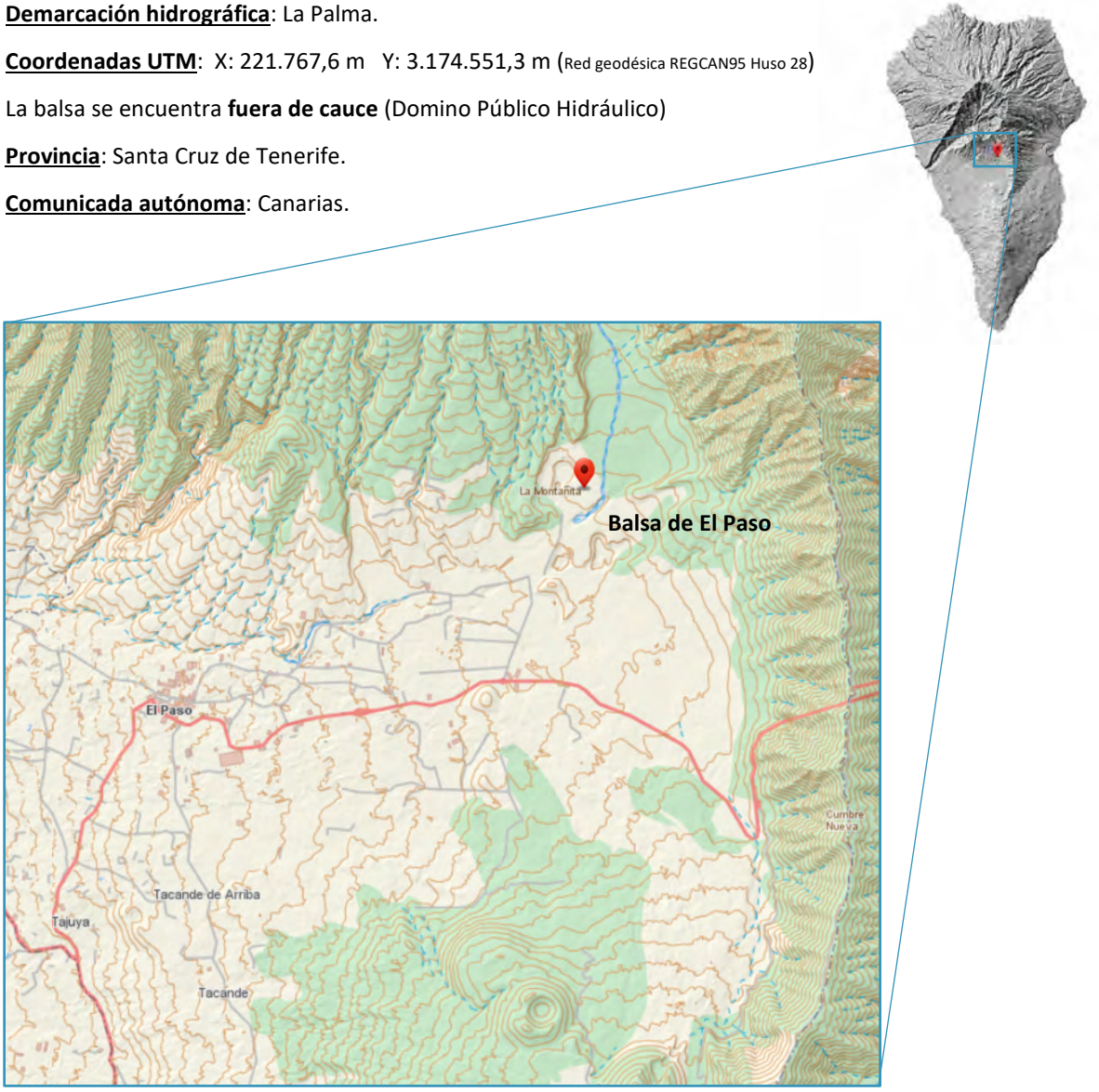


Ilustración 1. Plano de situación de la Balsa de El Paso

3.1.3 FORMA DE LLENADO DE LA BALSA

El llenado de la balsa se lleva a cabo con los caudales provenientes de diferentes conducciones que se unen en la caseta de control de caudales y entran en la balsa mediante una conducción de fundición dúctil de 250 mm de diámetro tal y como se puede ver en el siguiente esquema:

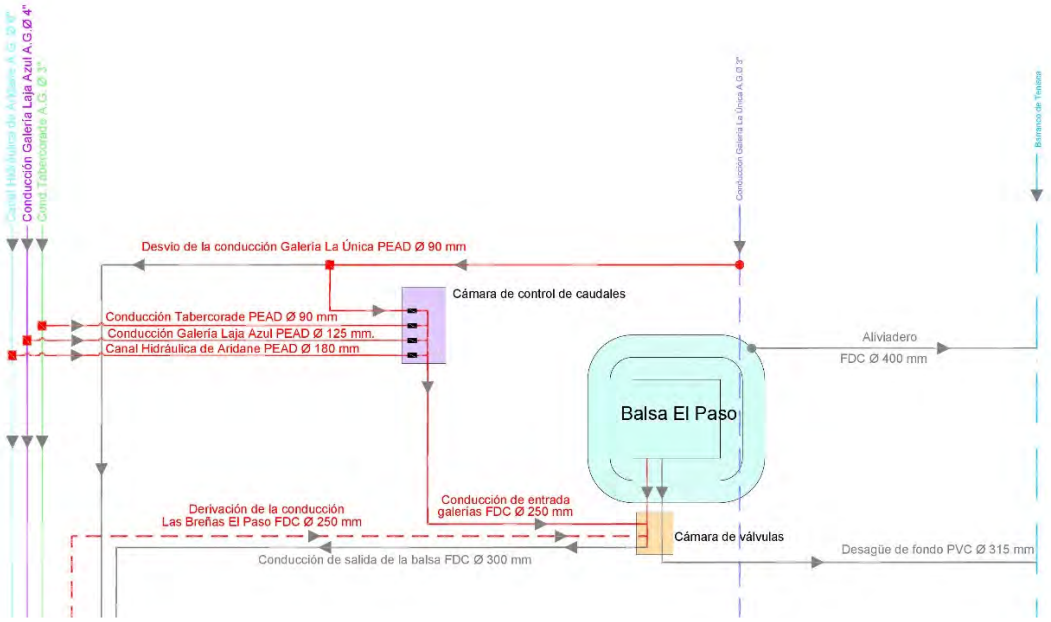


Ilustración 2. Esquema llenado de balsa (tuberías en rojo)

3.1.4 CARACTERÍSTICAS DEL DIQUE Y ÓRGANOS DE DESAGÜE

Descripción: Dique de cierre de materiales sueltos (pedraplén zonificado) ejecutado mediante materiales procedentes de la excavación con elemento de impermeabilización externo (geomembrana de PVC de 1,5 mm sin armar).

Cota Coronación: 895,00 m.s.n.m.

Punto más bajo de la cimentación exterior: 881,70 m.s.n.m.

Altura del dique de cierre de la balsa: 13,3 m.

Ancho total del camino de coronación (en dique): 5,80 m.

Talud interior en desmonte: 2H:1V.

Talud exterior en terraplén: 2H:1V.

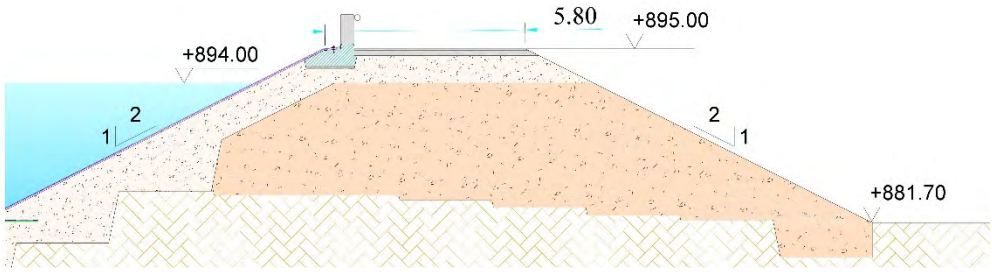


Ilustración 3. Sección transversal del dique sur

Órganos de desagüe:

- Aliviadero de labio fijo conectado a tubería de fundición dúctil de 400 mm a Bco. De Tenisca.
- Desagües de fondo. Tubería de fundición dúctil 400 mm hasta cámara de válvula y PVC 300 mm hasta Bco. De Tenisca.

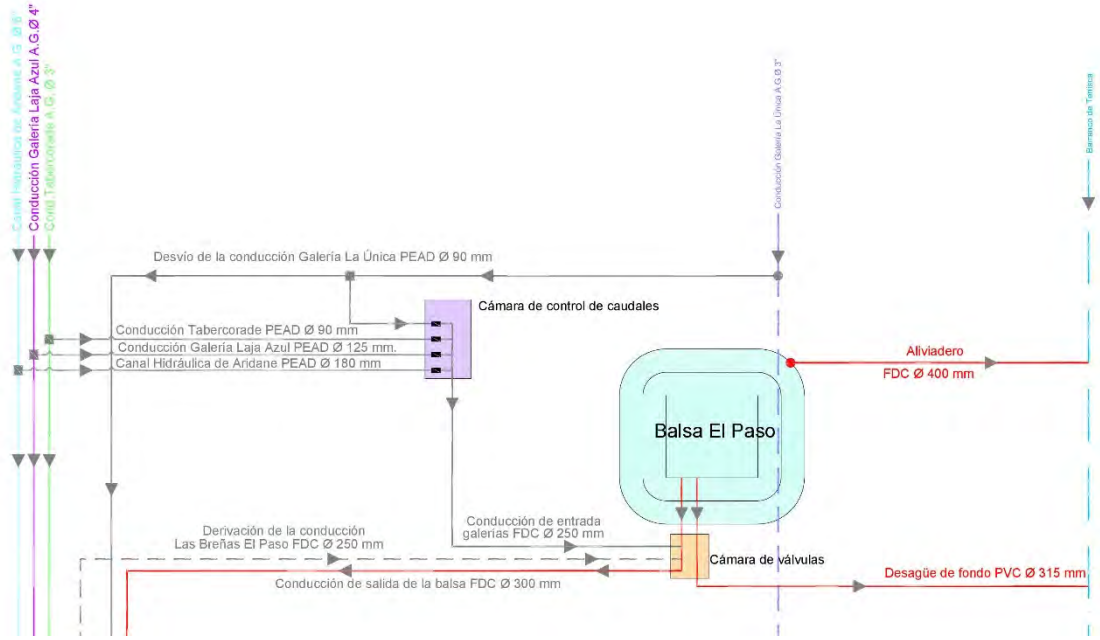


Ilustración 4. Esquema de órganos de desagüe de la balsa (en rojo)

3.1.5 CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE

Nivel máximo balsa normal (N.M.N.): 894,00 m.s.n.m.

Volumen de la balsa a cota de N.M.N: 96.775,38 m^3.

Superficie a la cota de N.M.N.: 13.465,52 m^2.

Cota umbral aliviadero: 894,00 m.s.n.m.

Cota de fondo: 883,30 m.s.n.m.

Resguardo nivel de agua normal: 1,0 m.

Nivel para la Avenida Extrema (N.A.E.): 894,06 m.s.n.m.

Volumen de la balsa a cota de coronación: 110.671,66 m^3.

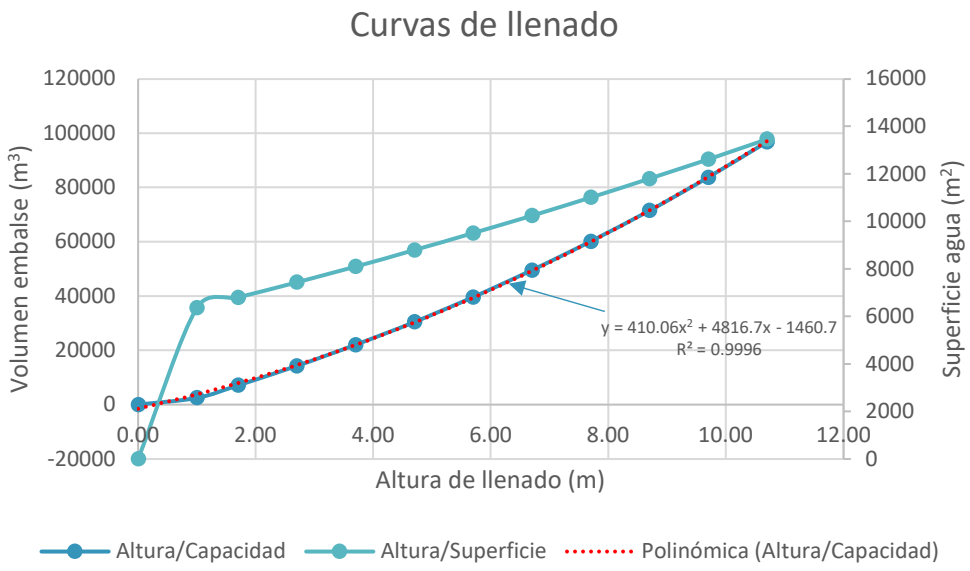
3.1.6 SISTEMA DE AUSCULTACIÓN

El sistema de auscultación está compuesto por:

- Arqueta aforadora de las aguas recogidas en los drenes de fondo.
- Red de hitos de nivelación en coronación y exteriores.

3.1.7 CURVA ALTURA/VOLUMEN DE AGUA

Las curvas de llenado de la balsa desde el fondo (cota 883,30) hasta el N.M.N. es la siguiente.



3.1.8 CUENCA HIDROGRÁFICA DONDE SE INSERTA EL EMBALSE

La balsa se inserta en la cuenca hidrográfica de **TENISCA.**

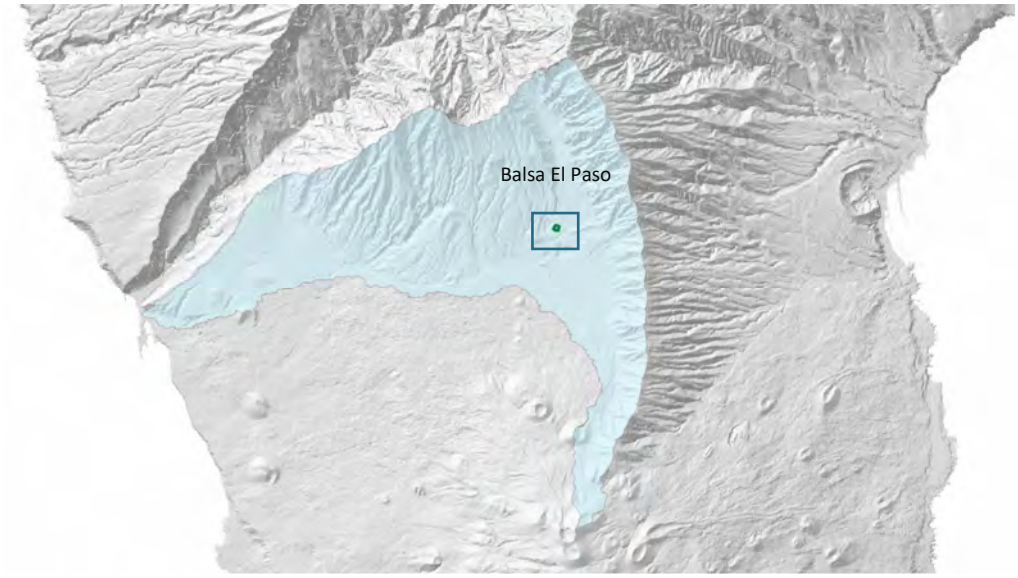


Ilustración 5. Ubicación de la balsa El Paso (recuadro) en la cuenca del Bco. de Tenisca (sombreado azul)

3.1.9 DATOS SÍSMICOS DEL EMPLAZAMIENTO

La aceleración sísmica básica es de 0,040 g según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSR-02).

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL CAUCE AGUAS ABAJO

El terreno aguas abajo del embalse se caracteriza desde el punto de vista geomorfológico por dos elementos que canalizan el agua hacia el barranco de Tenisca. Por una parte, el propio barranco ubicado a la izquierda limita que la posible avenida no traspase este límite, y por la otra la Montaña de Vendaval hace de embudo para que todas las aguas se reconduzcan hacia el barranco.

A estos dos elementos naturales hay que añadirle la existencia de canteras (alguna de ella todavía operativa) y zonas de extracción de áridos tanto a lo largo del cauce como a ambos lados del mismo, que han modificado las características geométricas naturales del cauce aguas abajo creando grandes embalses y por tanto condicionan fuertemente la propagación de la onda de avenida.

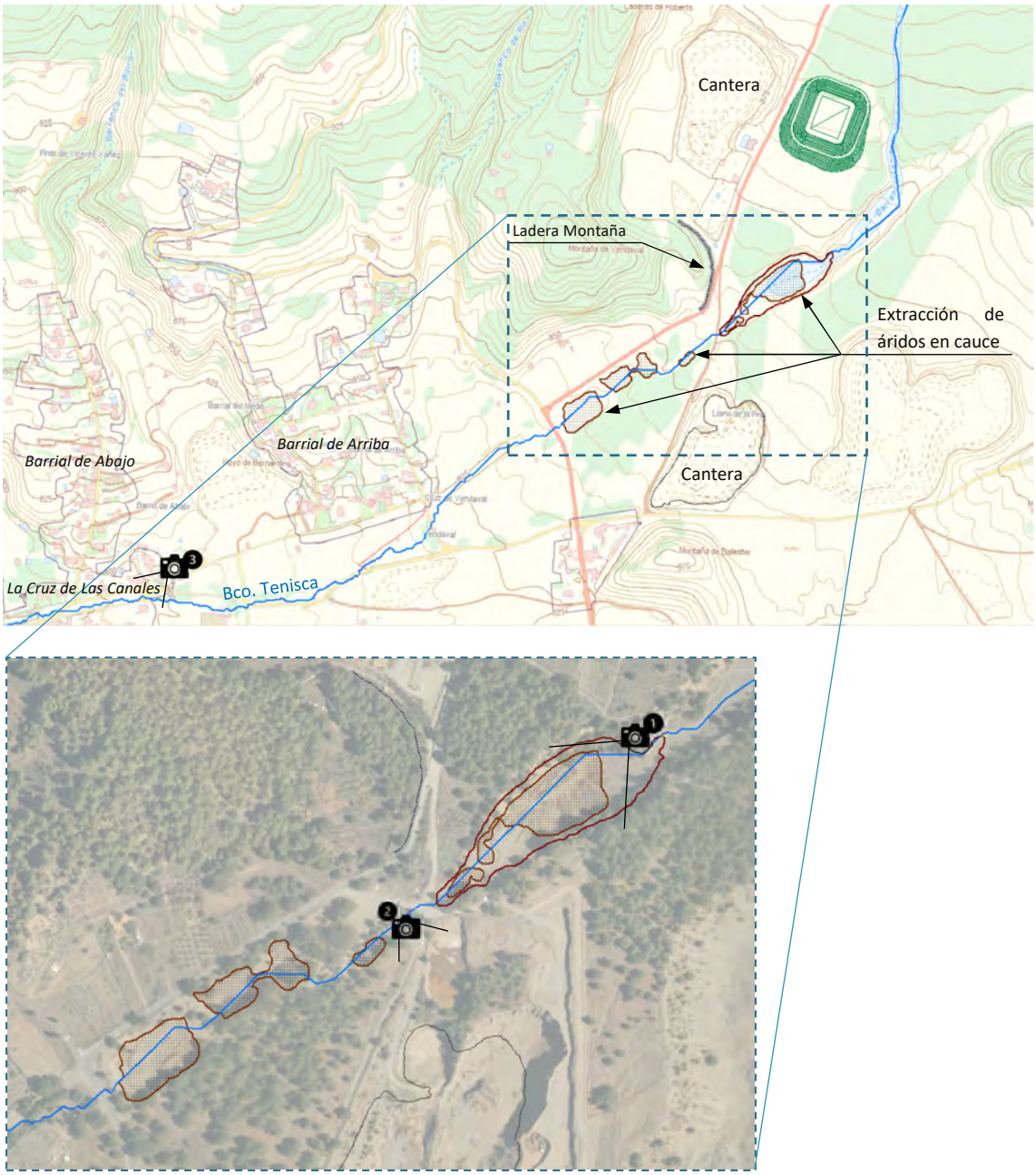


Ilustración 6. Caracterización del cauce aguas abajo

Fotografía 1. Vista aguas abajo desde el Bco. de Tenisca

Fotografía 2. Vista superior desde Ctra. Cumbrecita de una cantera inundada

Aguas abajo de esta zona, pasada la C/Valencia se encuentras los núcleos poblacionales del Barrial de Arriba, Barrial de Abajo y La Cruz de Las Canales. El barranco de Tenisca, ya sin hoyos, discurre de manera difusa a través de los núcleos poblacionales cruzando viarios y ramblas al mismo nivel.

Fotografía 3. Vista aguas abajo del Bco. de Tenisca (línea azul) a su paso por La Cruz de Las Canales

3.2.1 TIPOLOGÍA DE LA ZONA

El entorno donde se ubicará la futura balsa es una zona mayormente rústica que combina la presencia de canteras de extracción de áridos con zonas de cultivos y bosque (pinar).

Aguas abajo se encuentran los núcleos de población más elevados del término municipal de El Paso, siendo una zona mayormente agrícola.

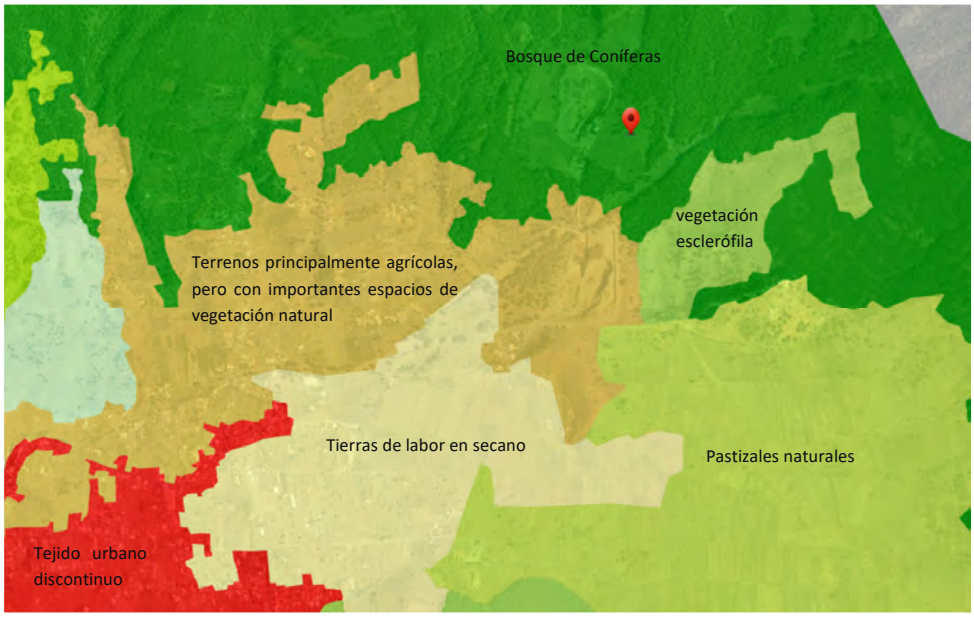


Ilustración 7. Mapa de ocupación del suelo Corine Land Cover 2018 y ubicación de la Balsa (punto rojo)

3.2.2 EDIFICACIONES QUE PODRÁN SER AFECTADAS

Tal y como se comentó anteriormente, la geomorfología del entorno canaliza las aguas hacia el barranco de Tenisca por lo que es de esperar que las edificaciones que puedan ser afectadas estén a lo largo de dicho cauce.

Se ha identificado las siguientes edificaciones (identificadas en la cartografía integrada de GRAFCAN[1]) como susceptibles de afección las cuales están identificadas en el plano 3 del Anexo II de la memoria. La información referente a su uso y las construcciones se ha extraído de la Sede Electrónica del Catastro.

Tabla 1. Identificación de posibles afecciones a edificaciones

Nº	DENOMINACIÓN	TIPO DE ELEMENTO	COMENTARIOS
N_1	Calderón	Núcleo de población	
N_2	Barrial	Núcleo de población	
N_3	La Cruz de Las Canales	Núcleo de población	
E_1	38027A006001090000UF	Propiedad rústica	Cuarto de aperos
E_2	38027A007000070001II	Vivienda aislada	
E_3	38027A005000660001IW	Industria	Está dentro del C_1 con lo que se analiza en dicho elemento
E_4	001102900BS27C0001KE	Vivienda aislada	
E_5	38027A017000350001II	Vivienda aislada	
E_6	38027A005000100000UM	Vivienda aislada	
E_7	38027A005000140000UD	Propiedad rústica	Cuarto de aperos
E_8	38027A006001690001IW	Vivienda aislada	
E_9	38027A005000110000UO	Propiedad rústica	Cuarto de aperos

3.2.3 SERVICIOS ESENCIALES QUE PODRÁN SER AFECTADAS

Se consideran servicios esenciales aquellos que son indispensables para el desarrollo de las actividades humanas y económicas de conjuntos de poblaciones mayores de 10.000 habitantes, y siempre que el servicio que brinden no pueda restablecerse de manera inmediata ni prestarse de forma alternativa.

Según los datos publicados por el Instituto Canario de Estadística (ISTAC), la población del municipio de El Paso asciende 7745 habitantes (años 2021). Esto implica que las infraestructuras de carácter municipal no son servicios esenciales.

A continuación, se procede a analizar los servicios de carácter supramunicipal.

3.2.3.1 ABASTECIMIENTO

Por la zona de estudio discurre la **conducción de Aduares-Hermosilla**. Consiste en una conducción de transporte que mediante bombeo lleva el agua de la zona Este a la Oeste de la isla.

[1] www.grafcan.es

Aunque es posible trasvasar aguas hasta la conducción LP-2, en régimen de funcionamiento normal, la tubería alimenta a los tres depósitos de abasto del municipio de El Paso (Valencia, La Montañita y La Fajana) y varios ramales de riego de dicho término municipal. En ese sentido dicha conducción abastece a una población inferior a 10.000 habitantes. Asimismo, existe alternativas de suministro a dichos depósitos de abastecimiento en caso de rotura de la conducción.

Es por ello que se considera que dicha conducción no es un servicio esencial.

Ilustración 8. En rojo la conducción Aduares-Hermosilla. Fuente: Consejo Insular de Aguas La Palma

3.2.3.2 SUMINISTRO DE ENERGÍA

Por la zona de estudio cruza la línea de tensión eléctrica de 66KV **Guinchos-Valle de Aridane** perteneciente a La Red de Transporte de energía eléctrica del Sistema Eléctrico Canario (definida por la Orden 1371 del Gobierno de Canarias de 28 de septiembre de 2005). Es una línea aérea por lo que la posible afección se produciría a las torres asociadas a dicha línea.

Debido al carácter insular del servicio se considera un **servicio esencial** a los efectos del presente estudio. Se analizará la afección a las torretas asociadas a dicha red.

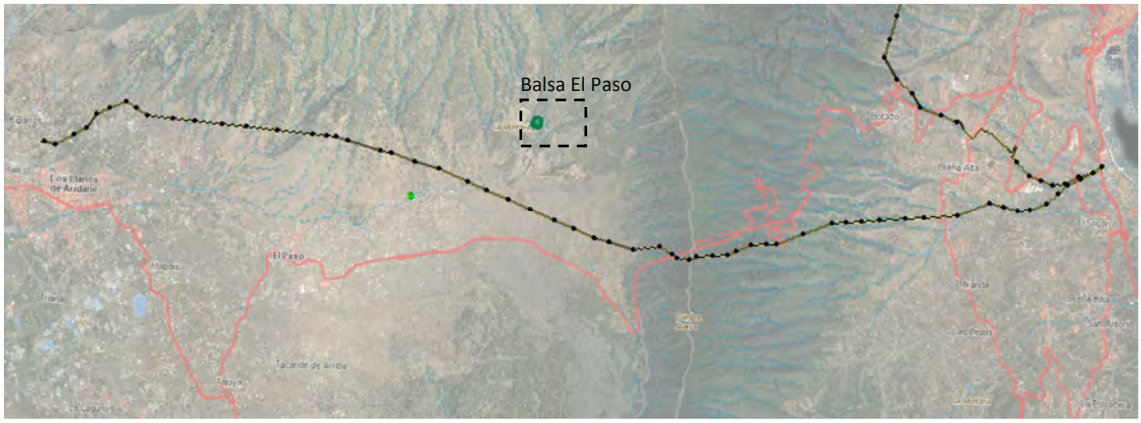


Ilustración 9. Línea Guinchos-Valle. Fuente: OpenDataLaPalma

Asimismo, de la cartografía se deduce otras dos líneas de 15 y 20 KV no pertenecientes al Sistema Eléctrico Canario, igualmente aéreas con torres en la zona de estudio. Estas dos líneas al no tener carácter insular no se han considerado como servicios esenciales.

3.2.3.3 SISTEMA SANITARIO

Aguas abajo en El Paso el único centro sanitario existente es el Centro de Salud de El Paso que tiene asignada la Zona Básica de Salud de El Paso que tan solo comprende el término municipal de El Paso (<10.000 habitantes). Fuente: Gobierno de Canarias.

3.2.3.4 SISTEMAS DE COMUNICACIONES

Las únicas instalaciones que se han identificado en relación al sistema de comunicación son las torretas de telefonía móvil las cuales no se encuentran próximas a la Balsa sino ya en el núcleo de población de El Paso tal y como se puede ver en la siguiente imagen:

Ilustración 10. Estrellas -> Torres de telefonía móvil. Fuente: OpenDataLaPalma

3.2.3.5 INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE

No se ha identificado infraestructuras de transporte a excepción de alguna marquesina de autobús.

3.2.4 DAÑOS MATERIALES QUE PODRÁN SER AFECTADAS

Se ha identificado los siguientes elementos en base a la información disponible en la *Encuesta de Infraestructuras y Equipamientos Locales de Canarias*.

Tabla 2. Identificación de posibles afecciones a daños materiales

Nº	DENOMINACIÓN	TIPO DE ELEMENTO	COMENTARIOS
C_1	Cantera de áridos El Riachuelo	Industria	Cantera de extracción de áridos. Incluye la edificación E_3
C_2	Llano de la Pina	Industria	Cantera de extracción de áridos
I_1	Skate-Park El Paso	Infraestructura deportiva	
I_2	Terreno de equitación	Infraestructura deportiva	

Las propiedades rústicas identificadas en las edificaciones se evaluarán en este apartado de daños.

No se ha considerado la superficie de cultivos ya que los órdenes de magnitud de los cultivos existentes (Los contemplados en la **Ilustración 11** asciende a **6,1 Ha**) en la zona están **muy por debajo** de los necesarios para considerar daños muy importantes o importantes (5.000 ha de regadío o 10.000 ha de secano).

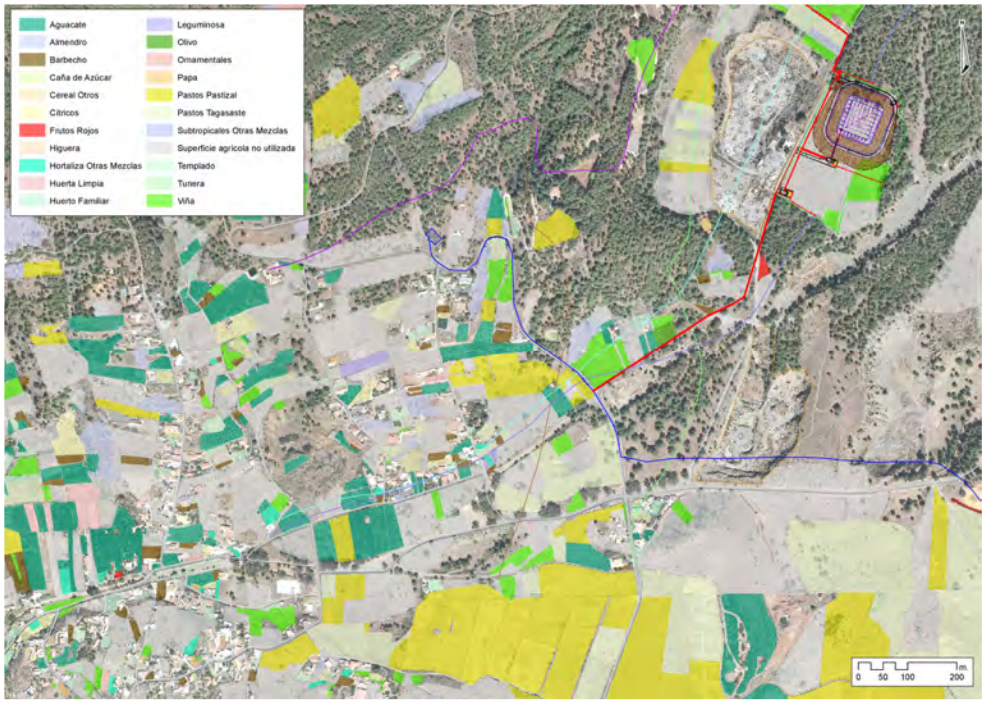


Ilustración 11. Mapa de cultivos en la zona de estudio

Con respecto a infraestructuras en la zona no hay ni carreteras de la Red de Carreteras del Estado (todas son intracomunitarias). La única carretera cercana de interés regional es la LP-3 según Decreto 247/1993, de 10 de septiembre por el que se clasifican las carreteras de interés regional.

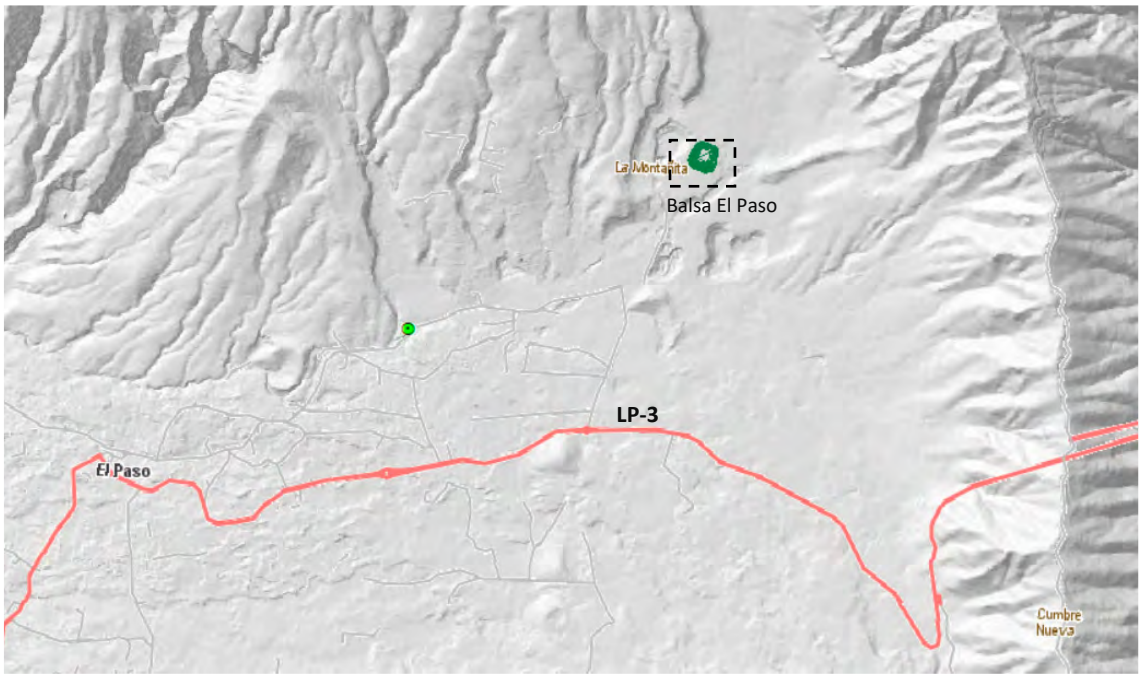


Ilustración 12. Ubicación de la carretera de interés regional LP-3 respecto a La Balsa

3.2.5 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES, HISTÓRICO-ARTÍSTICOS O CULTURALES QUE PODRÁN SER AFECTADAS

No se han identificado aspectos medioambientales, histórico-artísticos o culturales en la zona aguas abajo de la balsa. A continuación, en la **Ilustración 13** se muestra los espacios naturales protegidos de canarias y los espacios culturales.

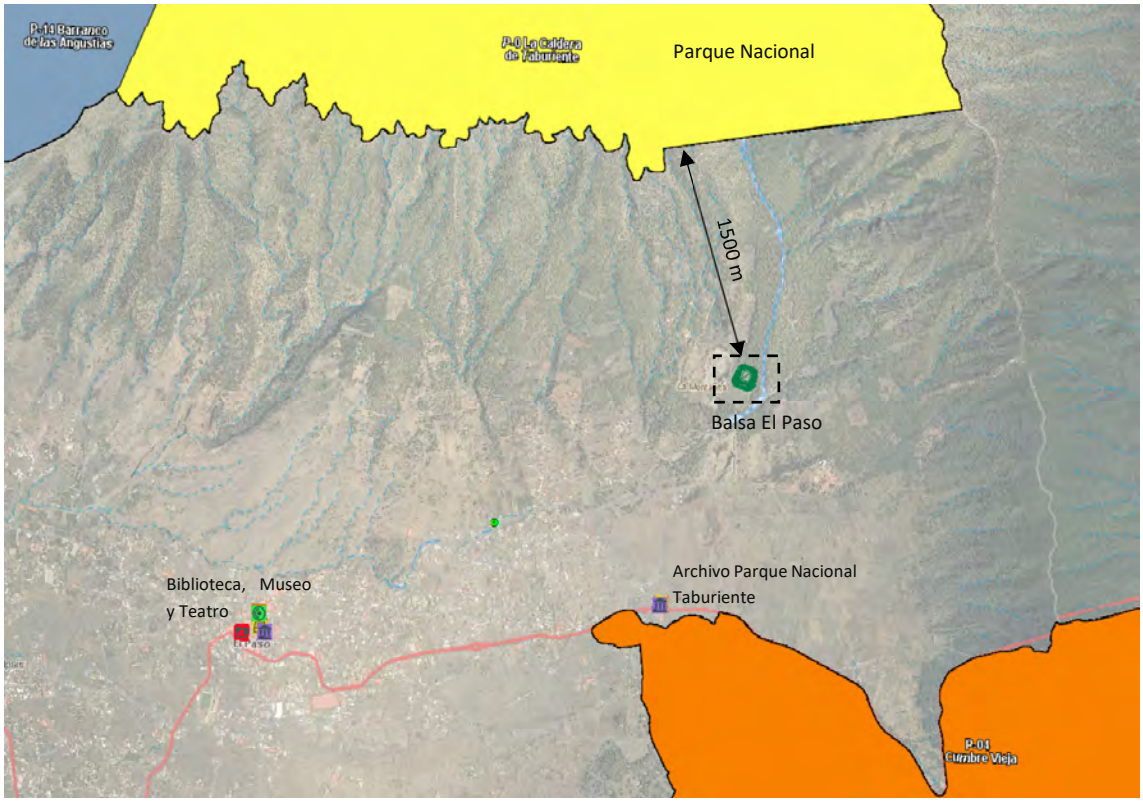


Ilustración 13. Espacios Naturales Protegidos y Espacios Culturales. Fuente: GRAFCAN

3.3 METODOLOGÍA Y DATOS BÁSICOS DEL ANÁLISIS

3.3.1 MODELO HIDRÁULICO

Se ha construido un modelo hidrodinámico bidimensional en régimen variable con el software de modelización numérica IBER [2] versión 3.1. tanto para la simulación de la brecha como para la determinación de los valores de las variables hidráulicas de la onda de rotura (calado y velocidad) en el ámbito del análisis.

3.3.2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL ANÁLISIS

Ámbito del análisis

Tras algunos tanteos preliminares, finalmente se consideró la siguiente extensión de análisis (recuadro rojo) en el modelo matemático IBER. En el último punto del presente apartado, se justifica el límite aguas abajo del tramo analizado.

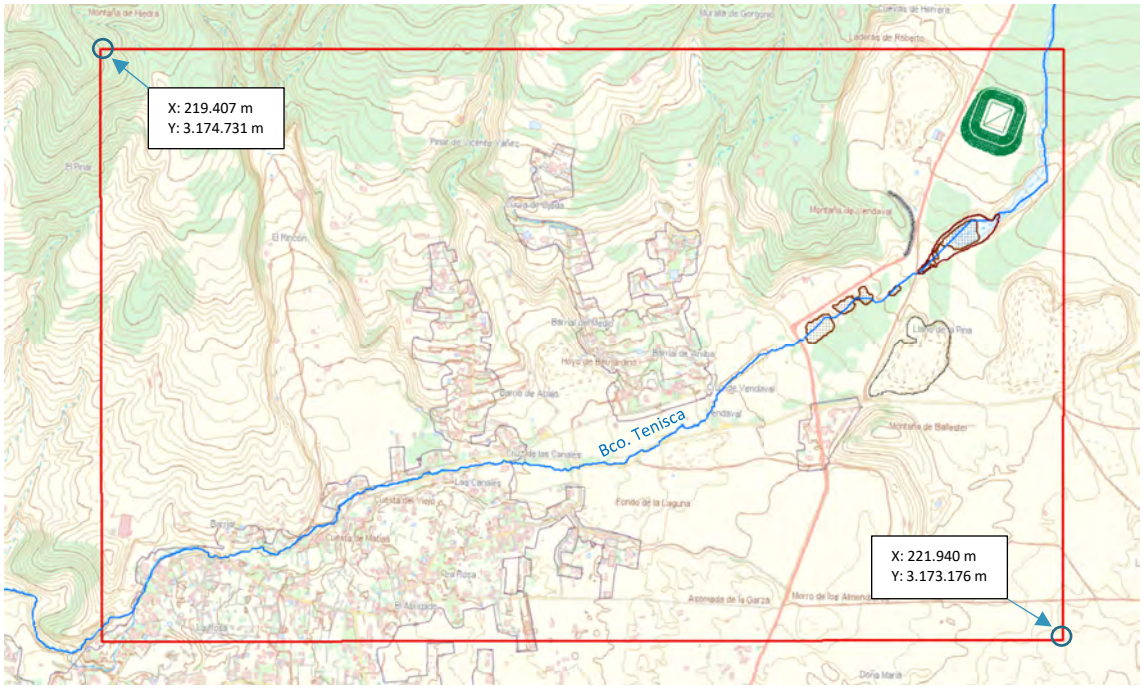


Ilustración 14. Extensión (rectángulo rojo) del modelo matemático en IBER

Características geométricas del cauce aguas abajo.

Para la definición del relieve de la zona de estudio, se ha utilizado el Modelo Digital del Terreno – MDT02 con un paso de malla de 2 m elaborado por el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) del Instituto Geográfico Nacional.

[2] *[Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, M.E., Dolz, J., Coll, A. (2014). "Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos". Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, Vol.30(1) pp.1-10]*

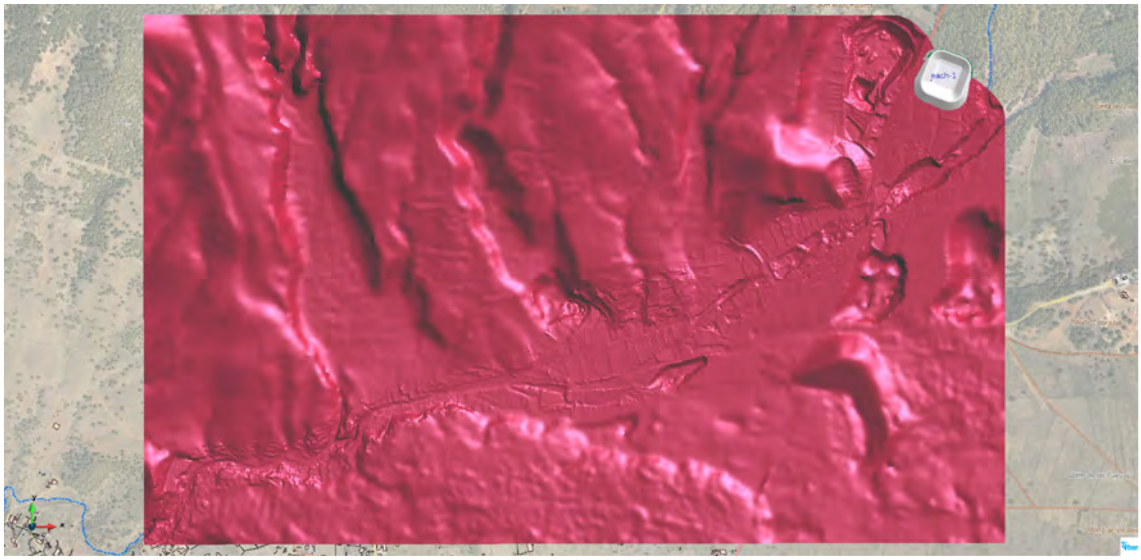


Ilustración 15. Vista superior de la topografía del mallado de cálculo (IBER)

Modelización del embalse.

La modelización del vaso del embalse de la balsa se ha realizado a partir de las capas cad originales del proyecto constructivo y seguidamente con un mallado no estructurado de 1 metros de tamaño.

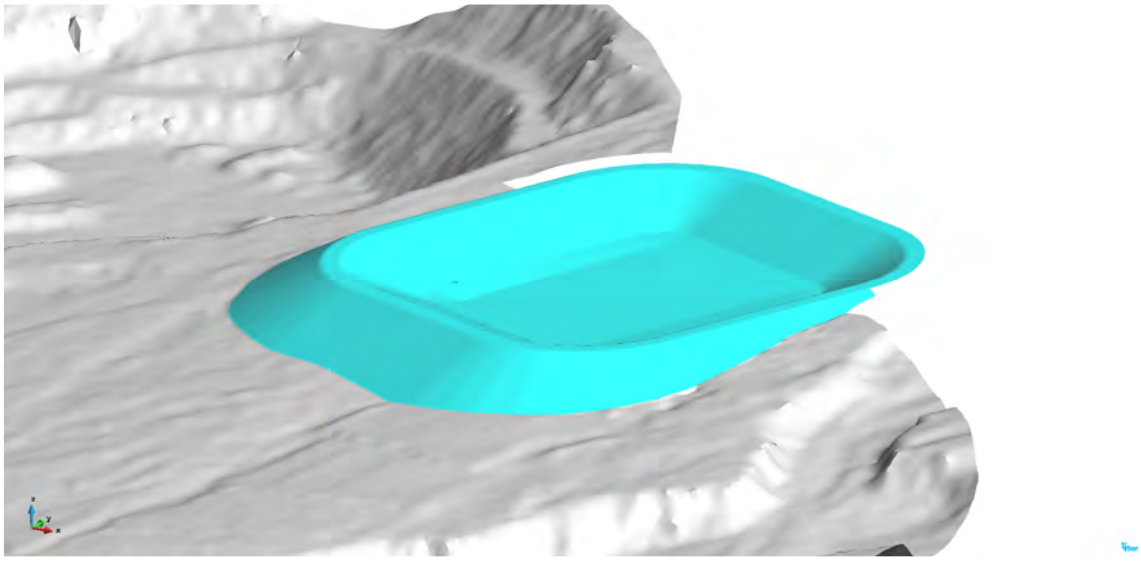


Ilustración 16. Vista 3D del mallado del embalse (IBER)

Condiciones iniciales antes de la rotura.

Se ha introducido dos condiciones iniciales antes de la rotura:

- Para el embalse: una cota inicial de 895 m que corresponde con la cota de coronación.
- Para el terreno: un calado inicial de 0 m.

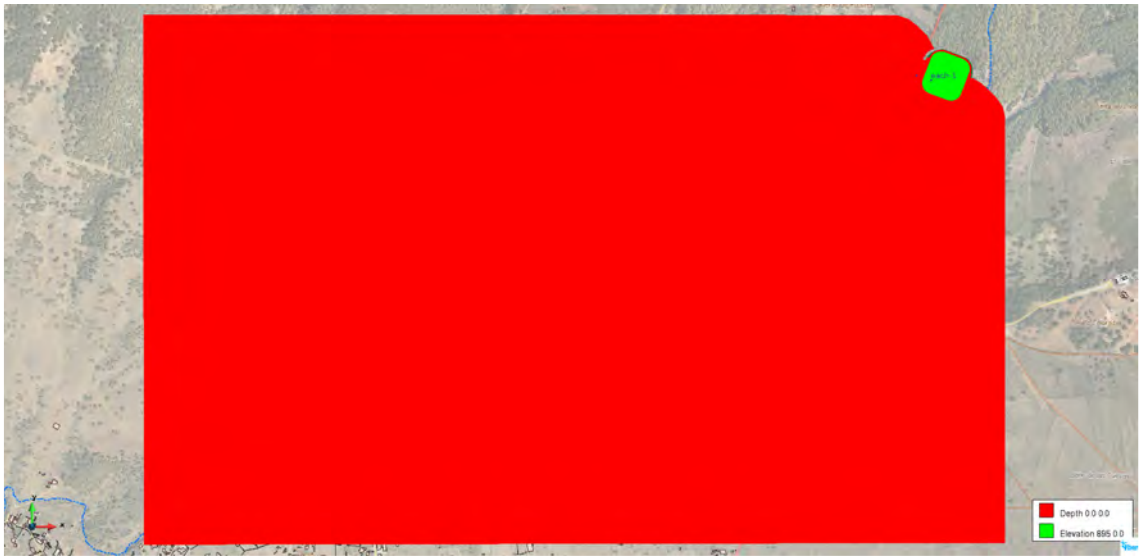


Ilustración 17. Vista superior de las condiciones iniciales (IBER). En verde la cota 895 m y en rojo calado 0 m.

Condiciones de contorno.

Solo se ha introducido condición de contorno 2D aguas abajo del modelo (en el contorno del ámbito) de tipo Supercrítico/Crítico.

Ilustración 18. Condición de contorno de salida 2D (en rojo). IBER.

Forma y dimensiones de la brecha.

Se ha utilizado la herramienta de IBER "Brecha" ya que permite la simulación de la rotura del dique de la balsa mediante la modificación de la malla.

Dado que la balsa es de materiales sueltos, la forma y dimensiones de la brecha para la hipótesis considerada (ver apartado *Hipótesis analizadas y justificación*) son:

- Tiempo de rotura: se ha calculado según la Guía Técnica para Clasificación de 1996.

$$T = 4{,}8\frac{\sqrt{V}}{H}$$

Siendo,

H la altura de la balsa sobre el terreno (en m). En la hipótesis analizada, la cota de coronación es 895 msnm y la cota del terreno 886,76 msnm, por lo que H tiene un valor de **8,24 m**.

V el volumen de embalse (en Hm^3). Para la hipótesis considerada y aplicando la curva altura/volumen se tiene:

- Volumen hasta coronación: 110.671,66 m^3
- Volumen hasta cota 886,76 msnm: 20.114,16 m^3
- Volumen de embalse: 90.557,50 m^3 (**0,0906 Hm^3**)

Por tanto, el tiempo de rotura es de **0,18 horas** (10,52 minutos).

- Forma de la brecha: Trapecio **1V:1H** de los laterales de la brecha.
- Profundidad de la brecha: **886,76 m** (para la hipótesis finalmente analizada). Corresponde con la cota del terreno en el eje de la brecha.
- Ancho medio de la brecha: se ha calculado según la Guía Técnica para Clasificación de 1996

$$b = 20(VH)^{0,25}$$

Siendo,

V el volumen de embalse (en Hm^3). En nuestro caso 0,09677538 Hm^3

H la altura de la balsa sobre el terreno (en m).

Por tanto, el ancho medio de la brecha es de **18,6 metros**.

Rugosidad.

Se ha extraído las diferentes tipologías de suelo del Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE) del año 2014 para el ámbito de estudio.

Se ha asignado diferentes coeficientes de rugosidad de Manning en función a los diferentes usos del suelo a través de la tabla nº1 del Anejo V de la *Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.*

Los valores finalmente obtenidos son:

Tabla 3. Coeficientes de rugosidad de Manning según uso del suelo SIOSE

COD Capa	Descripción de la capa	Coeficiente de rugosidad de Manning
113	Discontinuo	0,09
140	Servicio dotacional	0,1
150	Asentamiento agrícola y huerta	0,05
172	Infraestructura de residuos	0,1
260	Combinación de cultivos con vegetación	0,05
312	Bosque de coníferas	0,07
320	Pastizal o herbazal	0,035
330	Matorral	0,06
340	Combinación de vegetación	0,06
354	Suelo desnudo	0,03

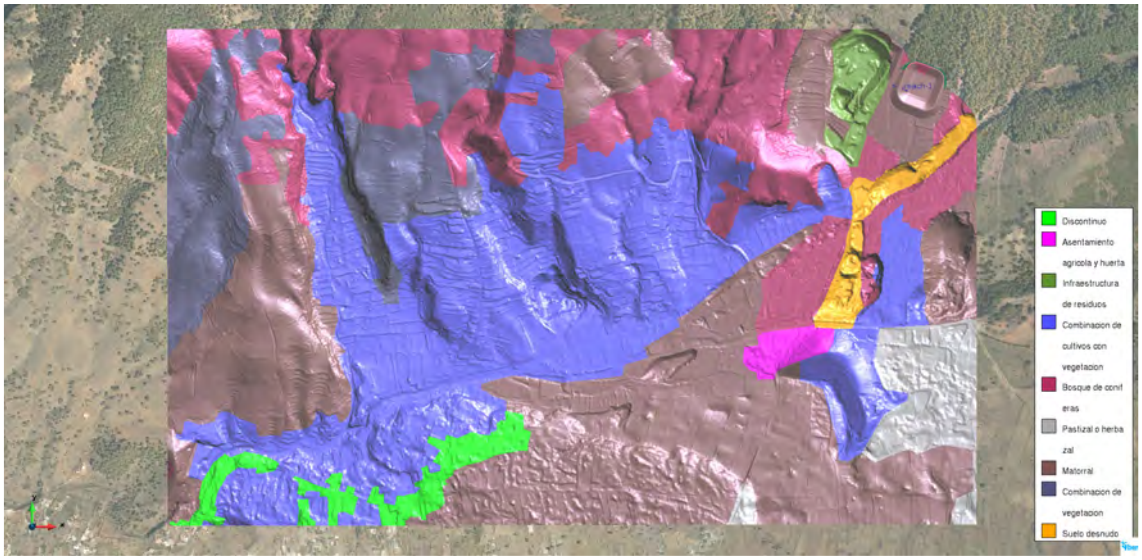


Ilustración 19. Vista superior de los usos asignados a la malla en IBER

Mallado.

El mallado generado es de tipo **no estructurado** con tamaño de arista:

- En embalse: 1 metros
- En terreno más próximo a cauce: 2 metros
- Unión de embalse-terreno: 1,5 metros
- Resto de terreno: 10 metros.

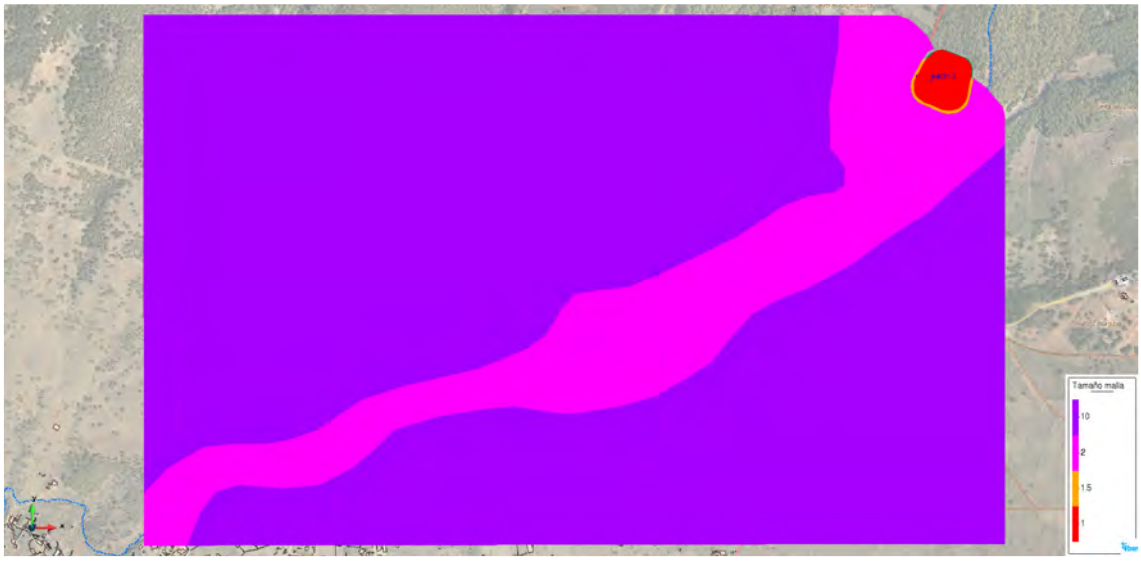


Ilustración 20. Vista superior de los tamaños de malla en el modelo IBER.

Elementos de obstrucción. No hay elementos de obstrucción con significativa incidencia[3]

[3] *Según los términos establecidos en el punto 2.4.3.3. de la Guía Técnica para la Clasificación de Presas.*

Hipótesis analizadas y justificación.

Dado que, a la fecha de realización del presente estudio, no se dispone de una guía técnica para la clasificación específica para balsas, se ha supuesto el escenario de rotura más desfavorable contemplado en la *Guía Técnica para la Clasificación de presas*, que corresponde al **Escenario límite** en donde la lámina de agua llega hasta la coronación de balsa. En el presente estudio corresponde con la cota 895 msnm.

Para dicho escenario, se han simulado 3 brechas para evaluar cual de ellas es la que ocasiona un mayor número de afecciones y por tanto sobre la cual se procederá a la clasificación de la balsa.

- ✓ Hipótesis 3: Se ha generado una **brecha 3** en el ***dique este*** de la balsa que limita con el Bco. de Tenisca. Como se puede ver en la siguiente **Ilustración 21** que corresponde con el mapa de daños grave según RD9/2008, este no llega más allá de la C/Valencia. Esto es debido a que el 100% del caudal pasa por las canteras ubicadas en cauce de tal manera que se aprovecha la capacidad máxima de embalse de dichas canteras y por tanto la onda de rotura que completamente laminada sin provocar afección alguna.

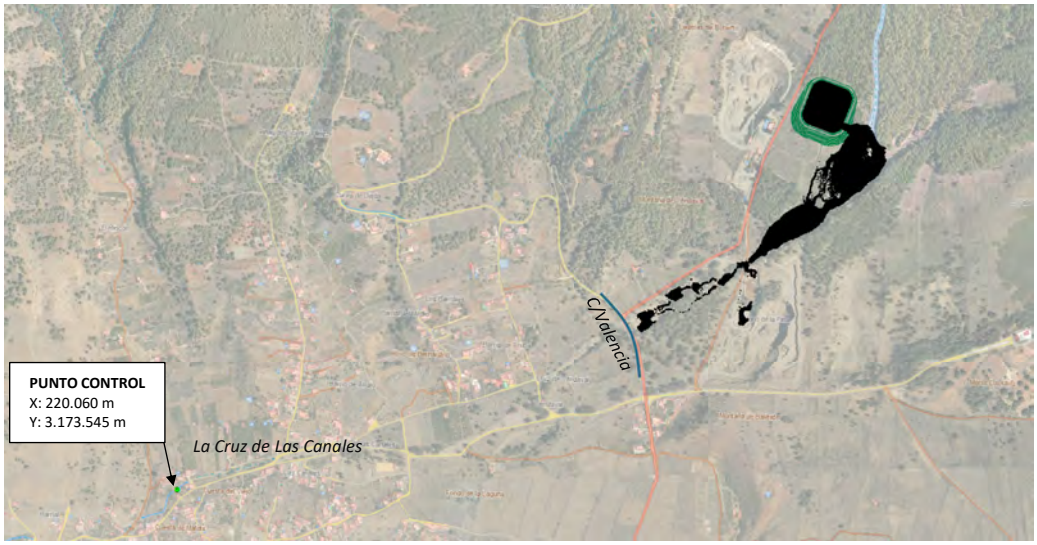


Ilustración 21. Mapa de afección grave para la hipótesis 3 (negro)

- ✓ Hipótesis 2: Se ha generado una **brecha 2** en el ***dique sur*** de la balsa. Es la brecha de mayor altura y que por tanto moviliza un mayor volumen. Tal y como se puede ver en la **Ilustración 22**, parte de la onda no queda totalmente laminada por las canteras (como si ocurría en la Hipótesis 3) y continua agua abajo siguiendo el cauce del Bco. de Tenisca hasta pasado el núcleo de La Cruz de Las Canales.

- ✓ Hipótesis 1: Se ha generado una **brecha 1** en el ***dique oeste*** de la balsa que limita con la Carretera Cumbrecita [LP-302] y la cantera de áridos El Riachuelo (operativa). Como se puede ver en la **Ilustración 23**, la onda afecta directamente a la cantera de áridos El Riachuelo y discurre aguas abajo al igual que en la Hipótesis 2 siguiendo el cauce hasta pasado el núcleo de La Cruz de Las Canales.

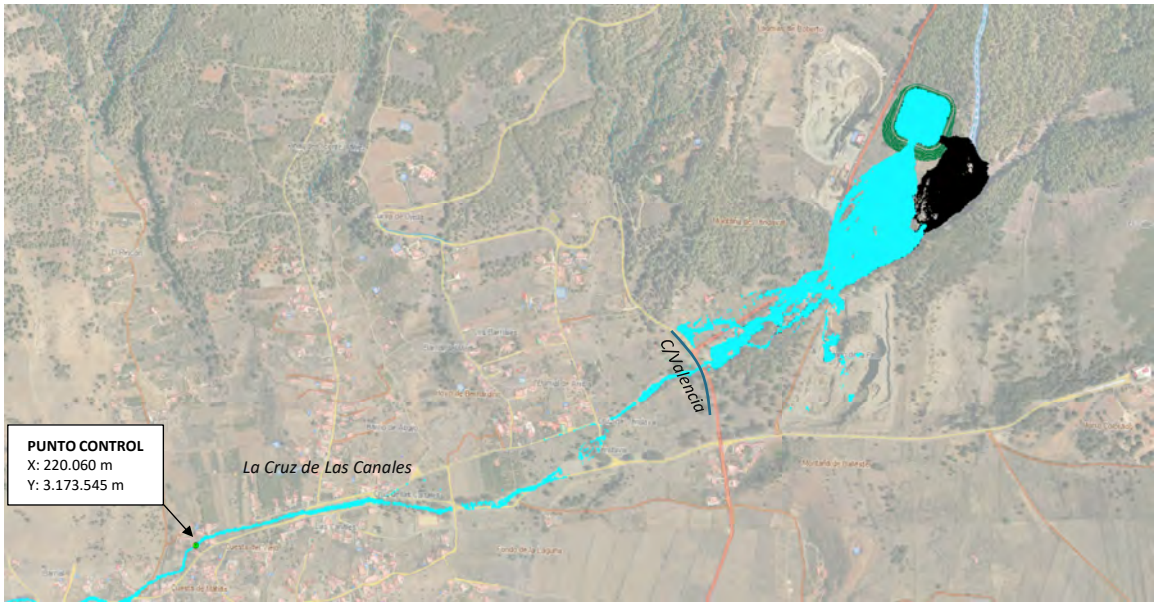


Ilustración 22. Mapa de afección grave para la hipótesis 2 (cian) sobre la hipótesis 3 (negro)

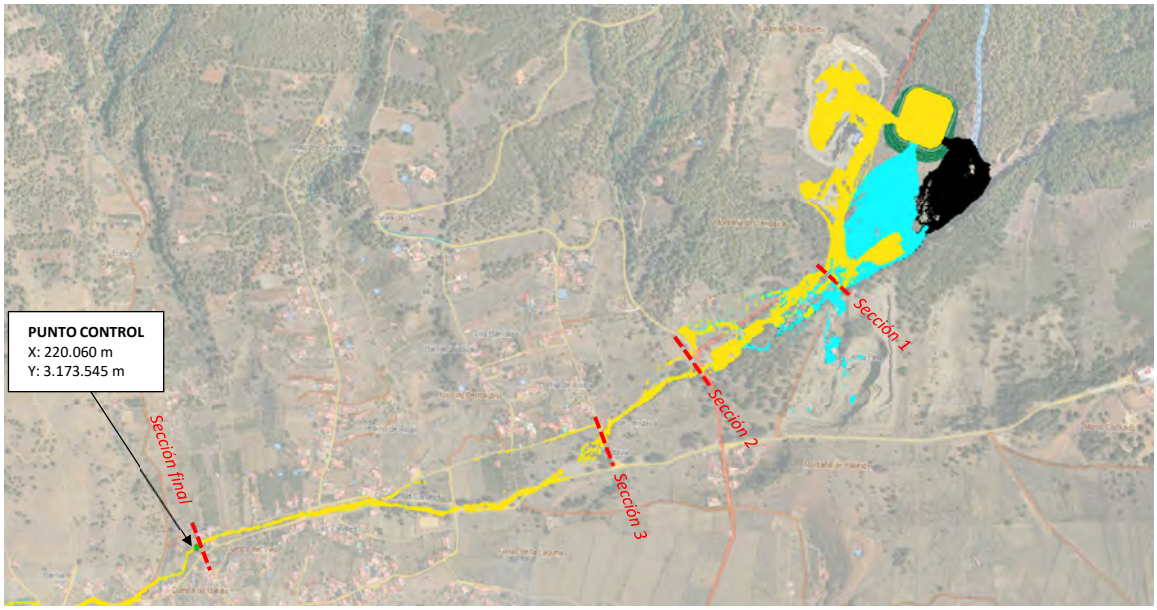


Ilustración 23. Mapa de afección grave para la hipótesis 1 (amarillo) sobre la hipótesis 2 (cian) y la hipótesis 1 (negro). Líneas rojas: secciones para cálculo de hidrogramas.

Aunque a priori la hipótesis 1 tiene una mayor afección que la 2 tan solo por el hecho de afectar a la cantera operativa, se ha procedido a comparar los hidrogramas generados por cada una de las roturas en diferentes secciones.

Tal y como se puede ver en las siguientes gráficas, aunque en la sección 1 la brecha 2 tiene una punta mayor, luego sufre un gran proceso de laminación, por lo que la brecha 1 discurre con mayores caudales a partir de la sección 2.

Por tanto, a efectos de la clasificación en función del riesgo potencial de la balsa se ha considerado la **hipótesis 1**.

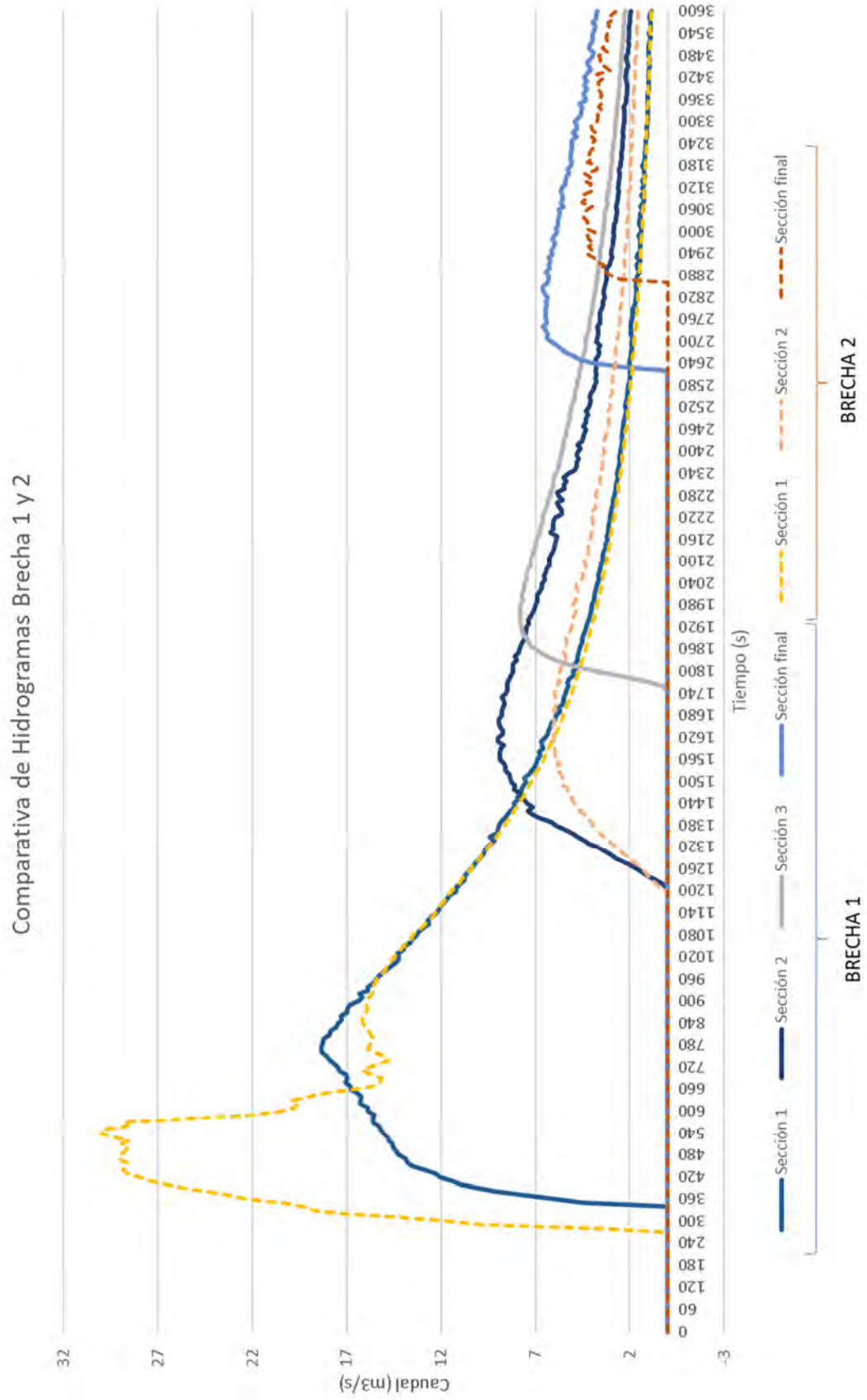


Ilustración 24. Comparativa de hidrogramas en diferentes secciones para las brechas 1 y 2

Longitud de cauce analizada y justificación.

Se ha considerado el **punto de control** (x: 220.060 y: 3.173.545) como límite aguas abajo de estudio debido a que, a partir de ese punto, el caudal máximo de la onda es inferior a la capacidad del cauce, sin producir inundaciones ni en las márgenes ni aguas abajo.

En el *Anexo III. Justificación de la capacidad del cauce aguas abajo*, se procede a justificar con mayor detalle este apartado del cual se expone a continuación un resumen del mismo.

La *Guía Técnica para la Clasificación de presas* dice textualmente "*El caudal que agota la capacidad del cauce aguas abajo puede asimilarse al asociado a la máxima crecida ordinaria (Q_{MCO}) cuyo valor, a falta de estudios específicos, puede obtenerse de la aplicación CAUMAX del Mapa de Caudales Máximos, desarrollada por el CEDEX.*". Dado que las Islas Canarias no están dentro del ámbito de dicha aplicación, se ha procedido a aplicar directamente el Método Racional siguiendo la metodología expuesta en la norma *5.2 -IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras*.

El resultado de los caudales obtenidos para cada periodo de retorno en el punto de control es el siguiente:

Periodo de Retorno	Q (m^3/s)
2	0
5	6,0
10	16,4
25	34,2
50	50,4
100	69,4

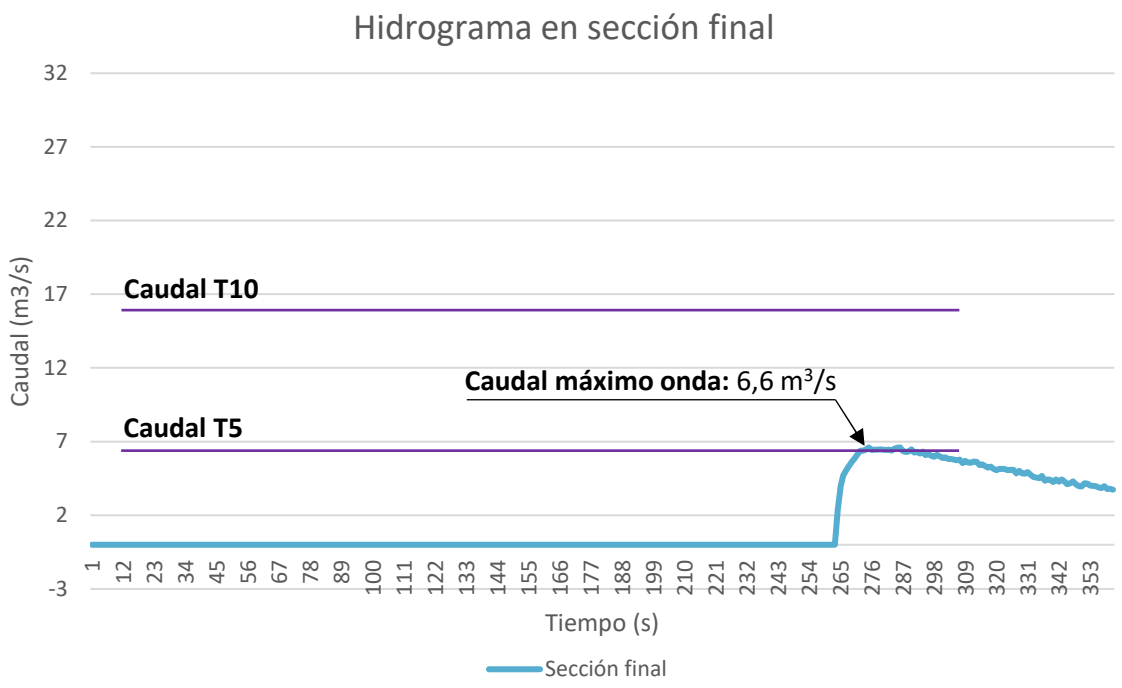


Ilustración 25. Comparativa hidrograma onda vs. avenidas asociadas a T5 y T10

Comparando el hidrograma en el límite aguas abajo del estudio con los caudales asociados a los diferentes periodos de retorno podemos observar que el caudal máximo de la onda asciende a 6,6 m^3/s y

corresponde con el caudal asociado a un periodo de retorno de 5 años, límite inferior del periodo de retorno considerado para la máxima crecida ordinaria que se ha estimado entre 5 y 7,5 años.

De forma complementaria, se ha procedido a modelizar el hidrograma a lo largo del cauce aguas abajo del punto de control hasta el límite municipal con Los Llanos de Aridane para comprobar que no hay afecciones. En el Anexo IV se presentan mapas con mayor resolución de donde se puede comprobar que no hay afecciones y que el flujo discurre sin provocar desbordamientos a lo largo del Bco. de Tenisca.

Ilustración 26. Vista general del IBER (Mapa de máximos. Calado (m)).

En conclusión, tras la comparativa de hidrogramas y la modelización hidráulica aguas abajo del límite de estudio, se comprueba que el punto de control (x: 220.060 y: 3.173.545) considerado como límite aguas abajo de estudio **cumple con el punto 3.2. Límite Aguas Abajo del Estudio de la *Guía Técnica para la Clasificación de presas*.**

Parámetros generales de la simulación

- Esquema numérico: Esquema descentrado de Roe de orden 1
- Condición CFL: 0,45
- Límite Seco-Mojado [m]: 0,01

3.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS

3.4.1 CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LAS DIMENSIONES

En función a las dimensiones de la balsa de El Paso, se propone su clasificación como **PEQUEÑA PRESA** al no cumplir las condiciones de gran presa debido a:

- La altura del dique de la balsa es de 13,3 metros (menor a 15 metros).
- Aun teniendo una altura comprendida entre 10 y 15 m, el volumen es inferior a 1 hm^3.

3.4.2 CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DEL RIESGO POTENCIAL

Se ha procedido a analizar los resultados arrojados por el modelo matemático para la hipótesis 1 (Brecha-1) evaluando los elementos con "afección grave".

Los umbrales de afección grave se han establecido en base a los valores de las variables hidráulicas de la onda de rotura (calado y velocidad) siguiendo el criterio indicado en el Art. 9.2. del RDPH, que dice: *"se considerará que pueden producirse graves daños sobre las personas y los bienes cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios: a) que el calado sea superior a 1 m, b) que la velocidad sea superior a 1 m/s, o c) que el productor de ambas variables sea superior a 0,5 m^2/s".* Gráficamente dicho umbral se puede representar:

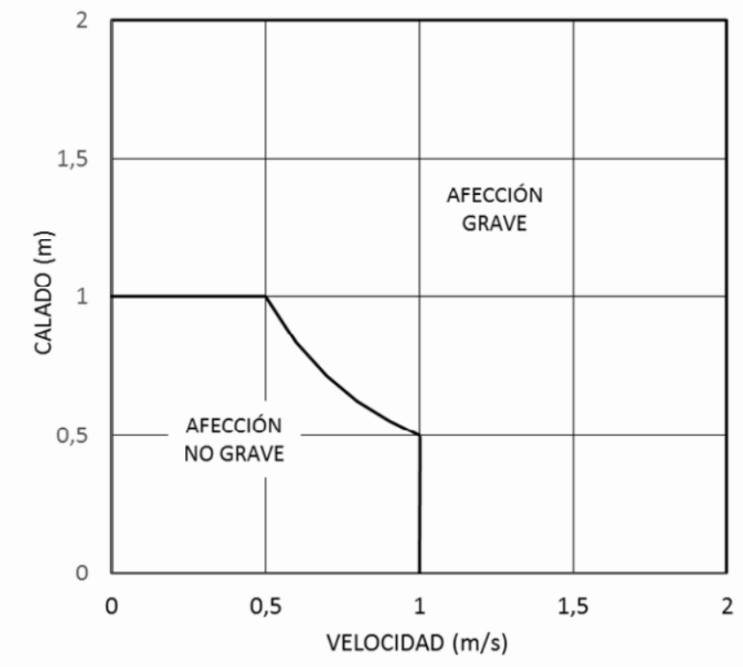


Ilustración 27. Gráfico umbral afección grave según RDPH

Antes de proceder a la evaluación de las afecciones, se procede a comentar los resultados obtenidos de la propagación de la onda con el modelo hidráulico.

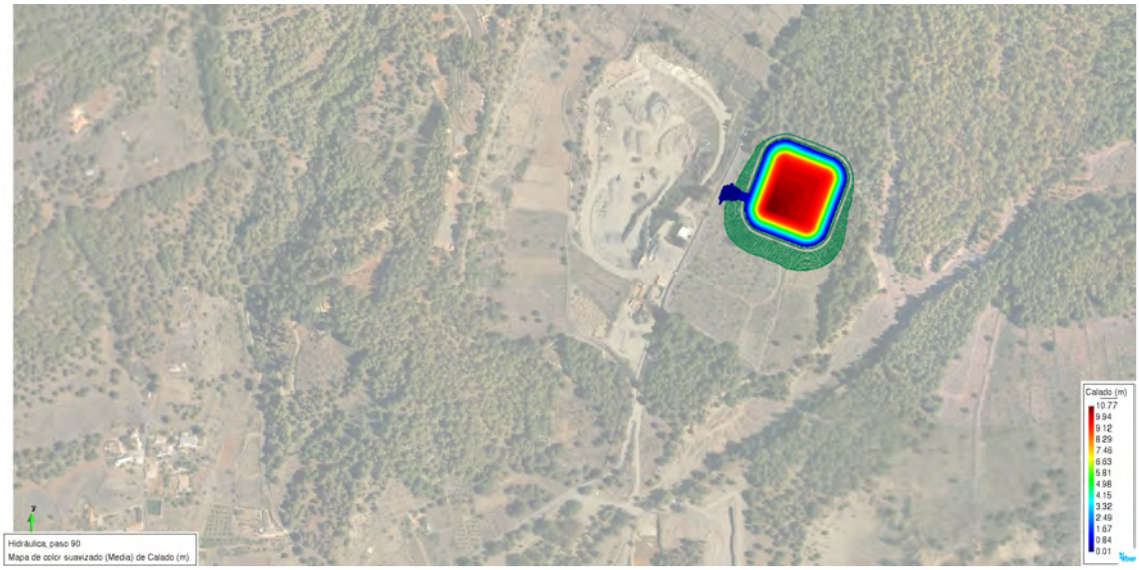


Ilustración 28. Calado (m). Paso de tiempo 90 s

A los 90 segundos ya la brecha permite la salida de la onda de rotura hacia la Ctra. La Cumbrecita y de inmediato una parte del flujo accede a la cantera y otra discurre aguas abajo por la carretera.

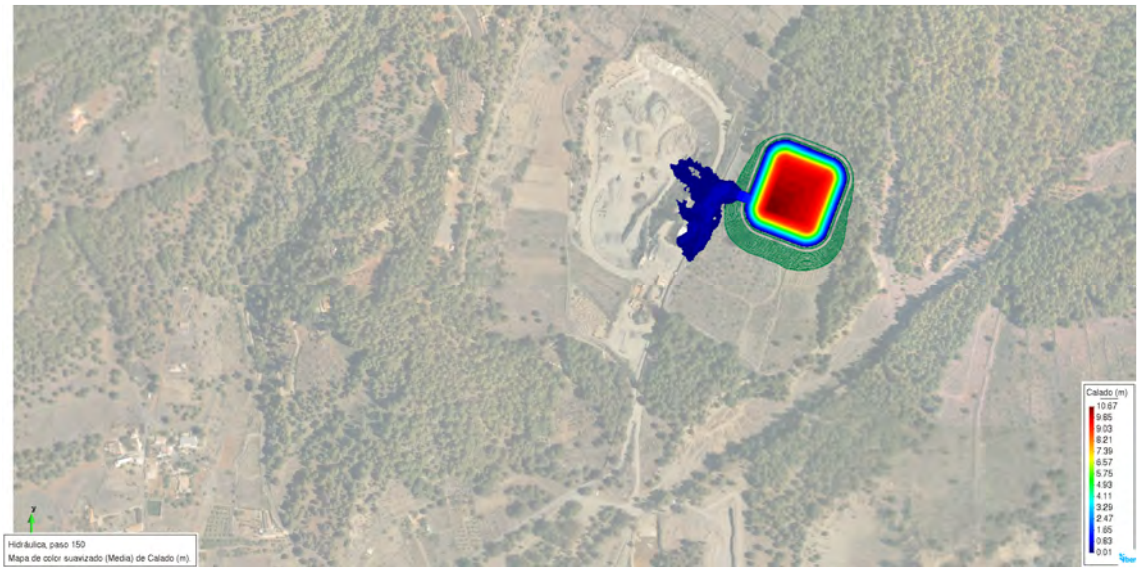


Ilustración 29. Calado (m). Paso de tiempo 150 s

Mientras se continúa aportando volúmenes de agua a la cantera (la cual se queda embalsada) el resto de la onda continua por la Ctra. La Cumbrecita.

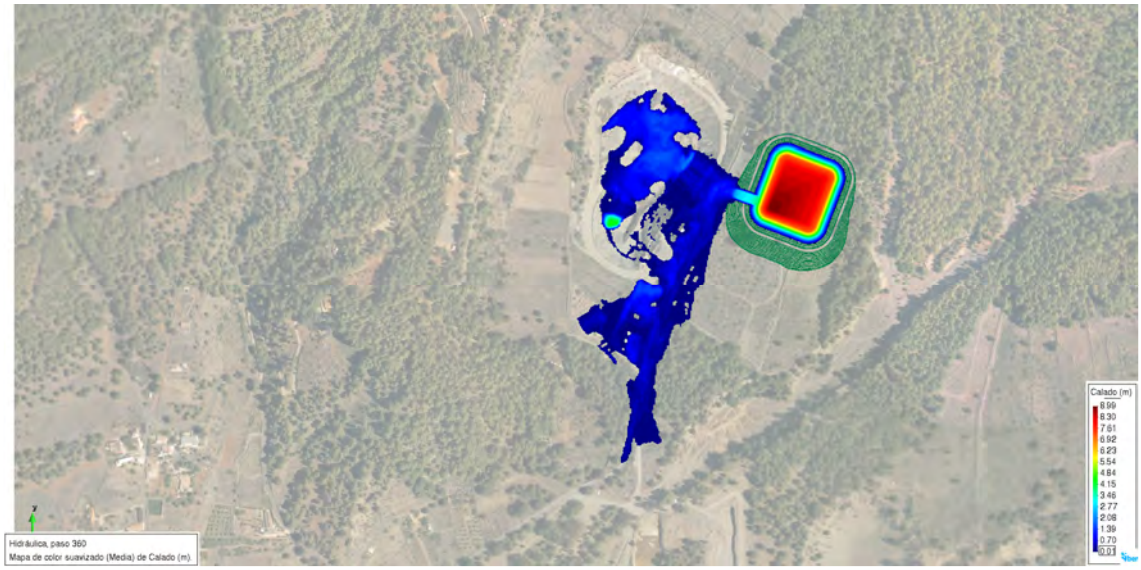


Ilustración 30. Calado (m). Paso de tiempo 360 s

Una vez se llega al cruce con el Bco. de Tenisca, parte se introduce en el primer hoyo del Bco. de Tenisca (aguas arriba) y el resto continua aguas abajo tanto por el barranco como por la Ctra. La Cumbrecita.

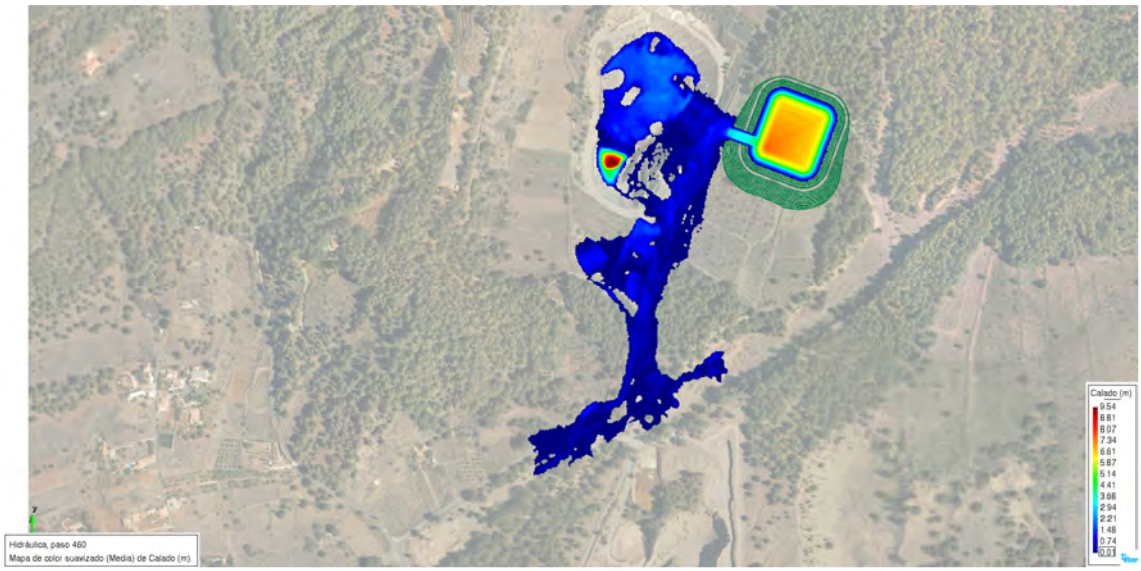


Ilustración 31. Calado (m). Paso de tiempo 460 s

El flujo sigue aguas abajo pasando cerca de las edificaciones E_6, E_9 y E_7 provocando afección no grave a esta última (cuarto de aperos).

Seguidamente se produce un pequeño embalse natural en la intersección con la C/Valencia.

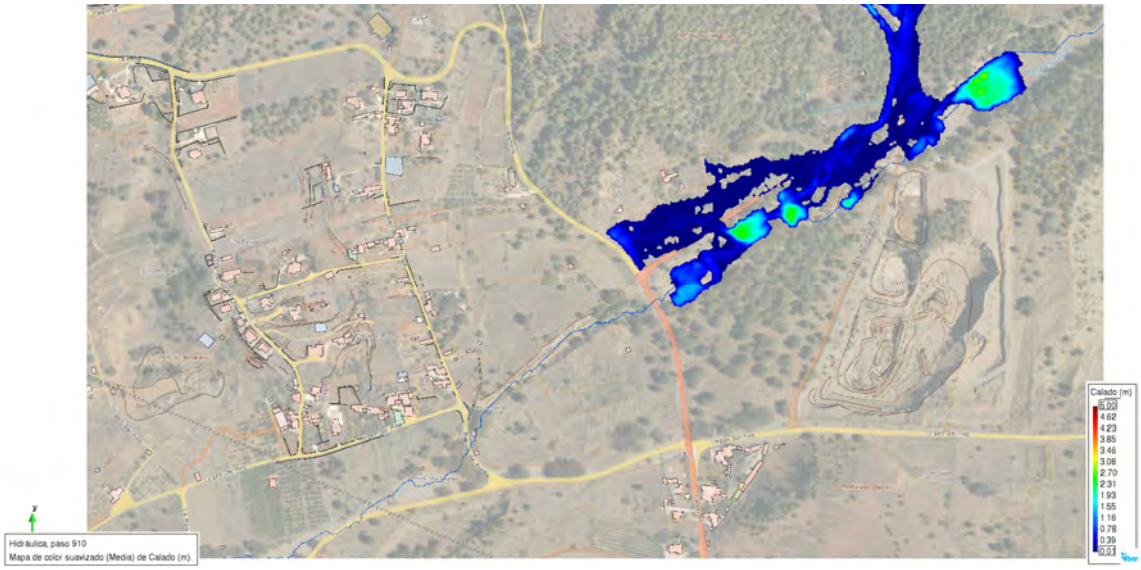


Ilustración 32. Calado (m). Paso de tiempo 910 s

Ya en torno al paso 1200 segundo la onda sobrepasa el "efecto barrera" de la Ctra. La Cumbrecita y C/Valencia y continua aguas abajo dos líneas de flujo que terminan confluyendo en el Bco. de Tenisca en el entorno de la C/Barrial de Arriba.

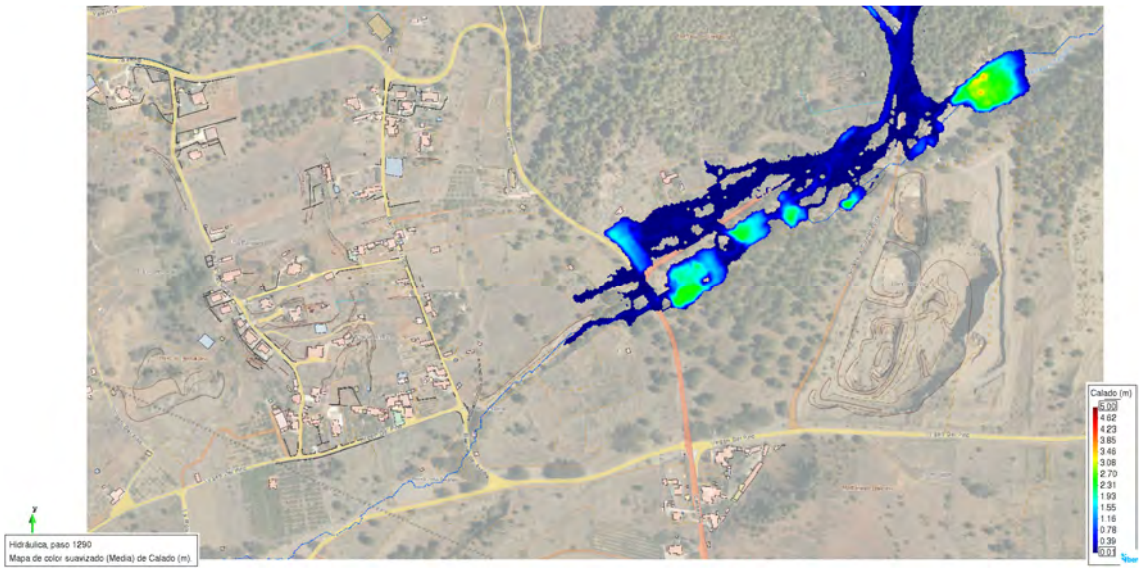


Ilustración 33. Calado (m). Paso de tiempo 1290 s

Tras pasar dicha calle, la mayor parte de la onda continua por el cauce del barranco pero una parte se desborda por la C/Virgen del Pino tal como se ve en la siguiente imagen.

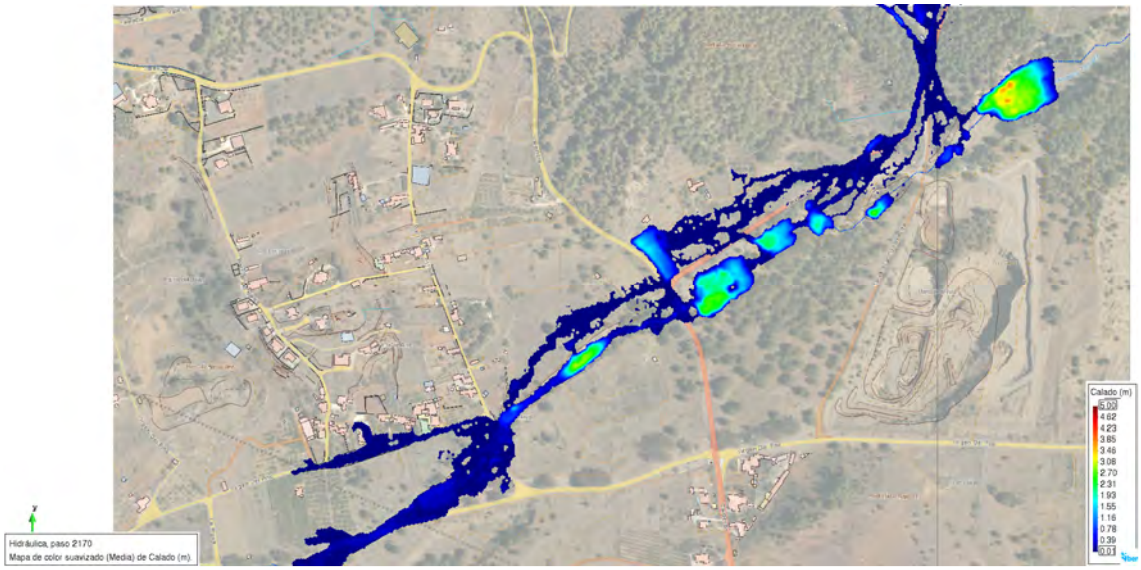


Ilustración 34. Calado (m). Paso de tiempo 2170 s

Sin embargo, son calados muy pequeños y solo el flujo con umbral grave discurre únicamente por el viario tal y como se puede ver en la siguiente imagen.

Ilustración 35. Máximo Daño Grave RD9/2008. Paso de tiempo 2170 s

El flujo principal que discurre por el cauce, continua aguas abajo hacia el núcleo de La Cruz de Las Canales por donde discurre únicamente por el cauce.

En la siguiente imagen se puede ver como el flujo principal entra en el núcleo poblacional. Se ha representado en color negro los calados menores a 10 centímetros ya que no se han considerado para el presente estudio.

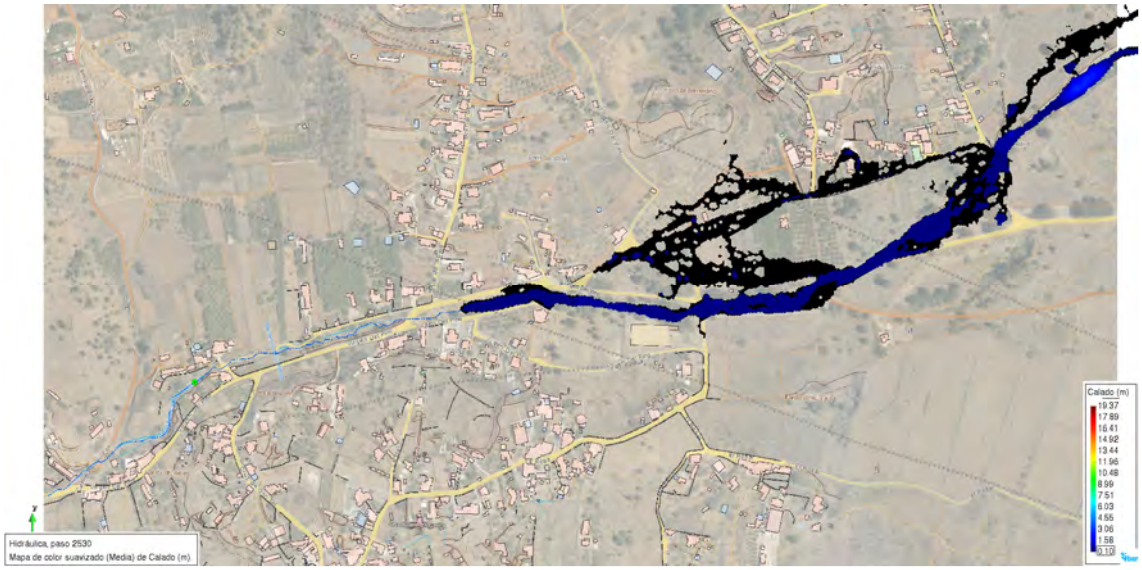


Ilustración 36. Calado (m). Paso de tiempo 2530 s

El flujo con umbral grave se limita al cauce del barranco tal y como se puede ver en la siguiente imagen.

Ilustración 37. Máximo Daño Grave RD 9/2008. Paso de tiempo 2530

Y continúa hasta el límite del ámbito del estudio.

Ilustración 38. Máximo Daño Grave RD 9/2008. Paso de tiempo 3250

En los planos 5 y 6 se representan las variables hidráulicas de calado y velocidad. El mapa de afección grave se representa en los planos 7.1. y 7.2. del anexo II de la presente memoria.

A continuación, se procede a evaluar las afecciones a los elementos previamente identificados en el punto 3.2. de la presente memoria, siguiendo el modelo de tabla para el análisis de afecciones aguas debajo de la *Guía Técnica para la Clasificación de presas*. Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico. Noviembre 2021.

Todos los elementos analizados se encuentran identificados en el plano 3 del anexo II.

3.4.2.1 ANÁLISIS DE AFECCIONES A NÚCLEOS DE POBLACIÓN, VIVIENDAS Y VIDAS HUMANAS EN GENERAL

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA AFECCIÓN POTENCIAL								
Nº	**Denominación**	**Tipo de elemento afectado**	**Distancia a balsa** (km)	**Cauce**	**Margen**	**Coordenadas UTM**		**Cota** (msnm)
						X	**Y**	
N_1	Calderón	Núcleo de población	0,730	Tenisca	Izquierda	221.320,87	3.173.716,81	831.77
RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO						**CLASIFICACIÓN DEL DAÑO**		
Caudal máximo (m^3/s)	**Cota máxima de agua** (msnm)	**Tiempo llegada onda** (h:mm)	**Tiempo valores máximos** (h:mm)	**Calado máximo** (m)	**Velocidad máxima** (m/s)	**Grado de afección**		
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	NO AFECCIÓN		

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA AFECCIÓN POTENCIAL								
Nº	**Denominación**	**Tipo de elemento afectado**	**Distancia a balsa** (km)	**Cauce**	**Margen**	**Coordenadas UTM**		**Cota** (msnm)
						X	**Y**	
N_2	Barrial	Núcleo de población	0.750	Tenisca	Derecha	220.767,97	3.174.083,42	861,52
RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO						**CLASIFICACIÓN DEL DAÑO**		
Caudal máximo (m^3/s)	**Cota máxima de agua** (msnm)	**Tiempo llegada onda** (h:mm)	**Tiempo valores máximos** (h:mm)	**Calado máximo** (m)	**Velocidad máxima** (m/s)	**Grado de afección**		
1,37	822	0:29	0:32	0,25	1,4	AFECCIÓN NO GRAVE (no afecta a viviendas)		

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA AFECCIÓN POTENCIAL								
Nº	**Denominación**	**Tipo de elemento afectado**	**Distancia a balsa** (km)	**Cauce**	**Margen**	**Coordenadas UTM**		**Cota** (msnm)
						X	**Y**	
N_3	La Cruz de Las Canales	Núcleo de población	1.375	Tenisca	Ambos	219.167,28	3.172.942,59	664,83
RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO						**CLASIFICACIÓN DEL DAÑO**		
Caudal máximo (m^3/s)	**Cota máxima de agua** (msnm)	**Tiempo llegada onda** (h:mm)	**Tiempo valores máximos** (h:mm)	**Calado máximo** (m)	**Velocidad máxima** (m/s)	**Grado de afección**		
6,59	799	0:39	0:42	0,87	2,66	AFECCIÓN NO GRAVE (no afecta a viviendas)		

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA AFECCIÓN POTENCIAL								
Nº	**Denominación**	**Tipo de elemento afectado**	**Distancia a balsa** (km)	**Cauce**	**Margen**	**Coordenadas UTM**		**Cota** (msnm)
						X	**Y**	
E_2	38027A007000070001II	Vivienda aislada	1,260	Tenisca	Derecha	220.670,57	3.173.743,45	810,13
RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO						**CLASIFICACIÓN DEL DAÑO**		
Caudal máximo (m^3/s)	**Cota máxima de agua** (msnm)	**Tiempo llegada onda** (h:mm)	**Tiempo valores máximos** (h:mm)	**Calado máximo** (m)	**Velocidad máxima** (m/s)	**Grado de afección**		
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	NO AFECCIÓN		

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA AFECCIÓN POTENCIAL								
Nº	**Denominación**	**Tipo de elemento afectado**	**Distancia a balsa** (km)	**Cauce**	**Margen**	**Coordenadas UTM**		**Cota** (msnm)
						X	**Y**	
E_4	001102900BS27C0001KE	Vivienda aislada	1,350	Tenisca	Derecho	220.567,78	3.173.720,8	810,44
RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO						**CLASIFICACIÓN DEL DAÑO**		
Caudal máximo (m^3/s)	**Cota máxima de agua** (msnm)	**Tiempo llegada onda** (h:mm)	**Tiempo valores máximos** (h:mm)	**Calado máximo** (m)	**Velocidad máxima** (m/s)	**Grado de afección**		
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	NO AFECCIÓN		

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA AFECCIÓN POTENCIAL								
Nº	**Denominación**	**Tipo de elemento afectado**	**Distancia a balsa** (km)	**Cauce**	**Margen**	**Coordenadas UTM**		**Cota** (msnm)
						X	**Y**	
E_5	38027A017000350001II	Vivienda aislada	1,200	Tenisca	Izquierdo	220.885,68	3.173.597,51	817,13
RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO						**CLASIFICACIÓN DEL DAÑO**		
Caudal máximo (m^3/s)	**Cota máxima de agua** (msnm)	**Tiempo llegada onda** (h:mm)	**Tiempo valores máximos** (h:mm)	**Calado máximo** (m)	**Velocidad máxima** (m/s)	**Grado de afección**		
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	NO AFECCIÓN		

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA AFECCIÓN POTENCIAL								
Nº	**Denominación**	**Tipo de elemento afectado**	**Distancia a balsa** (km)	**Cauce**	**Margen**	**Coordenadas UTM**		**Cota** (msnm)
						X	**Y**	
E_6	38027A005000100000UM	Vivienda aislada	0,550	Tenisca	Derecho	221.266,83	3.174.122,26	847,19
RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO						**CLASIFICACIÓN DEL DAÑO**		
Caudal máximo (m^3/s)	**Cota máxima de agua** (msnm)	**Tiempo llegada onda** (h:mm)	**Tiempo valores máximos** (h:mm)	**Calado máximo** (m)	**Velocidad máxima** (m/s)	**Grado de afección**		
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	NO AFECCIÓN		

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA AFECCIÓN POTENCIAL								
Nº	**Denominación**	**Tipo de elemento afectado**	**Distancia a balsa** (km)	**Cauce**	**Margen**	**Coordenadas UTM**		**Cota** (msnm)
						X	**Y**	
E_8	38027A006001690001IW	Vivienda aislada	1,190	Tenisca	Derecho	220.765,07	3.173.736,05	813,81
RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO						**CLASIFICACIÓN DEL DAÑO**		
Caudal máximo (m^3/s)	**Cota máxima de agua** (msnm)	**Tiempo llegada onda** (h:mm)	**Tiempo valores máximos** (h:mm)	**Calado máximo** (m)	**Velocidad máxima** (m/s)	**Grado de afección**		
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	NO AFECCIÓN		

RESUMEN:

Nº	DENOMINACIÓN	TIPO DE ELEMENTO	GRADO DE AFECCIÓN
N_1	Calderón	Núcleo de población	NO AFECCIÓN
N_2	Barrial	Núcleo de población	AFECCIÓN NO GRAVE
N_3	La Cruz de Las Canales	Núcleo de población	AFECCIÓN NO GRAVE
E_2	38027A007000070001II	Vivienda aislada	NO AFECCIÓN
E_4	001102900BS27C0001KE	Vivienda aislada	NO AFECCIÓN
E_5	38027A017000350001II	Vivienda aislada	NO AFECCIÓN
E_6	38027A005000100000UM	Vivienda aislada	NO AFECCIÓN
E_8	38027A006001690001IW	Vivienda aislada	NO AFECCIÓN

CLASIFICACIÓN DE LA BALSA PARA LA CATEGORÍA:

Dado que no hay ninguna afección grave, la clasificación de la balsa en relación con la **afección a núcleos de población o viviendas aisladas** es **C**.

3.4.2.2 ANÁLISIS DE AFECCIONES A SERVICIOS ESENCIALES

El único elemento identificado en el punto 3.2.3. son las torretas asociadas a la línea eléctrica **Guinchos-Valle de Aridane.**

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA AFECCIÓN POTENCIAL								
Nº	**Denominación**	**Tipo de elemento afectado**	**Distancia a balsa** (km)	**Cauce**	**Margen**	**Coordenadas UTM**		**Cota** (msnm)
						X	**Y**	
T	Guinchos-Valle de Aridane	Torreta eléctrica	1,133	Tenisca	Derecho	220.823,94	3.173.739,90	812
RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO						**CLASIFICACIÓN DEL DAÑO**		
Caudal máximo (m^3/s)	**Cota máxima de agua** (msnm)	**Tiempo llegada onda** (h:mm)	**Tiempo valores máximos** (h:mm)	**Calado máximo** (m)	**Velocidad máxima** (m/s)	**Grado de afección**		
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	NO AFECCIÓN		

Dado que no hay ninguna afección grave, la clasificación de la balsa en relación con la **afección a servicios esenciales** es **C**.

3.4.2.3 ANÁLISIS DE LOS DAÑOS MATERIALES

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA AFECCIÓN POTENCIAL								
Nº	**Denominación**	**Tipo de elemento afectado**	**Distancia a balsa** (km)	**Cauce**	**Margen**	**Coordenadas UTM**		**Cota** (msnm)
						X	**Y**	
C_1	Cantera de áridos El Riachuelo	Industria	0,20	Tenisca	Derecha	221.566,12	3.174.538,35	860
RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO						**CLASIFICACIÓN DEL DAÑO**		
Caudal máximo (m^3/s)	**Cota máxima de agua** (msnm)	**Tiempo llegada onda** (h:mm)	**Tiempo valores máximos** (h:mm)	**Calado máximo** (m)	**Velocidad máxima** (m/s)	**Grado de afección**		
97,2	885	0:01	0:01	19,37	6,5	AFECCIÓN GRAVE		

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA AFECCIÓN POTENCIAL								
Nº	**Denominación**	**Tipo de elemento afectado**	**Distancia a balsa** (km)	**Cauce**	**Margen**	**Coordenadas UTM**		**Cota** (msnm)
						X	**Y**	
C_2	Llano de La Pina	Industria	0,365	Tenisca	Izquiera	221.564,09	3.173.941,42	820
RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO						**CLASIFICACIÓN DEL DAÑO**		
Caudal máximo (m^3/s)	**Cota máxima de agua** (msnm)	**Tiempo llegada onda** (h:mm)	**Tiempo valores máximos** (h:mm)	**Calado máximo** (m)	**Velocidad máxima** (m/s)	**Grado de afección**		
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	NO AFECCIÓN		

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA AFECCIÓN POTENCIAL								
Nº	**Denominación**	**Tipo de elemento afectado**	**Distancia a balsa** (km)	**Cauce**	**Margen**	**Coordenadas UTM**		**Cota** (msnm)
						X	**Y**	
I_1	Skate Park	Infraestructura deportiva	1,410	Tenisca	Derecho	220.605,26	3.173.600,86	804,00
RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO						**CLASIFICACIÓN DEL DAÑO**		
Caudal máximo (m^3/s)	**Cota máxima de agua** (msnm)	**Tiempo llegada onda** (h:mm)	**Tiempo valores máximos** (h:mm)	**Calado máximo** (m)	**Velocidad máxima** (m/s)	**Grado de afección**		
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	NO AFECCIÓN		

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA AFECCIÓN POTENCIAL								
Nº	**Denominación**	**Tipo de elemento afectado**	**Distancia a balsa** (km)	**Cauce**	**Margen**	**Coordenadas UTM**		**Cota** (msnm)
						X	**Y**	
I_2	Terreno de Equitación	Infraestructura deportiva	1,075	Tenisca	Ambos	220.948.31	3.173.729,41	817,38
RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO						**CLASIFICACIÓN DEL DAÑO**		
Caudal máximo (m^3/s)	**Cota máxima de agua** (msnm)	**Tiempo llegada onda** (h:mm)	**Tiempo valores máximos** (h:mm)	**Calado máximo** (m)	**Velocidad máxima** (m/s)	**Grado de afección**		
6,35	817	0:31	0:34	0,46	1,88	AFECCIÓN GRAVE		

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA AFECCIÓN POTENCIAL								
Nº	**Denominación**	**Tipo de elemento afectado**	**Distancia a balsa** (km)	**Cauce**	**Margen**	**Coordenadas UTM**		**Cota** (msnm)
						X	**Y**	
E_1	38027A006001090000UF	Propiedad rústica	0.725	Tenisca	Derecha	221.141,5	3.174.009,71	836.17
RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO						**CLASIFICACIÓN DEL DAÑO**		
Caudal máximo (m^3/s)	**Cota máxima de agua** (msnm)	**Tiempo llegada onda** (h:mm)	**Tiempo valores máximos** (h:mm)	**Calado máximo** (m)	**Velocidad máxima** (m/s)	**Grado de afección**		
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	NO AFECCIÓN		

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA AFECCIÓN POTENCIAL								
Nº	**Denominación**	**Tipo de elemento afectado**	**Distancia a balsa** (km)	**Cauce**	**Margen**	**Coordenadas UTM**		**Cota** (msnm)
						X	**Y**	
E_7	38027A005000140000UD	Propiedad rústica	0,505	Tenisca	Derecho	221.338,7	3.174.125,01	847,52
RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO						**CLASIFICACIÓN DEL DAÑO**		
Caudal máximo (m^3/s)	**Cota máxima de agua** (msnm)	**Tiempo llegada onda** (h:mm)	**Tiempo valores máximos** (h:mm)	**Calado máximo** (m)	**Velocidad máxima** (m/s)	**Grado de afección**		
0,53	843	0:08	0:15	0,16	1,10	AFECCIÓN NO GRAVE		

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA AFECCIÓN POTENCIAL								
Nº	Denominación	Tipo de elemento afectado	Distancia a balsa (km)	Cauce	Margen	Coordenadas UTM		Cota (msnm)
						X	Y	
E_09	38027A005000110000UO	Propiedad rústica	0,635	Tenisca	Derecho	221.202,84	3.174.081,18	842,35
RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO						CLASIFICACIÓN DEL DAÑO		
Caudal máximo (m^3/s)	Cota máxima de agua (msnm)	Tiempo llegada onda (h:mm)	Tiempo valores máximos (h:mm)	Calado máximo (m)	Velocidad máxima (m/s)	Grado de afección		
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	NO AFECCIÓN		

RESUMEN:

Nº	DENOMINACIÓN	TIPO DE ELEMENTO	GRADO DE AFECCIÓN
C_1	Cantera de áridos El Riachuelo	Industria	GRAVE
C_2	Llano de la Pina	Industria	NO AFECCIÓN
I_1	Skate-Park El Paso	Infraestructura deportiva	NO AFECCIÓN
I_2	Terreno de equitación	Infraestructura deportiva	GRAVE
E_1	38027A006001090000UF	Propiedad rústica	NO AFECCIÓN
E_7	38027A005000140000UD	Propiedad rústica	AFECCIÓN NO GRAVE
E_9	38027A005000110000UO	Propiedad rústica	NO AFECCIÓN

CLASIFICACIÓN DE LA BALSA PARA LA CATEGORÍA:

Dado que solo hay DOS (2) afección grave (<10 instalaciones/propiedades), la clasificación de la balsa en relación a **daños materiales** es **C**.

3.4.2.4 ANÁLISIS DE LAS AFECCIONES A ELEMENTOS MEDIOAMBIENTALES, HISTÓRICO-ARTÍSTICOS O CULTURALES

No se han identificado elementos en la zona de estudio, por lo que la clasificación de la balsa en relación con la **afección a elementos medioambientales, histórico-artísticos o culturales** es **C**.

3.4.2.5 RESUMEN DE CLASIFICACIONES POR CATEGORÍA

Tabla 4. Resumen de clasificaciones

ASPECTO ANALIZADO	CATEGORÍA
Núcleos de población o viviendas aisladas	C
Servicios esenciales	C
Daños materiales	C
Aspectos medioambientales, histórico-artísticos o culturales	C
MÁXIMA CATEGORÍA ASIGNADA	**C**

4 NORMATIVAS CONSULTADAS Y APLICADAS

Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.

5 BIBLIOGRAFÍA

Guía Técnica para la Clasificación de presas. Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico. Noviembre 2021.

Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 2011

Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de Balsas. CEDEX. Octubre 2010.

6 CONCLUSIONES

Ante las justificaciones expuestas en los siguientes apartados, se propone que la balsa de El Paso del "Proyecto de la Balsa de El Paso (T.M. de El Paso). Isla de La Palma", sea clasificada como PEQUEÑA PRESA DE CATEGORÍA C, a los efectos contemplados en la Directriz Básica de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones y el RD 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

No obstante, esta clasificación deberá ser revisada si existiesen nuevas condiciones de peligrosidad aguas abajo de la balsa o si como se comentó en el punto 3.2. cambiaran las condiciones topográficas del terreno aguas abajo.

En San Cristóbal de La Laguna, enero de 2.022

El técnico redactor:

Fdo. Guillermo Santana González.

Ingeniero Civil. Colegiado nº. 23.087

ANEXO I
REPORTAJE FOTOGRÁFICO

PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

BALSA EL PASO

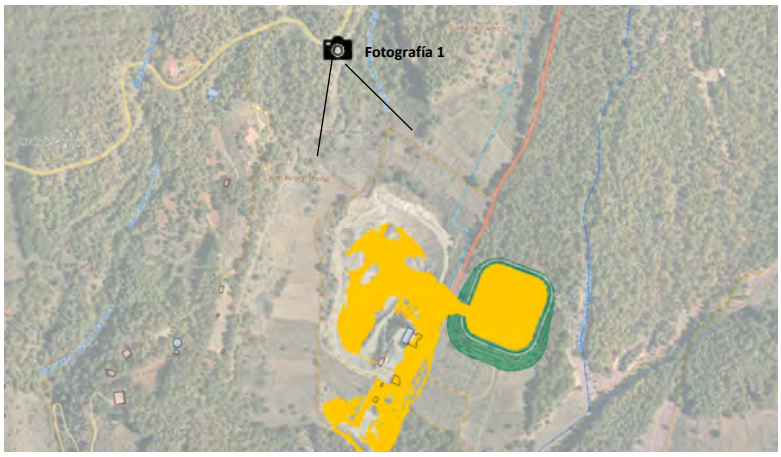
INDICE DE FOTOGRAFÍA

Fotografía 1.Vista superior de cantera de áridos El Riachuelo 2
Fotografía 2. Carretera La Cumbrecita 3
Fotografía 3. Carretera La Cumbrecita II 3
Fotografía 4. Carretera La Cumbrecita antes del cruce con C/Valencia 4
Fotografía 5. Vista del cruce Ctra. La Cumbrecita con C/Valencia 4
Fotografía 6. Cruce del barranco Tenisca con Ctra. La Cumbrecita 5
Fotografía 7. Vista aguas debajo de la C/ Virgen del Pino 5
Fotografía 8. C/Virgen del pino frente al terreno de equitación 6
Fotografía 9. Barranco de Tenisca a su paso por el Skate Park 6
Fotografía 10. Barranco de Tenisca a su llegada a Cruz de Las Canales 7
Fotografía 11. Cruz de Las Canales 7

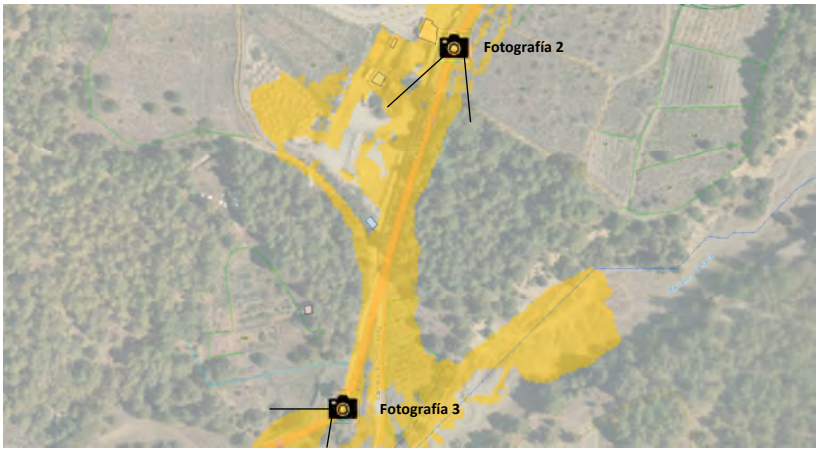
1 INTRODUCCIÓN

El presente anexo a la propuesta de clasificación de la balsa de El Paso tiene por objeto mostrar el estado actual de los terrenos aguas debajo de la balsa por donde discurre la onda de rotura.

El reportaje fotográfico se realizó el **19 de enero de 2022**. Se adjunta al final del anejo un plano de ubicación de fotografías.

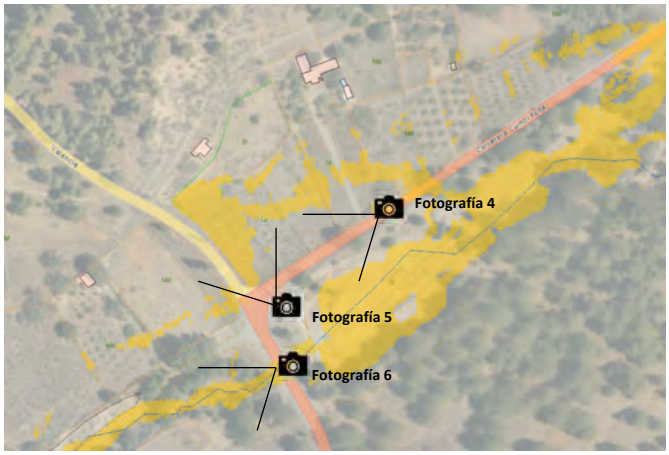


Fotografía 1.Vista superior de cantera de áridos El Riachuelo



Fotografía 2. Carretera La Cumbrecita

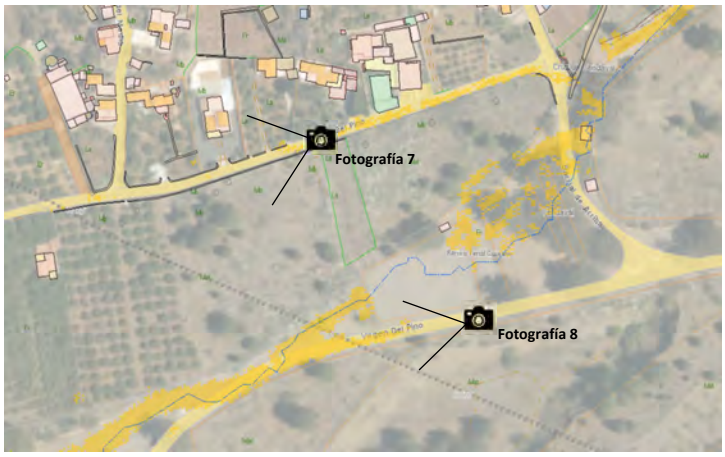
Fotografía 3. Carretera La Cumbrecita II



Fotografía 4. Carretera La Cumbrecita antes del cruce con C/Valencia

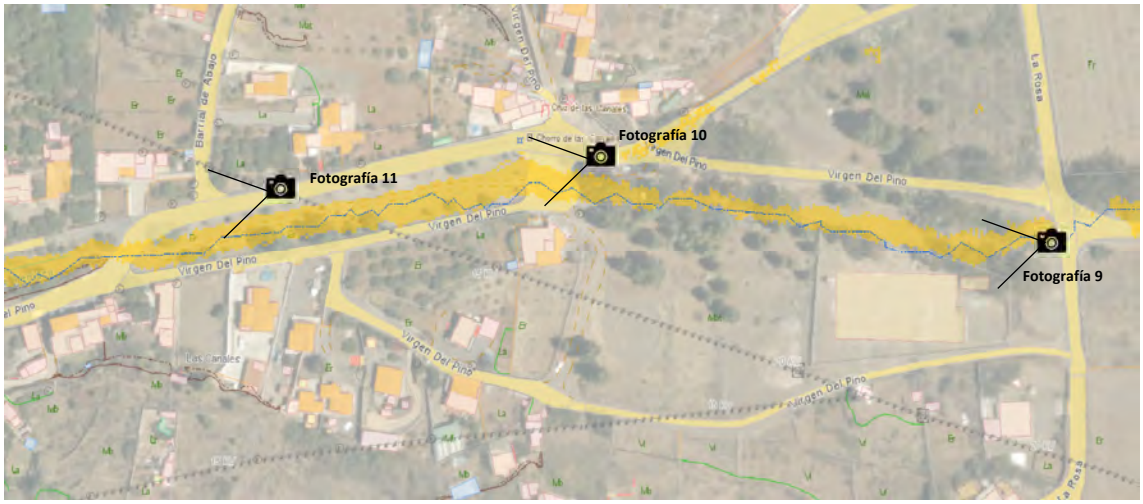
Fotografía 5. Vista del cruce Ctra. La Cumbrecita con C/Valencia

Fotografía 6. Cruce del barranco Tenisca con Ctra. La Cumbrecita



Fotografía 7. Vista aguas debajo de la C/ Virgen del Pino

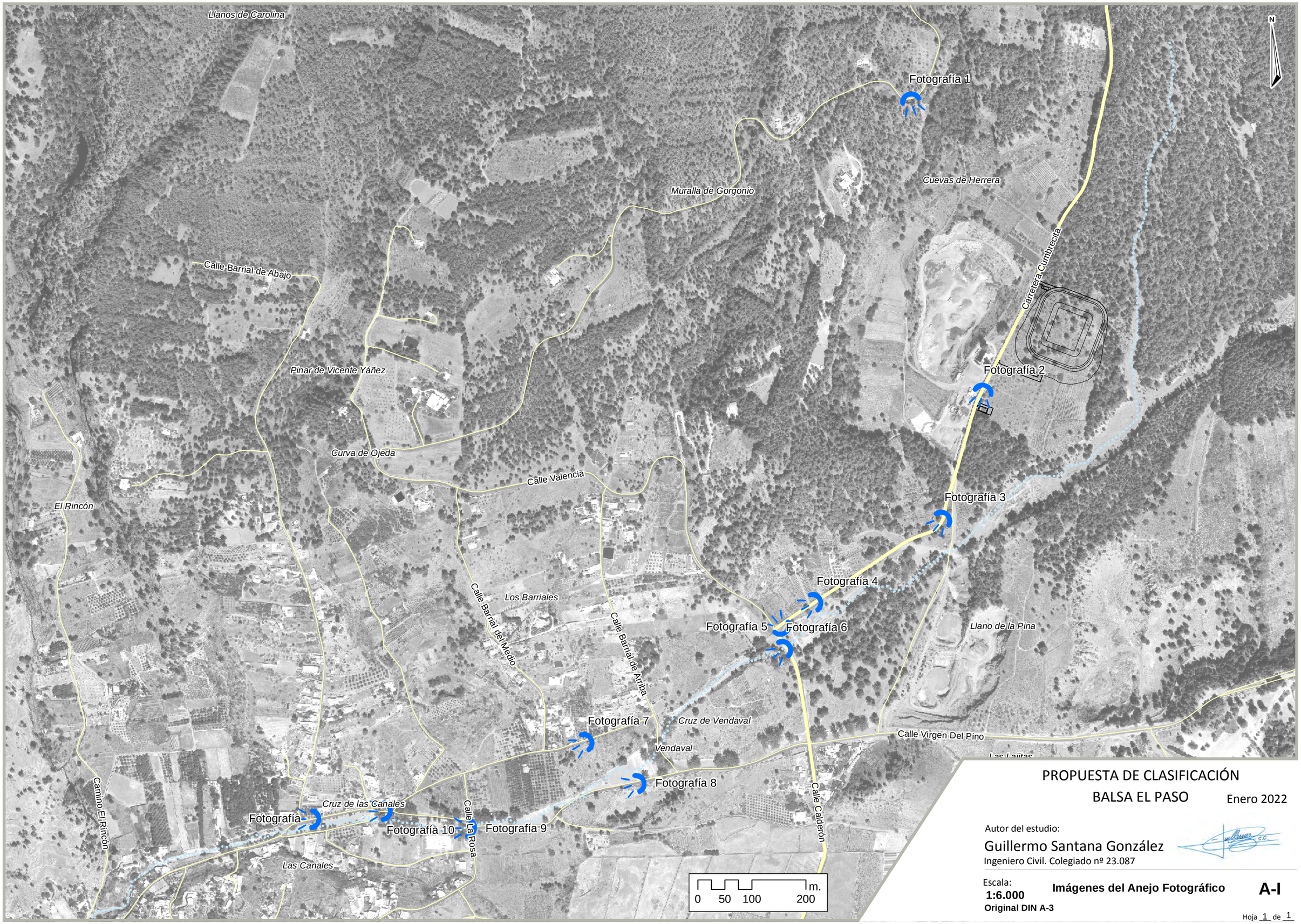
Fotografía 8. C/Virgen del pino frente al terreno de equitación



Fotografía 9. Barranco de Tenisca a su paso por el Skate Park

Fotografía 10. Barranco de Tenisca a su llegada a Cruz de Las Canales

Fotografía 11. Cruz de Las Canales



PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

BALSA EL PASO

Enero 2022

Autor del estudio:

Guillermo Santana González

Ingeniero Civil. Colegiado nº 23.087

Escala:

1:6.000

Original DIN A-3

Imágenes del Anejo Fotográfico

A-I

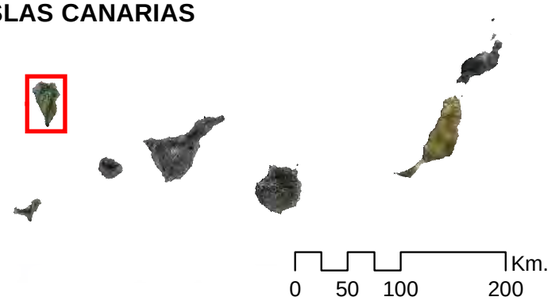
Hoja 1 de 1

ANEXO II
PLANOS

PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

BALSA EL PASO

ISLAS CANARIAS



ISLA DE LA PALMA

Ámbito Balsa El Paso

PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN
BALSA EL PASO

Enero 2022

Autor del estudio:

Guillermo Santana González

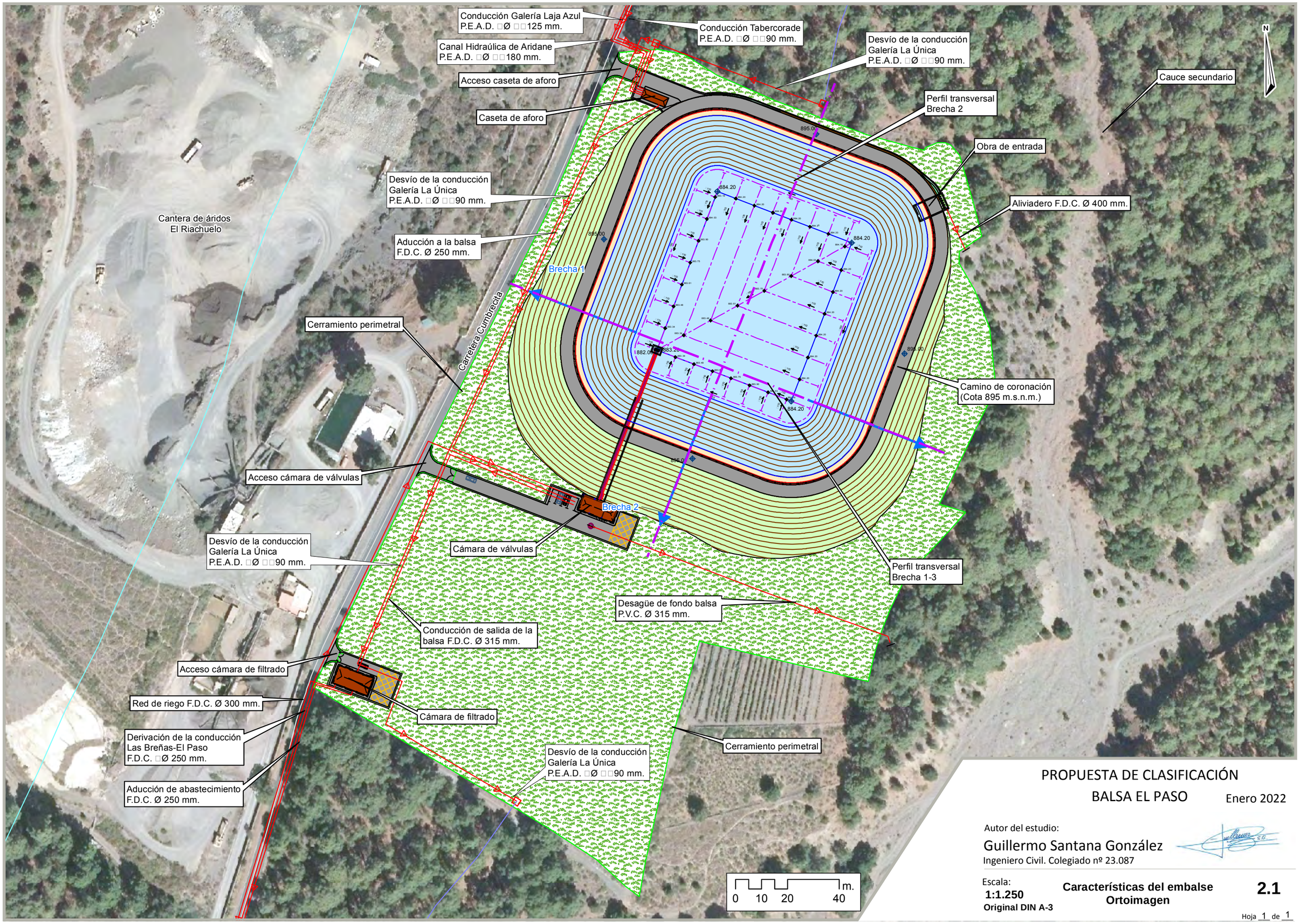
Ingeniero Civil. Colegiado nº 23.087

Escala:
Indicadas
Original DIN A-3

Situación y emplazamiento

1

Hoja 1 de 1



PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

BALSA EL PASO

Enero 2022

Autor del estudio:

Guillermo Santana González

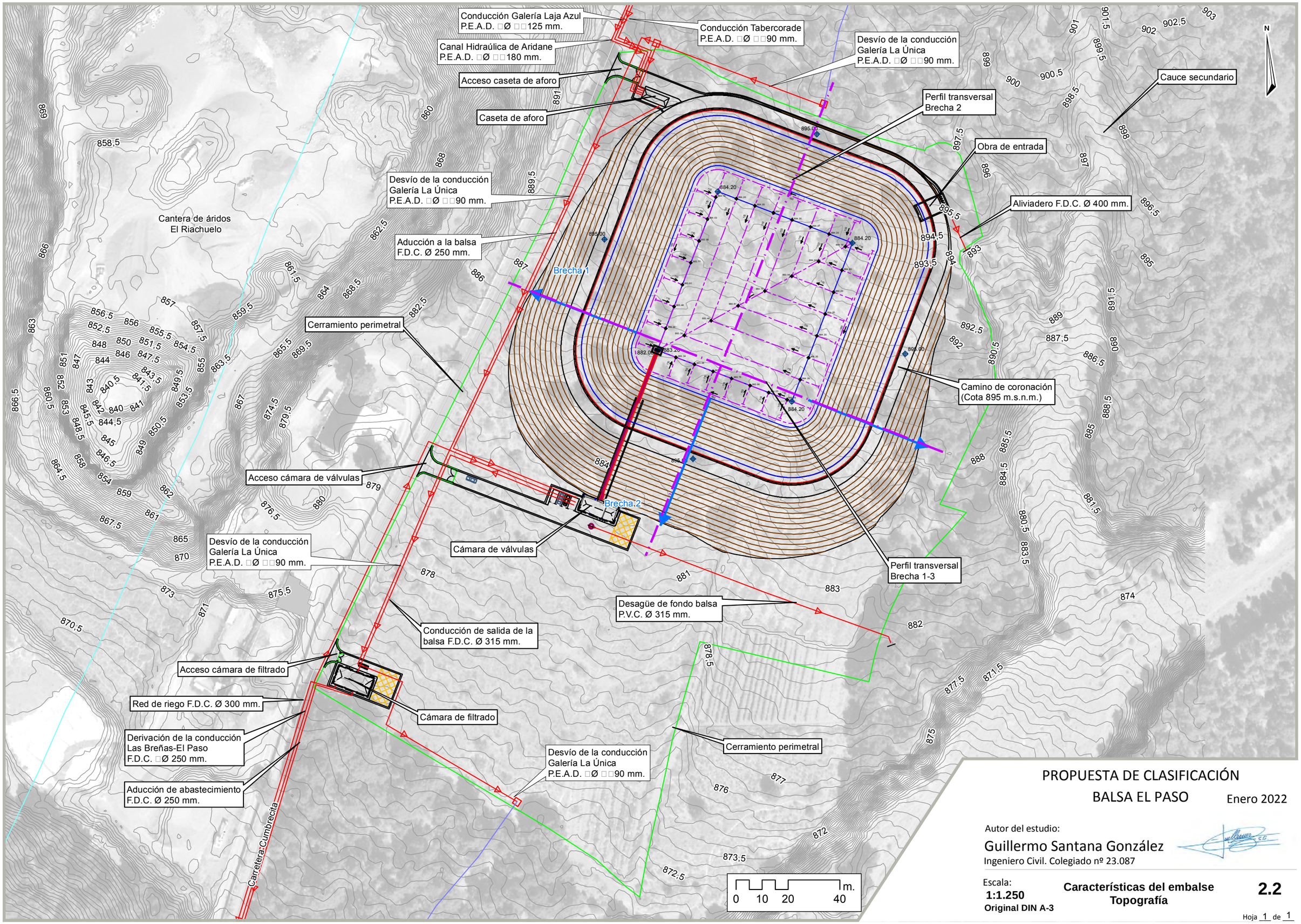
Ingeniero Civil. Colegiado nº 23.087

Escala:
1:1.250
Original DIN A-3

Características del embalse
Ortoimagen

2.1

Hoja 1 de 1



PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

BALSA EL PASO

Enero 2022

Autor del estudio:

Guillermo Santana González

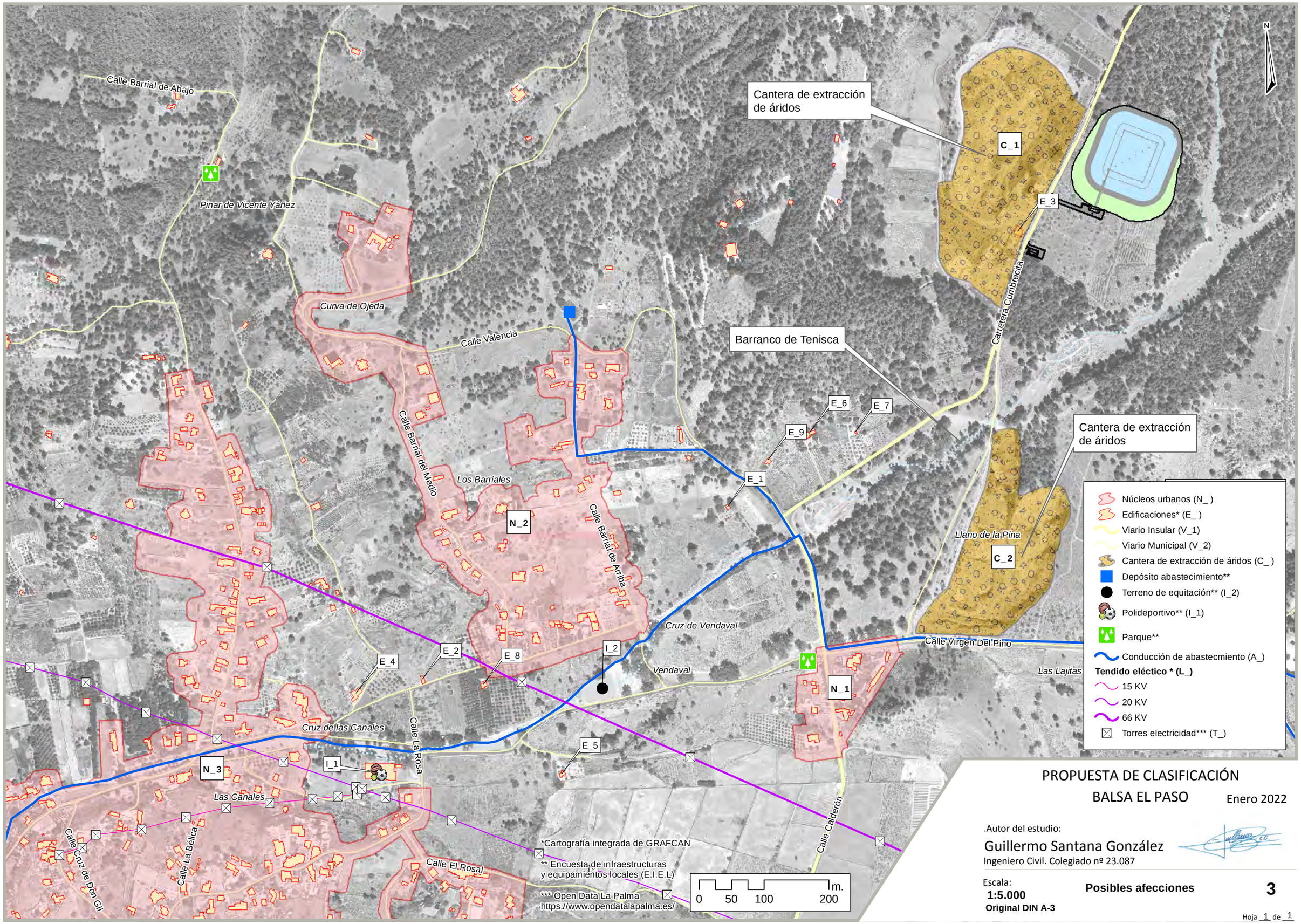
Ingeniero Civil. Colegiado nº 23.087

Escala:
1:1.250
Original DIN A-3

Características del embalse
Topografía

2.2

Hoja 1 de 1



PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN
BALSA EL PASO

Enero 2022

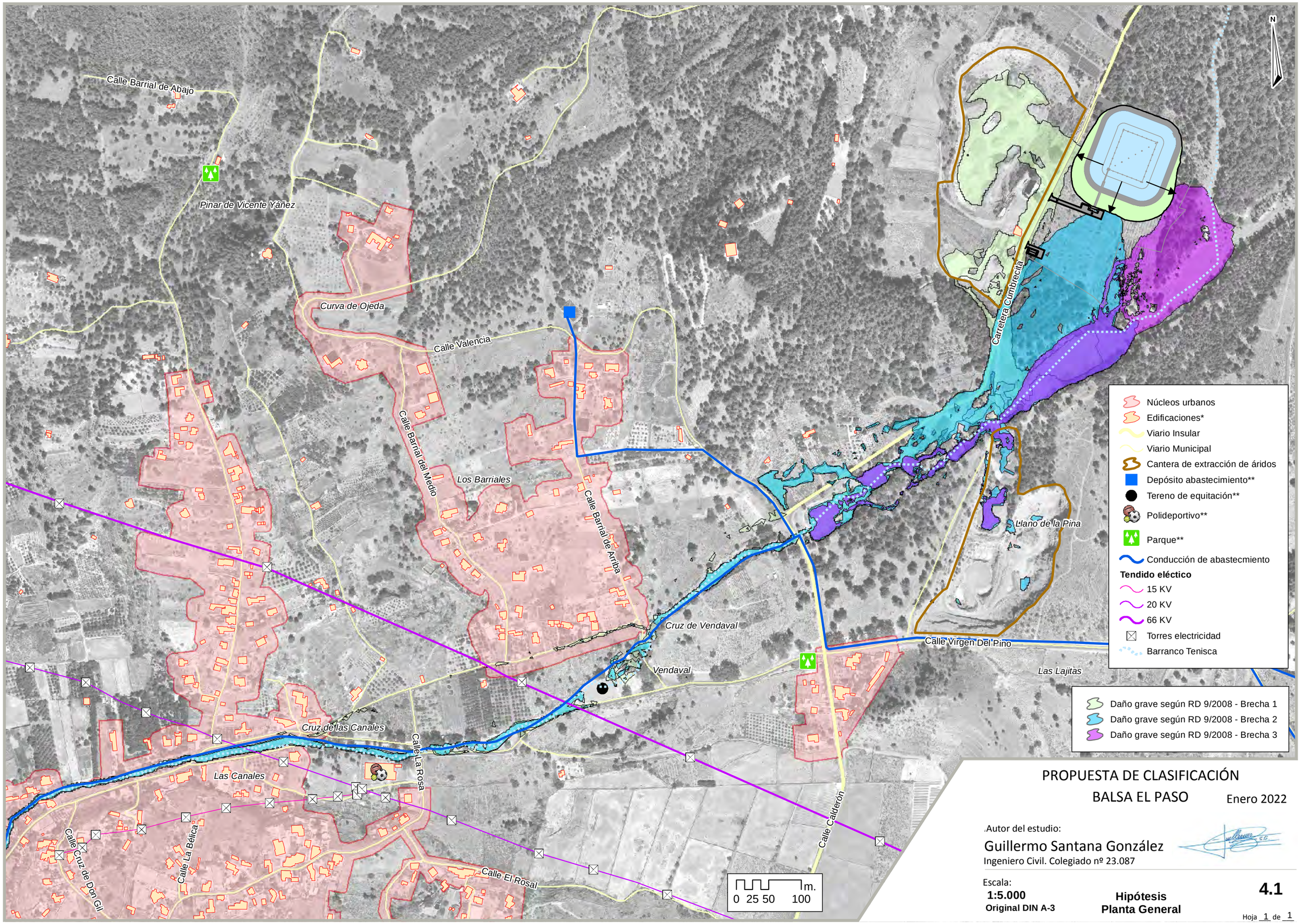
.Autor del estudio:
Guillermo Santana González
Ingeniero Civil. Colegiado nº 23.087

Escala:
1:5.000
Original DIN A-3

Posibles afecciones

3

Hoja 1 de 1



PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN
BALSA EL PASO

Enero 2022

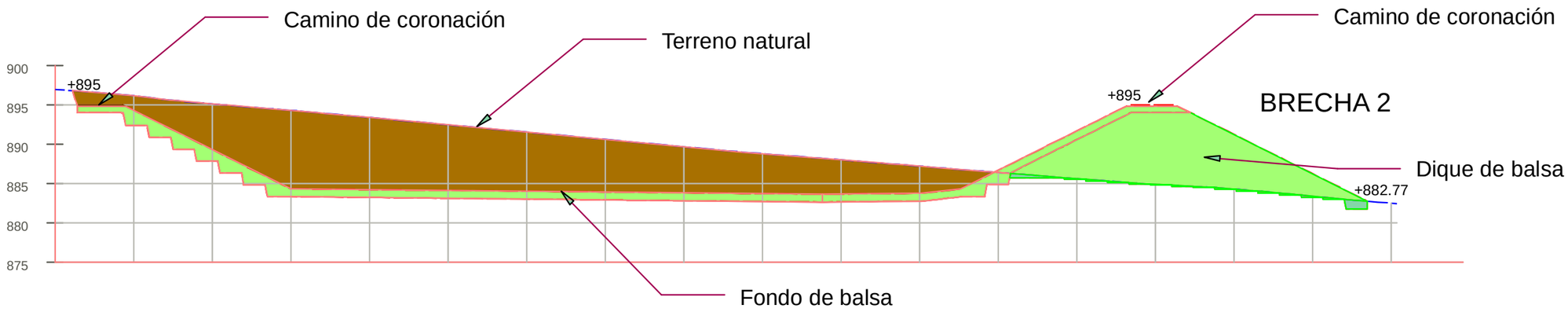
.Autor del estudio:
Guillermo Santana González
Ingeniero Civil. Colegiado nº 23.087

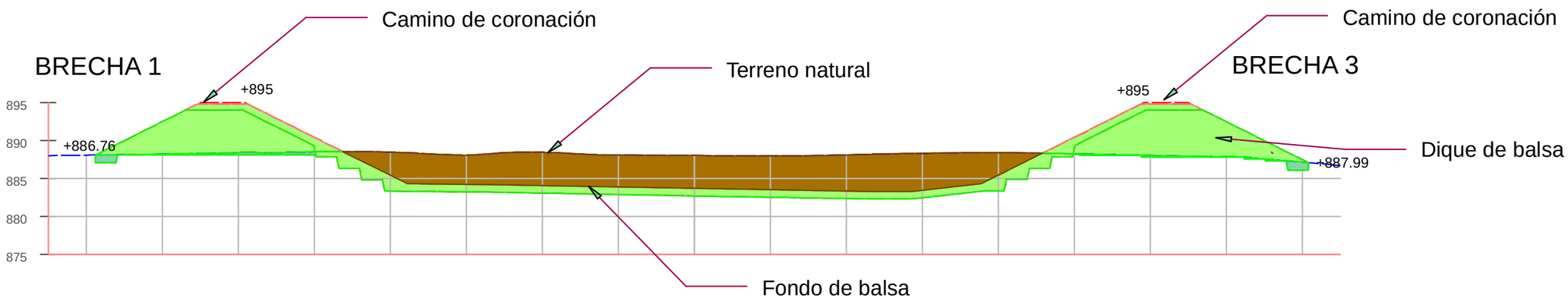
Escala:
1:5.000
Original DIN A-3

Hipótesis
Planta General

4.1

Hoja 1 de 1





0 5 10 20 m.

PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

BALSA EL PASO

Enero 2022

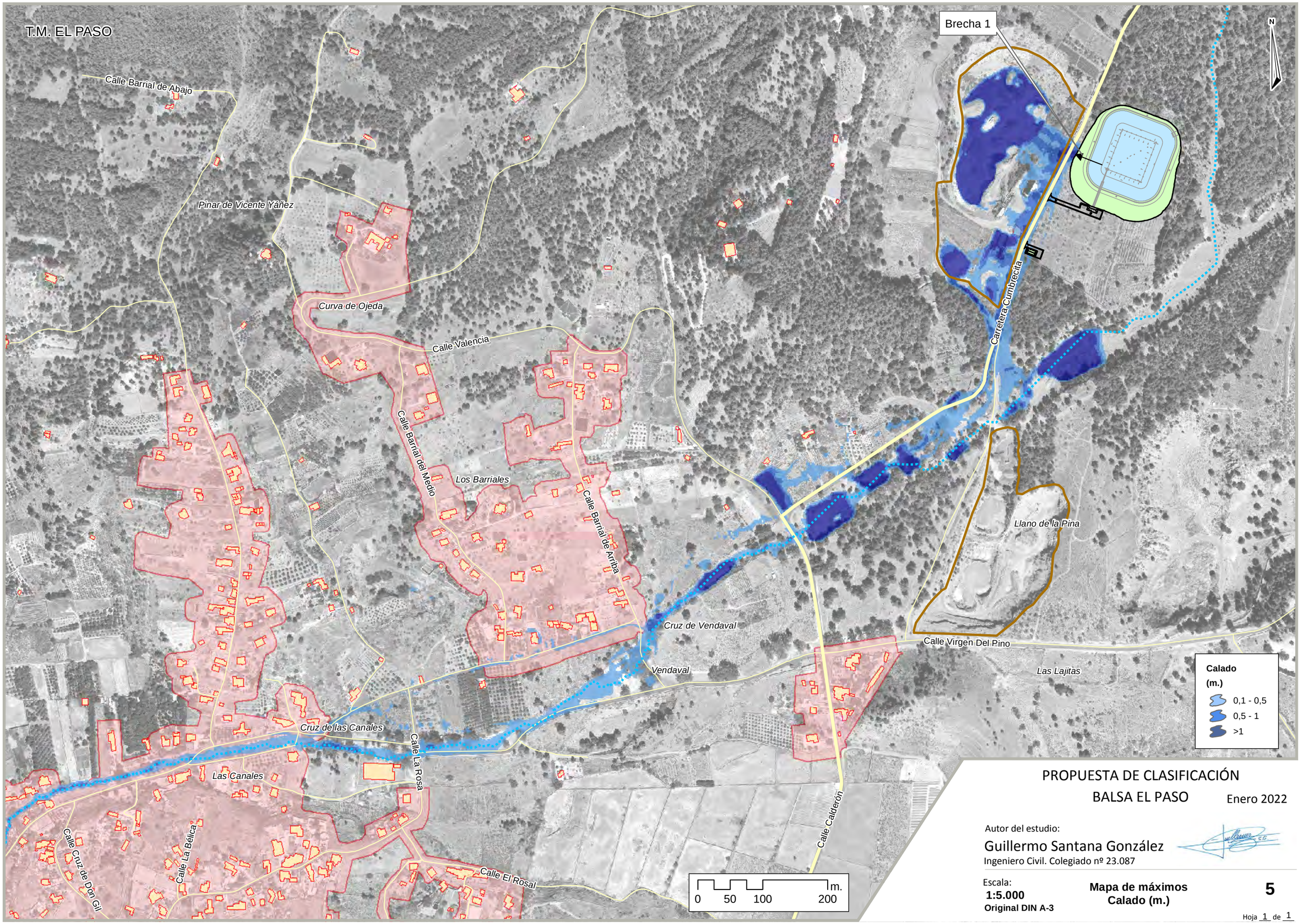
.Autor del estudio:
Guillermo Santana González
Ingeniero Civil. Colegiado nº 23.087

Escala:
1:600
Original DIN A-3

Hipótesis
Perfiles transversales
brechas 1, 2 y 3

4.2

Hoja 1 de 1



PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

BALSA EL PASO

Enero 2022

Autor del estudio:

Guillermo Santana González

Ingeniero Civil. Colegiado nº 23.087

Escala:

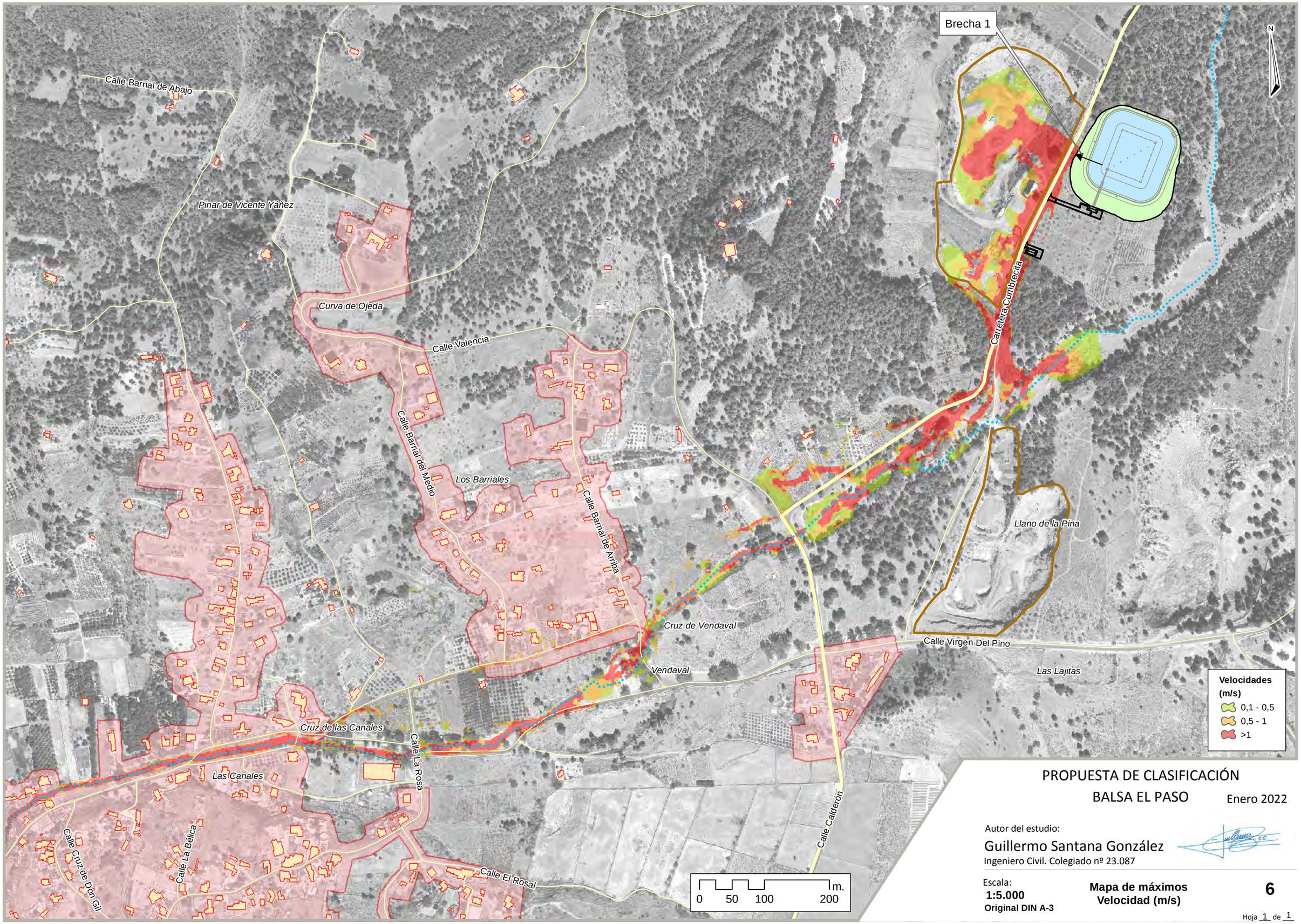
1:5.000

Original DIN A-3

Mapa de máximos
Calado (m.)

5

Hoja 1 de 1



PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

BALSA EL PASO

Enero 2022

Autor del estudio:

Guillermo Santana González

Ingeniero Civil. Colegiado nº 23.087

Escala:

1:5.000

Original DIN A-3

Mapa de máximos Velocidad (m/s)

6

Hoja 1 de 1

Brecha 1

Cantera de extracción de áridos

Barranco de Tenisca

Cantera de extracción de áridos

Calle Barrial de Abajo

Pinar de Vicente Yáñez

Curva de Ojeda

Calle Valencia

Calle Barrial del Medio

Los Barriales

Calle Barrial de Arriba

Carretera Cumbrecita

Llano de la Pina

Cruz de Vendaval

Vendaval

Calle Virgen Del Pino

Las Lajitas

Cruz de las Canales

Calle La Rosa

Las Canales

Calle Cruz de Don Gil

Calle La Bélica

Calle El Rosal

Calle Calderón

N

0 50 100 200 m.

- Cantera de extracción de áridos
- Centro de transformación eléctrico
- Depósito abastecimiento
- Otros espacios
- Polideportivo
- Parque
- Conducción de abastecmiento

Tendido eléctico

- 15 KV
- 20 KV
- 66 KV
- Torres electricidad

Daño grave según RD 9/2008 - Brecha 1

PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

BALSA EL PASO

Enero 2022

Autor del estudio:

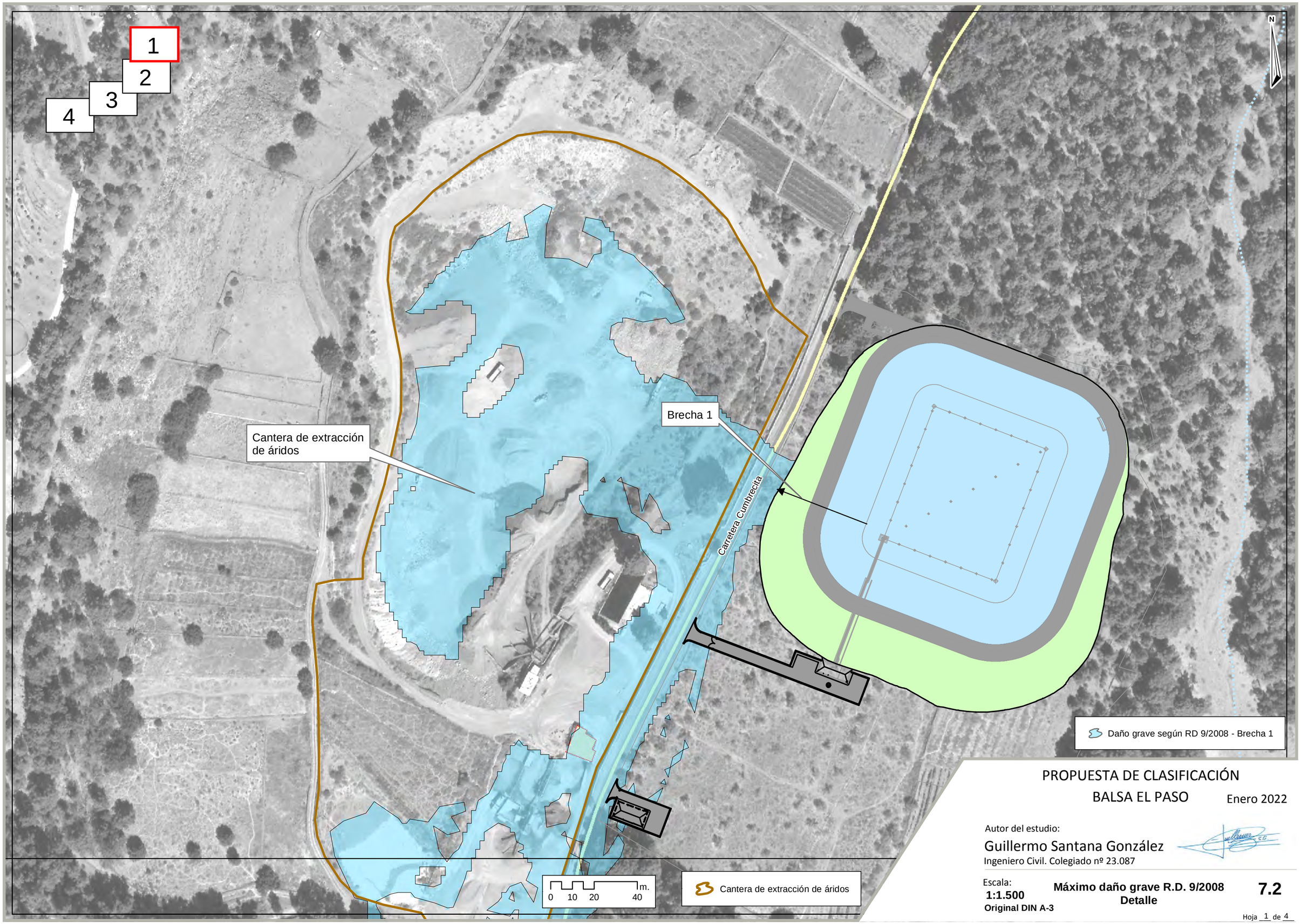
Guillermo Santana González

Ingeniero Civil. Colegiado nº 23.087

Escala:
1:5.000
Original DIN A-3

Máximo daño grave R.D. 9/2008
General

7.1



PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

BALSA EL PASO

Enero 2022

Autor del estudio:

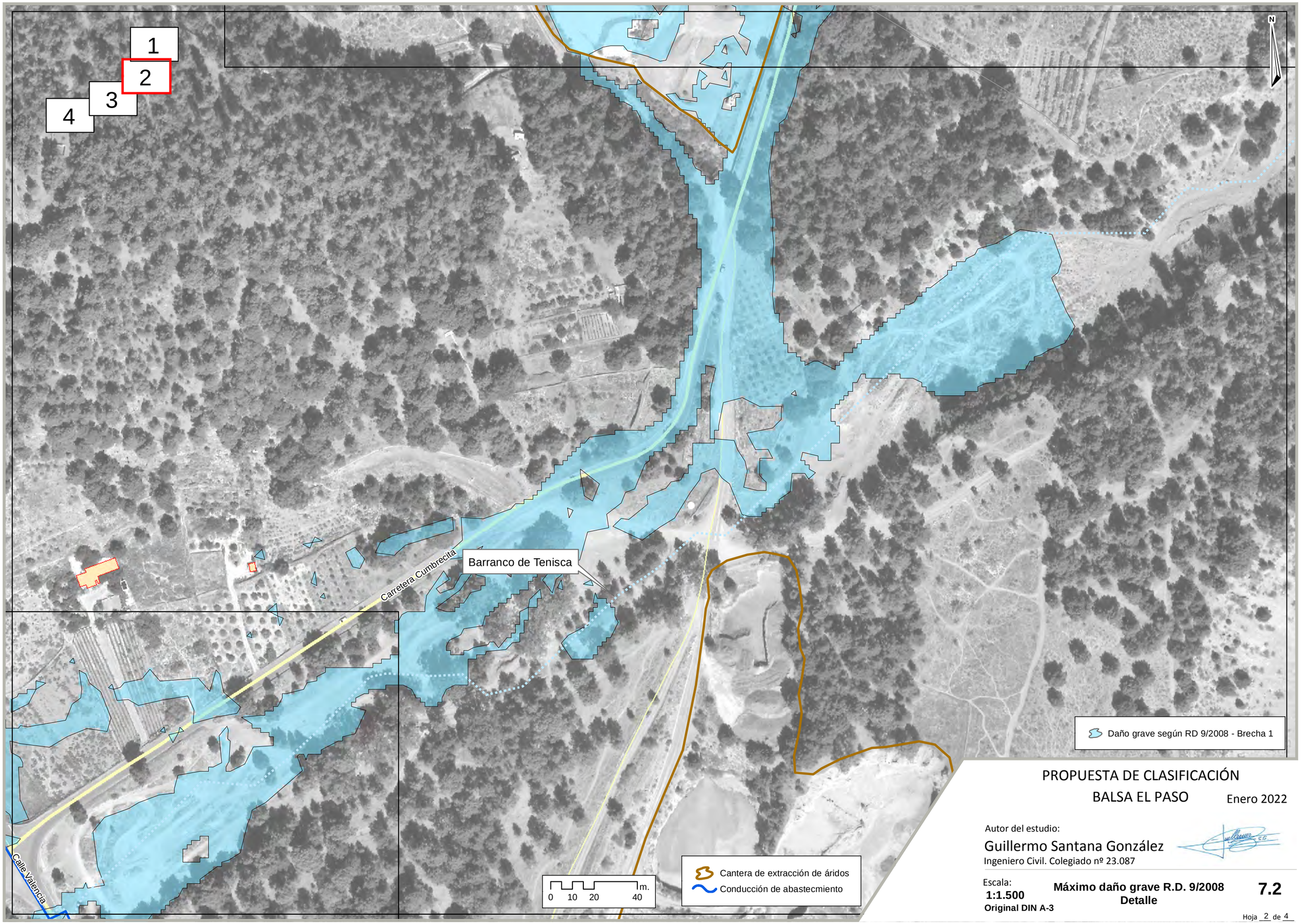
Guillermo Santana González

Ingeniero Civil. Colegiado nº 23.087

Escala:
1:1.500
Original DIN A-3

Máximo daño grave R.D. 9/2008
Detalle

7.2



PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

BALSA EL PASO

Enero 2022

Autor del estudio:

Guillermo Santana González

Ingeniero Civil. Colegiado nº 23.087

Escala:

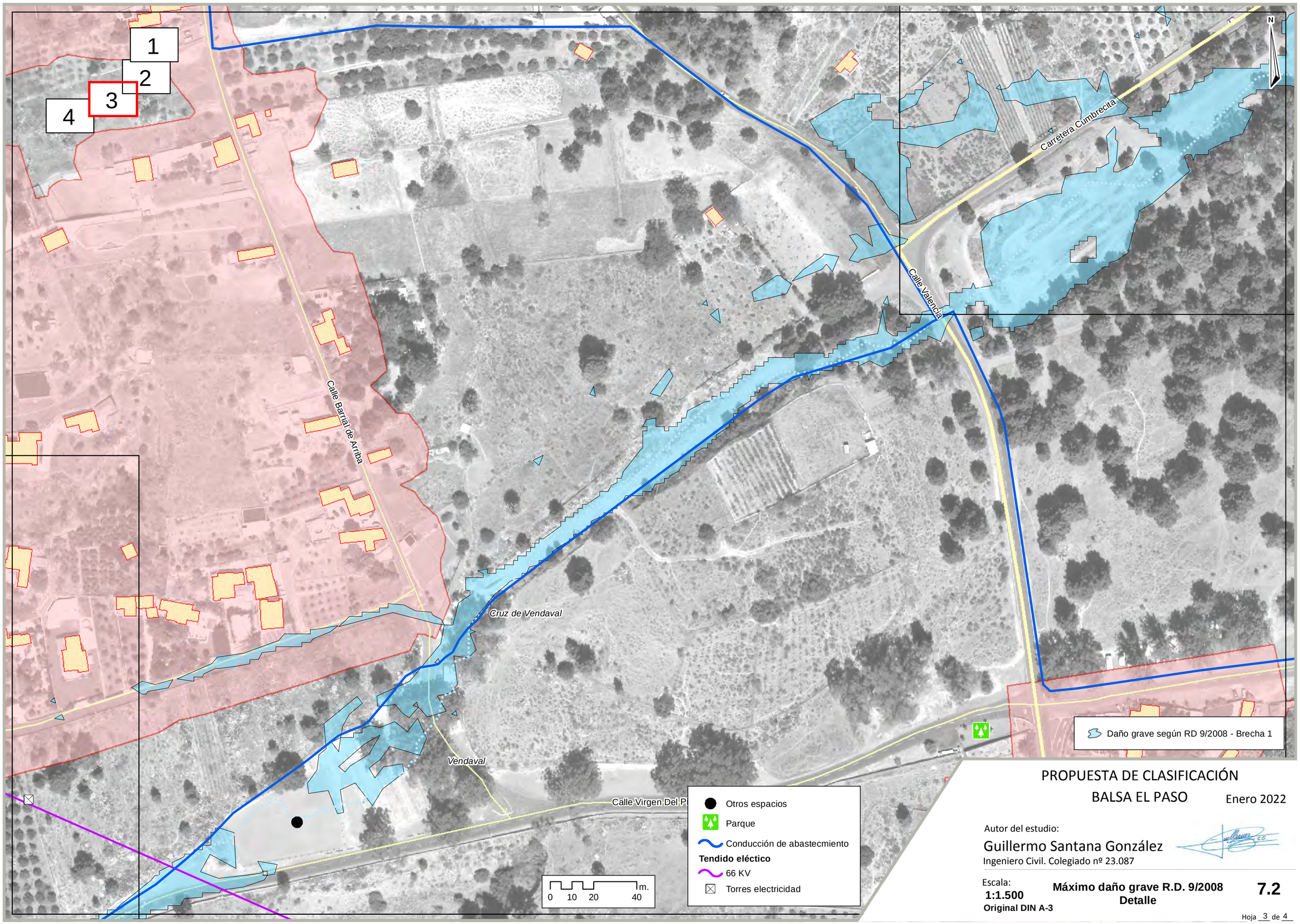
1:1.500

Original DIN A-3

Máximo daño grave R.D. 9/2008

Detalle

7.2



PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

BALSA EL PASO

Enero 2022

Autor del estudio:

Guillermo Santana González

Ingeniero Civil. Colegiado nº 23.087

Escala:

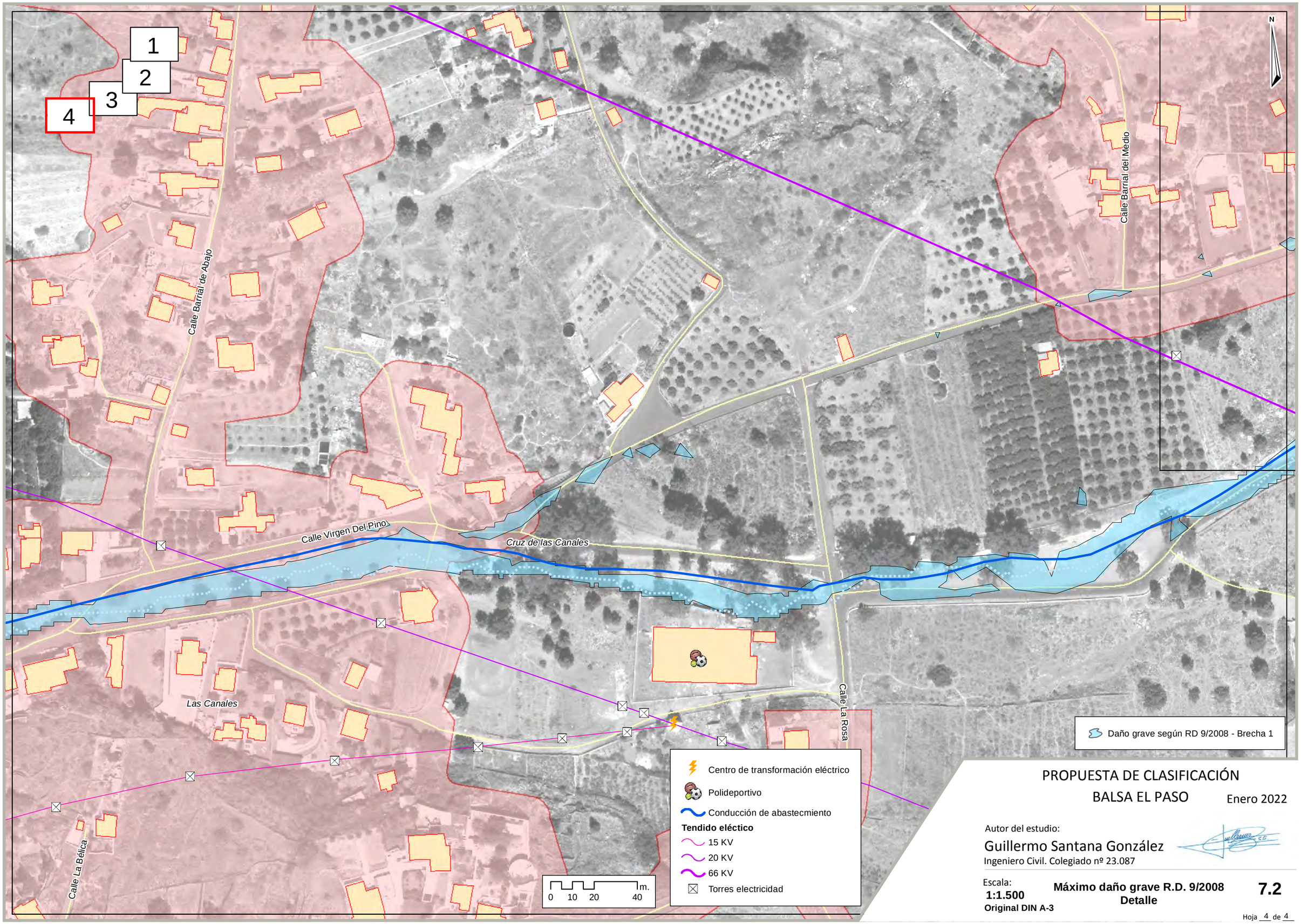
1:1.500

Original DIN A-3

Máximo daño grave R.D. 9/2008

Detalle

7.2



PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

BALSA EL PASO

Enero 2022

Autor del estudio:

Guillermo Santana González

Ingeniero Civil. Colegiado nº 23.087

Escala:
1:1.500
Original DIN A-3

Máximo daño grave R.D. 9/2008
Detalle

7.2

Hoja 4 de 4

ANEXO III
JUSTIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL CAUCE AGUAS ABAJO

PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

BALSA EL PASO

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 2
2 CÁLCULOS HIDROLÓGICOS 2
2.1 DELIMITACIÓN DE LA CUENCA 2
2.2 DETERMINACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA 4
2.3 CÁLCULOS HIDROMETEOROLÓGICOS 7
2.3.1 INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN 7
2.3.2 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA 9
2.3.3 COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD 11
2.3.4 RESULTADOS 11
2.4 ESTIMACIÓN DE LA MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA 12
3 COMPARATIVA HIDROGRAMAS 13
4 CÁLCULOS HIDRÁULICOS 14
5 CONCLUSIÓN 18

1 INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene por objeto evaluar la **capacidad del cauce** aguas abajo del punto de control (x: 220.060 y: 3.173.545) considerado como límite aguas abajo de estudio.

Lo que se pretende es comprobar que el caudal máximo de la onda en el límite aguas debajo de estudio es inferior a la capacidad del cauce, sin producir inundaciones ni en las márgenes ni aguas abajo.

La *Guía Técnica para la Clasificación de presas* dice textualmente "*El caudal que agota la capacidad del cauce aguas abajo puede asimilarse al asociado a la máxima crecida ordinaria (Q_{MCO}) cuyo valor, a falta de estudios específicos, puede obtenerse de la aplicación CAUMAX del Mapa de Caudales Máximos, desarrollada por el CEDEX.*". Dado que las Islas Canarias no están dentro del ámbito de dicha aplicación, se procederá a aplicar directamente el Método Racional siguiendo la metodología expuesta en la norma *5.2 -IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras* y asociar un periodo de retorno representativo para las máximas crecidas ordinarias.

No existe ningún estudio (a fecha de redacción del presente anejo) de la zona que permita establecer la máxima crecida ordinaria del Bco. de Tenisca. Asimismo, la normativa asociada al Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de La Palma (2º Ciclo) no asocia ningún periodo de retorno a la máxima crecida ordinaria.

2 CÁLCULOS HIDROLÓGICOS

2.1 DELIMITACIÓN DE LA CUENCA

Se ha procedido a delimitar la cuenca drenante asociada al punto de control (límite aguas debajo del estudio para la clasificación de la balsa) ubicado en coordenadas UTM X: 220.060 m. Y: 3.173.545 m.

Como información topográfica de base se ha utilizado el Modelo Digital del Terreno (MDT) 2ª Cobertura (2015-Actualidad) con paso de malla de 2 metros del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Con ayuda de un Sistema de Información Geográfica, se ha procedido a la delimitación de la cuenca utilizando las siguientes herramientas de geoproceso:

1. Fill (Relleno). Permite rellenar los sumideros en un ráster de superficie para quitar pequeñas imperfecciones en los datos.

2. Flow Direction (Dirección del flujo). Crea un ráster de dirección de flujo desde cada celda hasta su vecina con la pendiente descendente más empinada.

3. Flow Accumulation (Acumulación de flujo). Permite crear un ráster de flujo acumulado para cada celda, determinado por la acumulación del peso de todas las celdas que fluyen hacia cada celda de pendiente descendente.

4. Watershed (Cuenca hidrográfica). Permite determinar la cuenca de drenaje asociada a un punto de vertido.

A continuación, se presenta la cuenca resultante.

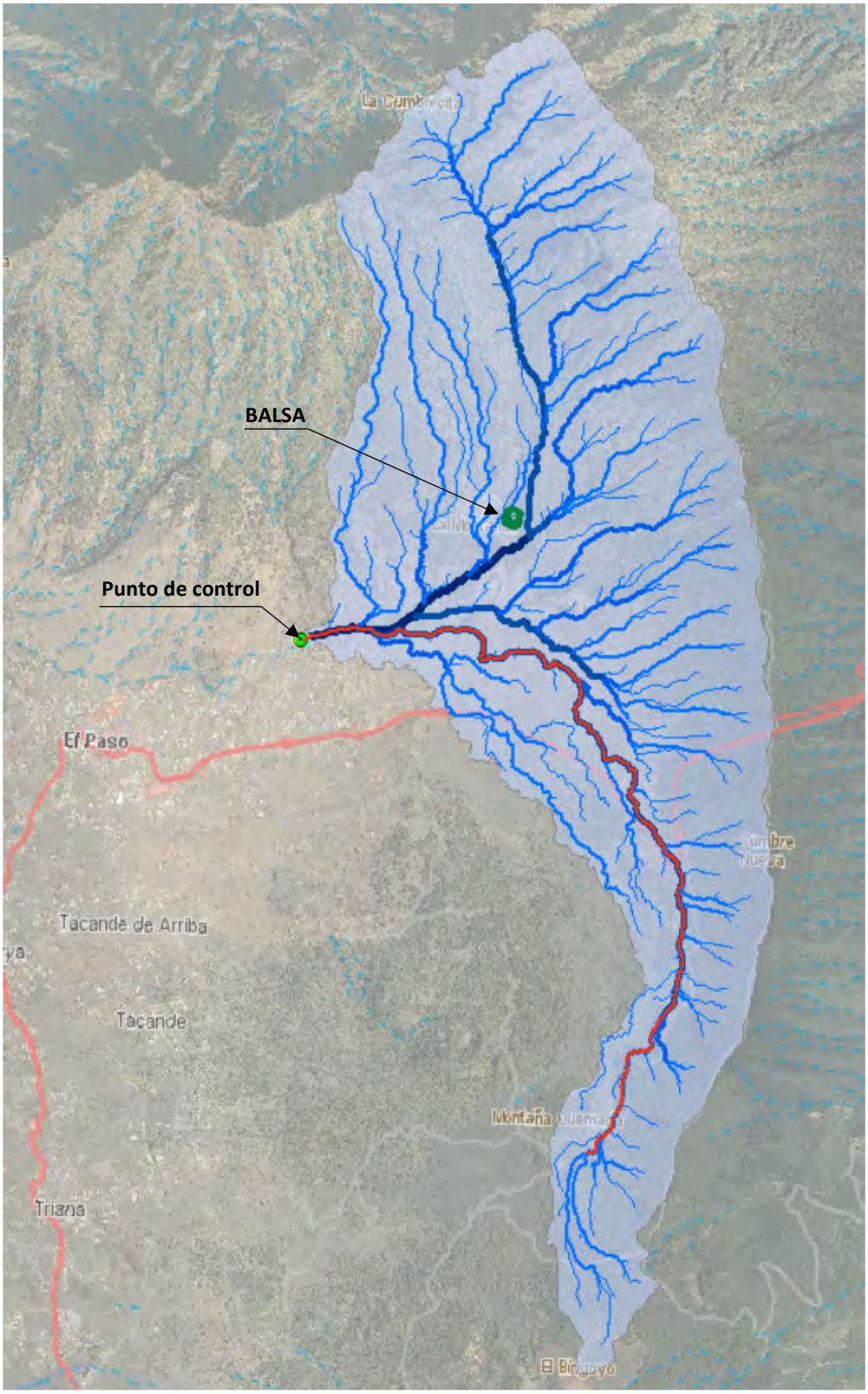


Ilustración 1. Cuenca de cálculo. En rojo cauce principal

Las características morfológicas de la cuenca de cálculo son:

Tabla 1. Resumen características morfológicas de la cuenca

Área cuenca (km²)	Longitud cauce (m)	Cota máxima cauce principal (msnm)	Cota mínima cauce principal (msnm)	Pendiente media (%)
21,35	7890	1255	782	6

2.2 DETERMINACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA

Primeramente, se ha procedido a la recopilación de información pluviométrica. Para ello, se ha solicitado a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) las estaciones pluviométricas disponibles en la isla, así como la longitud de sus series.

Para el proceso de ajuste a distribuciones extremales, se ha seleccionado las estaciones con series temporales completas superiores a 20 años ubicadas en el entorno de la cuenca de la vertiente oeste de la isla de La Palma, las cuales son:

Tabla 2. Estaciones de AEMET con más de 20 años completo en la comarca

COD	Longitud	Latitud	Denominación	Años totales	Años completos
C126A	175112W	283914	El Paso – C.F.	49	37
C127C	175237W	283930	Paso – Fátima A	23	21
C128A	175434W	283925	Llanos Aridane - A	53	45
C128B	175441W	283927	Llanos Aridane - B	61	55
C128D	175358W	283928	Llanos Aridane-Hermosilla	42	35

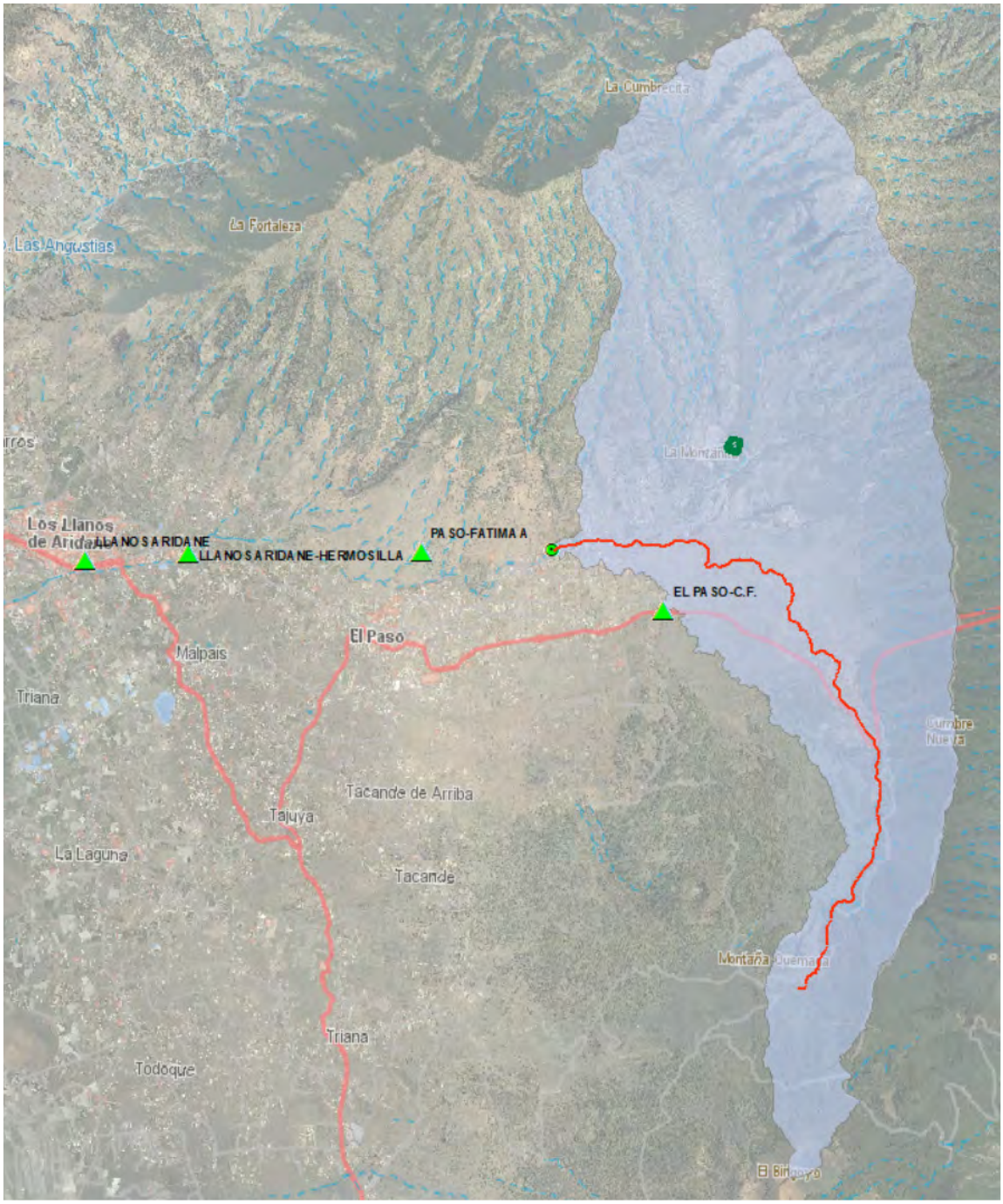


Ilustración 2. Ubicación de las estaciones de la Tabla 2 respecto a la cuenca de cálculo

A continuación, se ajustaron las series anuales de precipitación máxima diaria de las estaciones seleccionadas a las distribuciones extremales de Gumbel y SQRT con ayuda de la aplicación CHAC (Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas) desarrollada por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.

Se comprobó que los mejores ajustes para las cuatro estaciones resultaron al aplicar la función distribución de Gumbel utilizando el método de máxima verosimilitud para el ajuste a los valores de la muestra, tal y como se procedió en el Plan de Gestión de Riesgo de Inundaciones (PGRI) de la Demarcación de La Palma.

Los resultados de dichos ajustes extremales se presentan a continuación para cada estación.

C126A- El Paso C.F.:

- ✓ Ley: Gumbel
- ✓ Método: Máxima verosimilitud (ML)

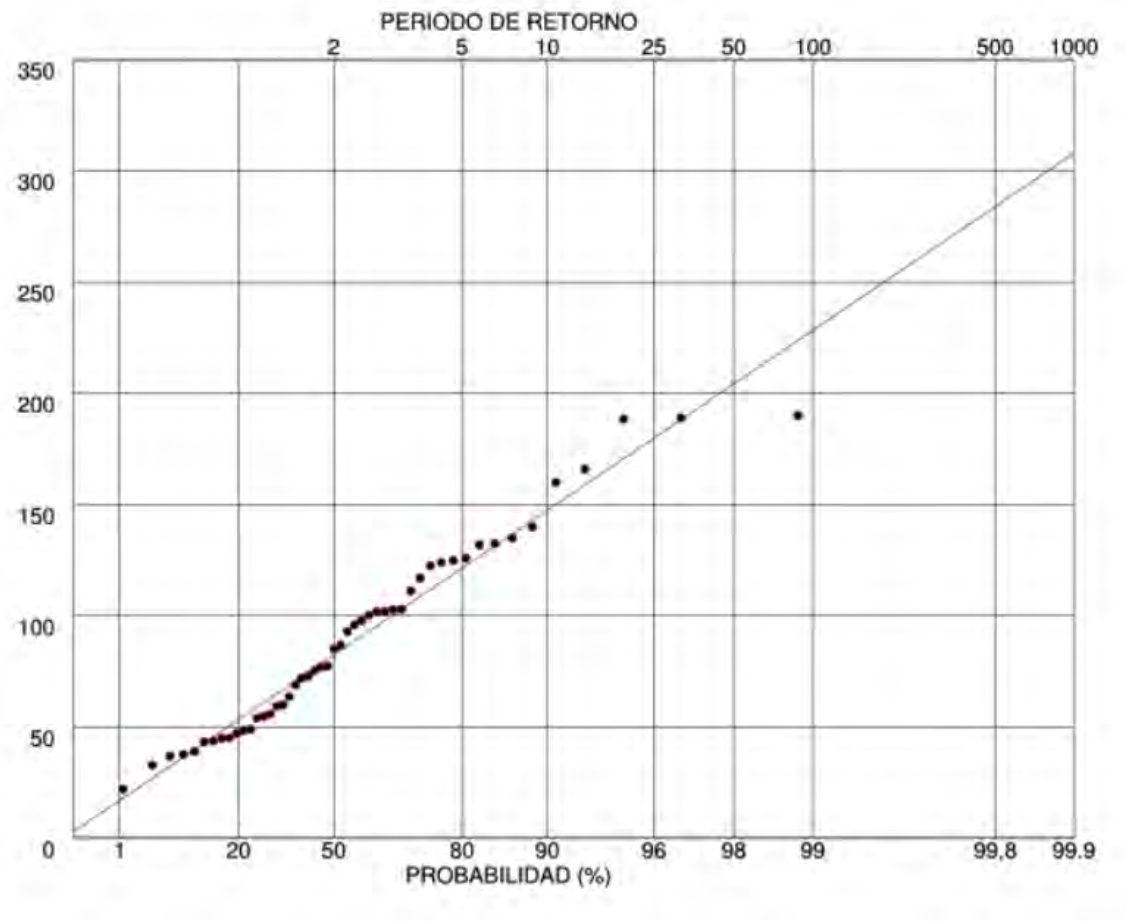


Ilustración 3. Ajuste de Gumbel y los datos considerados para la estación C126A-El Paso C.F.

Periodo de Retorno	Valor (mm)
2	82
5	121
10	147
25	180
50	204
100	228

2.3 CÁLCULOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Para la determinación del caudal de cálculo se ha aplicado el Método Racional siguiendo la metodología expuesta en la norma 5.2 – IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. Este método es adecuado para cuencas de área inferior a 50 km2 como es el caso del presente estudio.

El método racional estima el caudal punta que puede producir una cuenca en función del área de la cuenca, la intensidad de lluvia máxima diaria y un coeficiente de escorrentía función de las características geológicas y de vegetación.

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

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

Donde:

Q_T	(m^3/s)	Caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca.
$I(T, t_c)$	(mm/h)	Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado *T*, para una duración de aguacero igual al tiempo de concentración t_c, de la cuenca.
C	(adimensional)	Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca.
A	(km^2)	Área de la cuenca.
K_t	(adimensional)	Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

2.3.1 INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN

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

$$I(T, t_c) = \frac{P_d \cdot K_A}{24} \cdot \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{3{,}5287 - 2{,}5287 {t_c}^{0{,}1}}$$

Donde:

P_d	mm	Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T.
K_A	(adimensional)	Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca. Dado que nuestra área es mayor a 1 km², $K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$, es decir, $\boldsymbol{K_A}$ **=0,911**
$\frac{I_1}{I_d}$	(adimensional)	Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del mapa Figura 2.4. de la 5.2.-IC. Para nuestra zona de estudio el valor es igual a **8**
t_c	(horas)	Tiempo de concentración. Para cuencas principales es: $t_c = 0{,}3 \cdot L_c^{0{,}76} \cdot J_c^{-0{,}19}$, siendo L_c la longitud del cauce en Km. y J_c la pendiente media del cauce. De la Tabla 1 del presente documento tenemos que $L_c = 7{,}890\ Km$ y y $J_c = 0{,}06$. Por tanto $\boldsymbol{t_c = 2{,}46}$ **h**

Por tanto, la intensidad de precipitación para cada uno de los periodos de retorno es:

Tabla 3. Intensidades de precipitación para diferentes periodos de retorno

Periodo de Retorno	P_d (mm)	I mm/h
2	82	15,17
5	121	22,39
10	147	27,20
25	180	33,31
50	204	37,75
100	228	42,19

2.3.2 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

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

Se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

P_d	mm	Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T.
K_A	(adimensional)	Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca. Dado que nuestra área es mayor a 1 km^2, $K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$, es decir, $\boldsymbol{K_A}$ **=0,911**
P_0	(mm)	Umbral de escorrentía, que representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determina mediante la siguiente fórmula $P_0 = P_0^i \cdot \beta$, siendo P_0^i el valor inicial del umbral de escorrentía y β un coeficiente corrector. A continuación, se procede a determinar dichos valores.

El valor inicial del umbral de escorrentía se ha extraído del Anexo II de la Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables que relaciona los valores de umbral de escorrentía (mm) a partir de la zonificación del Corine Land Cover 2000 (usos del suelo).

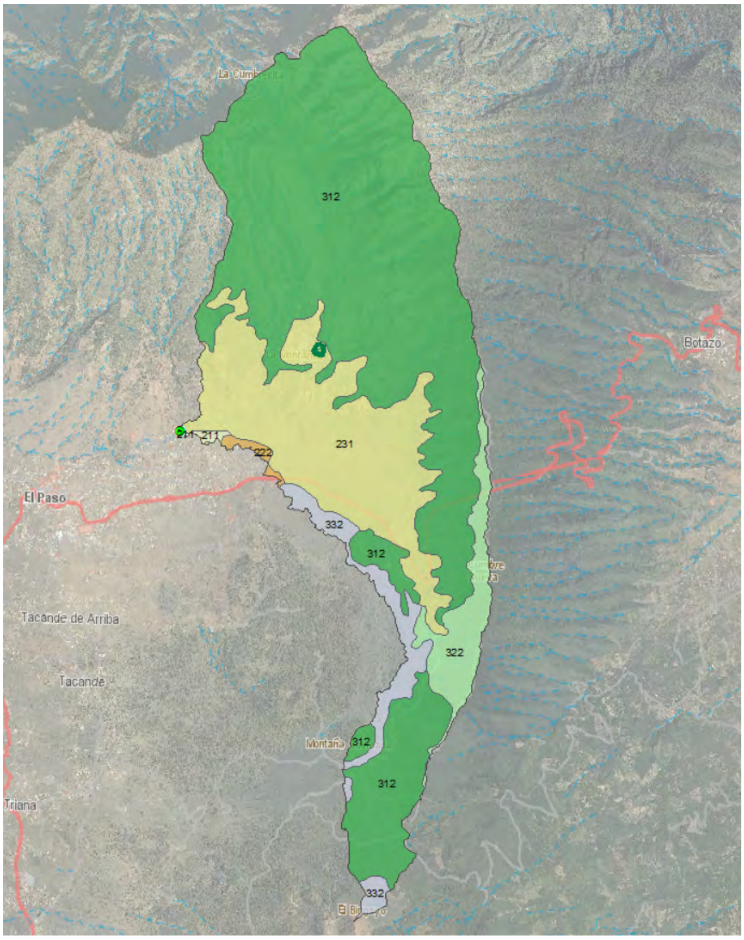


Ilustración 4. Usos del Corine Land Cover 2000 en la cuenca de cálculo

Tabla 4. Tabla resumen de umbrales de escorrentía y usos del suelo en la cuenca

Código CLC2000	Uso del Suelo	Km²	(% en cuenca)	Umbral de escorrentía (mm)			
				A	B	**C**	D
211	Tierra secano o abandonadas	0,05	0,23 %	16	10	**7**	5
222	Frutales	0,11	0,51 %	80	34	**19**	14
231	Prados y praderas	4,99	23,36 %	70	33	**18**	13
312	Bosques de coníferas	14,01	65,59 %	90	47	**31**	23
322	Landas y matorrales mesófilas	1,20	5,61 %	76	34	**22**	16
332	Coladas lávicas	1,00	4,70 %	3	3	**3**	3

Al igual que en el PGRI, se ha considerado el grupo C. Se define dicho grupo como "suelos franco-arcillosos e incluso arcillosos con escasa capacidad de infiltración una vez saturados; también se incluyen aquí suelos

que presentas horizontes someros bastante impermeables. Los suelos de este grupo poseen un bajo contenido en materia orgánica".

Por tanto, el valor inicial de umbral escorrentía medio de la cuenca es 26,03 mm.

El coeficiente corrector del umbral de escorrentía β es un coeficiente que se introduce derivado de calibraciones con datos reales. Para Canarias, la Tabla 2.5. de la 5.2.-IC no muestra datos. En la norma antigua de 1990 si se mostraba un mapa con coeficientes correctores que para el caso de vertientes norte de las islas de acusado relieve era igual a 3,50. Aplicando ese coeficiente el **Umbral de Escorrentía** asciende a **91,1 mm**. Esto implica que el **coeficiente de escorrentía de la cuenca para los diferentes periodos de retorno es:**

Tabla 5. Resultado de los coeficientes de escorrentía para diferentes periodos de retorno

Periodo de Retorno	P_d (mm)	C
2	82	0
5	121	0.04
10	147	0.09
25	180	0.15
50	204	0.19
100	228	0.23

2.3.3 COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

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

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

Siendo t_c el tiempo de concentración en horas, cuyo resultado se obtuvo de 2,46 h. Por tanto, el coeficiente de uniformidad de la cuenca es de $\boldsymbol{K_t = 1,18}$

2.3.4 RESULTADOS

Aplicando la fórmula general del método racional expuesta al inicio del apartado 2.3., se obtiene los siguientes resultados de caudales para diferentes periodos de retornos en la cuenca de estudio:

Tabla 6. Resultados de caudales

Periodo de Retorno	Q (m^3/s)
2	0
5	6,0
10	16,4
25	34,2
50	50,4
100	69,4

2.4 ESTIMACIÓN DE LA MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA

Tal y como se expuso en la introducción, no hay ningún estudio en la zona ni normativa que asocie un periodo de retorno a la máxima crecida ordinaria en la zona.

El punto 7 de la memoria técnica del Mapa de Caudales Máximos elaborado por el CEDEX se presenta una expresión que relaciona el periodo de retorno correspondiente al caudal de la máxima crecida ordinaria (T_{MCO}) con el coeficiente de variación de la serie temporal de caudales máximos anuales:

$$T_{MCO} = 5 \cdot C_v$$

En la siguiente tabla representada en la memoria técnica, se recogen los valores regionales del coeficiente de variación, así como los valores correspondientes para el periodo de retorno aproximado de la máxima crecida ordinaria aplicando la expresión anterior:

Tabla 9. Coeficientes de variación regionales y periodos de retorno para la máxima crecida ordinaria en las regiones estadísticas.

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

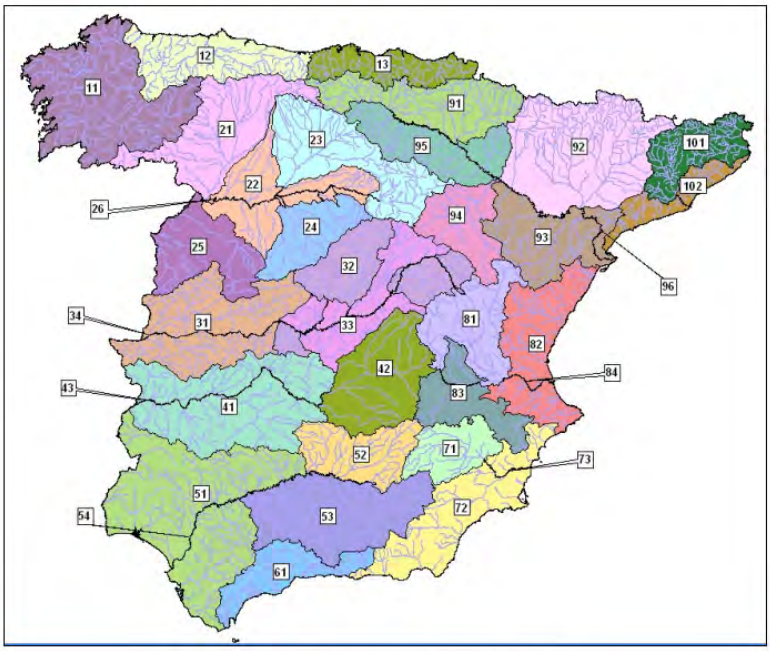


Figura 8. Regiones con homogeneidad estadística identificadas.

Atendiendo a los valores obtenidos en la tabla anterior, se puede observar como en las regiones del norte los periodos de retorno oscilan en torno a 2.5 años, mientras en las regiones mediterráneas los valores se mueven entre 5 y 7,5 años.

A falta de otros estudios, podríamos asimilar la hidrología de la zona de estudio a las cuencas mediterráneas ya que en muchas de estas no hay cursos de agua permanentes al igual que en la zona de estudio. Por tanto, es de esperar, que el **periodo de retorno asociado a la máxima crecida ordinaria en la zona de estudio esté comprendido entre 5 y 7,5 años**.

3 COMPARATIVA HIDROGRAMAS

Comparando el hidrograma en el límite aguas abajo del estudio con los caudales asociados a los diferentes periodos de retorno podemos observar que el caudal máximo de la onda asciende a 6,6 m^3/s y corresponde con el caudal asociado a un periodo de retorno de 5 años, límite inferior del periodo de retorno considerado para la máxima crecida ordinaria en este estudio.

Por tanto, podemos concluir que el límite aguas abajo del estudio considerado es acorde con una de las situaciones expuestas en el punto 3.2. Límite Aguas Abajo del Estudio de la *Guía Técnica para la Clasificación de presas:*

"… alcanzar un caudal máximo inferior a la capacidad del cauce, sin producir inundaciones ni en las márgenes ni aguas abajo."

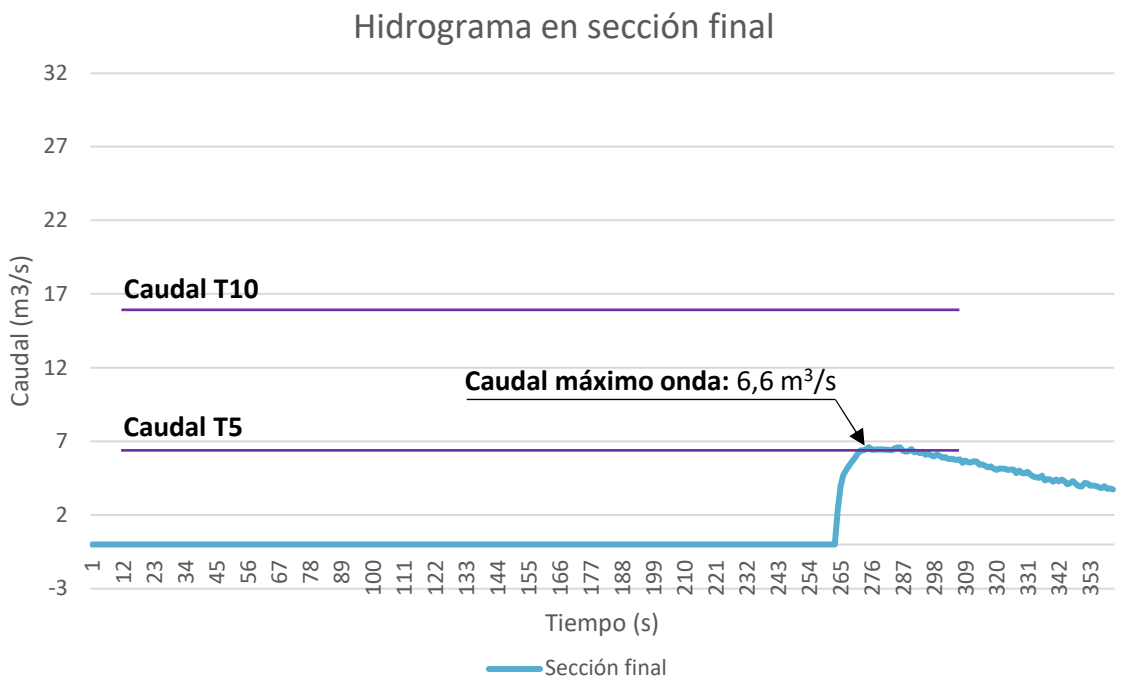


Ilustración 5. Comparativa hidrograma onda vs. avenidas asociadas a T5 y T10

4 CÁLCULOS HIDRÁULICOS

De forma complementaria, se ha procedido a modelizar el hidrograma a lo largo del cauce aguas abajo del punto de control hasta el límite municipal con Los Llanos de Aridane para comprobar que no hay afecciones.

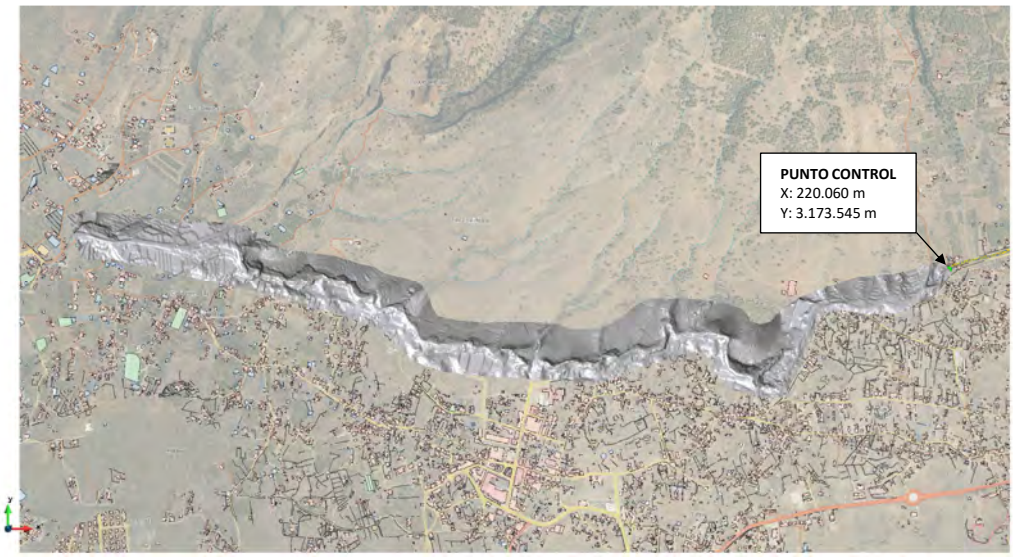


Ilustración 6. Vista del tramo modelizado

Se ha realizado un mallado no estructurado con tamaño arista de 2 metros. El MDT de 2x2 del IGN.

A continuación, se presentan los resultados de calado máximo:

Ilustración 7. Vista general del IBER (Mapa de máximos. Calado (m)).

Ilustración 8. Zoom 1. Mapa de máximos calados

Ilustración 9. Zoom 2. Mapa de máximos calados

En la imagen anterior, se ve que en la derivación del barranco que discurre por la margen izquierda, debido al tamaño de la zona, es posible que el MDT 2x2 no llegue a representar fielmente el terreno e incluso por exceso de vegetación, por lo que se ve esa pequeña sobreelevación de agua. Sin embargo, tanto aguas arriba como aguas abajo se comprueba que el flujo discurre perfectamente a lo largo del cauce.

Ilustración 10. Detalle pequeña sobrelevación de agua

Ilustración 11. Zoom 3. Mapa de máximos calados

Ilustración 12. Zoom 4. Mapa de máximos calados

Ilustración 13. Zoom 5. Mapa de máximos calados

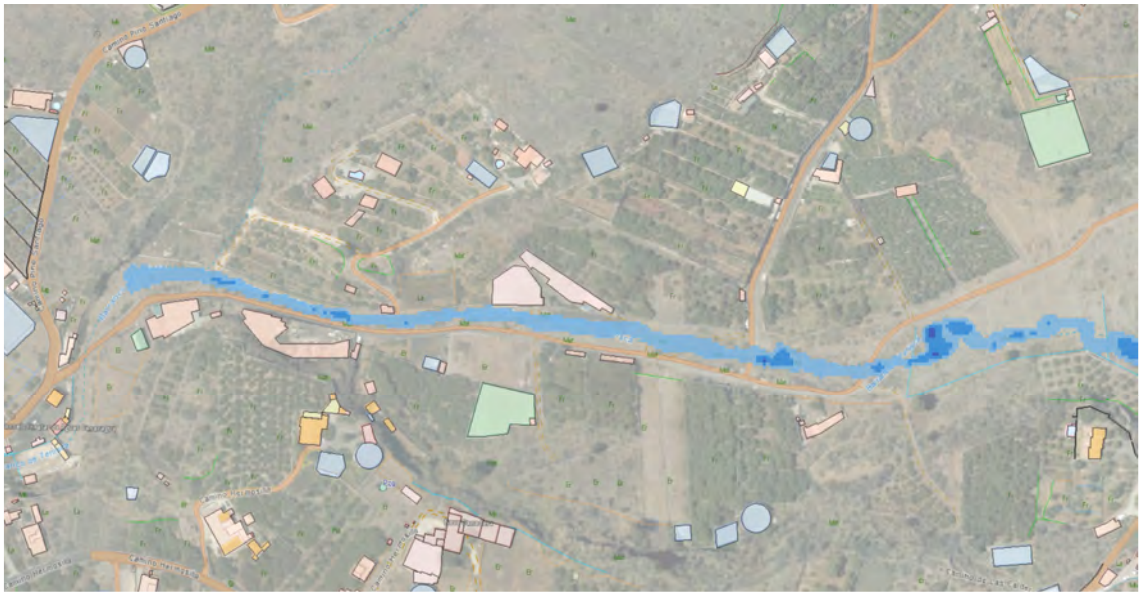


Ilustración 14. Zoom 6. Mapa de máximos calados

5 CONCLUSIÓN

Tras la comparativa de hidrogramas y la modelización hidráulica aguas abajo del límite de estudio, se comprueba que el punto de control (x: 220.060 y: 3.173.545) considerado como límite aguas abajo de estudio **cumple con el punto 3.2. Límite Aguas Abajo del Estudio de la *Guía Técnica para la Clasificación de presas*.**