



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Clasificación en función de del riesgo potencial de la presa
de Chira (Gran Canaria)

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

AUTOR/A: Pérez Poveda, Aitor

Tutor/a: Escuder Bueno, Ignacio

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

ÍNDICE DEL DOCUMENTO

Resumen.....	9
1. Antecedentes y alcance de los trabajos	13
1.1. Antecedentes.....	13
1.2. Alcance de los trabajos.....	14
2. Propuesta de clasificación.....	15
3. Justificación de la propuesta.....	16
4. Características de la presa y del embalse	17
4.1. Identificación de la presa y situación	17
4.2. Características de la presa.....	19
4.2.1. Cuerpo de la presa	19
4.2.2. Aliviadero.....	20
4.2.3. Desagüe de fondo y tomas de agua	22
4.3. Características del embalse	23
4.4. Características hidrológicas	24
5. Características del cauce aguas abajo.....	26
5.1. Situación.....	26
5.2. Cartografía utilizada para la clasificación.....	26
5.3. Tipología de la zona	28
5.4. Descripción cualitativa de la zona	29
5.4.1. SIOSE: Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España.....	29
5.4.2. Núcleos de población o viviendas aisladas.....	29
5.4.3. Servicios esenciales	30
5.4.4. Daños materiales.....	32
5.4.5. Aspectos medioambientales, histórico-artísticos o culturales	33
5.4.6. Otras afecciones.....	33
6. Metodología y datos básicos del análisis	34
6.1. Modelo hidráulico de propagación de la onda de rotura empleado	34
6.2. Características básicas del análisis.	36
6.2.1. Empleo del software GIS	36
6.2.2. Dimensiones de la brecha y justificación.....	36
6.2.3. Tiempo de desarrollo de la brecha y justificación.....	37

6.2.4.	Hidrogramas de entrada al embalse y laminado, correspondientes a la avenida que genera el estado límite.	38
6.2.5.	Rugosidad utilizada y justificación.	40
6.2.6.	Modelización de las obstrucciones en el cauce y justificación.	42
6.2.7.	Hipótesis analizadas y justificación.	42
6.2.8.	Longitud de cauce analizada y justificación.	43
6.3.	Criterios de evaluación de los daños.	45
6.3.1.	Núcleos de población o viviendas aisladas	45
6.3.2.	Servicios esenciales.	46
6.3.3.	Daños materiales	46
6.3.4.	Aspectos medioambientales, histórico-artísticos o culturales.	47
6.3.5.	Otras afecciones	47
7.	Resultados del análisis.	48
7.1.	Clasificación en función de las dimensiones.	48
7.2.	Clasificación en función del riesgo potencial	49
7.2.1.	Escenario sin avenida, rotura 15 minutos	50
7.2.2.	Escenario sin avenida, rotura 10 minutos	56
7.2.3.	Escenario con avenida, rotura 15 minutos	62
7.2.4.	Escenario con avenida, rotura 10 minutos	68
8.	Conclusiones	74
	Anejo 1. Tabla de afecciones.	77
	Anejo 2. Mapas de elementos expuestos e inundación.	95
	Anejo 3. Ecuaciones que rigen el análisis.	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Identificación presa de Chira.	17
Tabla 2. Características de la presa de Chira.....	19
Tabla 3. Tomas de agua.	22
Tabla 4. Poblaciones en el cauce.	29
Tabla 5. Coeficiente Manning y coberturas de terreno.....	40
Tabla 6. Viviendas afectadas, rotura 15 minutos sin avenida.....	55
Tabla 7. Viviendas afectadas, rotura 10 minutos sin avenida.....	61
Tabla 8. Viviendas afectadas, rotura 15 minutos con avenida.....	67
Tabla 9. Viviendas afectadas, rotura 10 minutos con avenida.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista en planta de la presa de Chira.	17
Figura 2. Ubicación de la presa de Chira.	18
Figura 3. Vista desde aguas abajo de la presa de Chira.	20
Figura 4. Vista desde aguas arriba de la presa de Chira.....	20
Figura 5. Aliviadero.....	21
Figura 6. Vista desde aguas abajo de las tomas de la presa de Chira.	22
Figura 7. Curva característica del embalse de Chira.....	23
Figura 8. Hidrogramas para una tormenta de 6 horas.	24
Figura 9. Valores de caudal y volumen para una tormenta de 6 horas.	25
Figura 10. Nivel del embalse en la presa de Chira bajo tormenta considerada.	25
Figura 11. Vista en planta de la cartografía considerada.	27
Figura 12. Perfil longitudinal cauce aguas abajo presa de Chira.	28
Figura 13. Ubicación de núcleos de población mayores en el cauce.	30
Figura 14. Detalle de la malla de cálculo del modelo.....	35
Figura 15. Malla de cálculo de HEC-RAS.....	35
Figura 16. Parámetros de la brecha y forma.	37
Figura 17. Nivel del embalse en la presa de Chira bajo tormenta considerada.	38
Figura 18. Tormenta de 6 horas para periodo de retorno de 10000 años.....	38
Figura 19. Desglose de la tormenta considerada en el escenario límite.....	39
Figura 20. Capa de coberturas de la zona estudiada.....	41
Figura 21. Longitud de cauce y ubicación de PKs.....	44
Figura 22. Evaluación de la gravedad de las afecciones en núcleos de población y en viviendas aisladas.	45
Figura 23. Evaluación de la gravedad de las afecciones del tipo servicios esenciales, daños materiales, aspectos medioambientales, histórico-artísticos o culturales u otros.....	46
Figura 24. Referencia imágenes google earth, formación de brecha en 15 minutos y sin avenida.....	50
Figura 25. Inundación en El Horno, brecha en 15 minutos y sin avenida.....	51
Figura 26. Inundación en Arguineguín, brecha en 15 minutos y sin avenida.	51
Figura 27. Evolución de hidrogramas a lo largo del cauce, rotura de 15 minutos.....	53
Figura 28. Referencia imágenes google earth, formación de brecha en 10 minutos y sin avenida.....	56
Figura 29. Inundación en El Horno, brecha en 10 minutos y sin avenida.....	57
Figura 30. Inundación en Arguineguín, brecha en 10 minutos y sin avenida.	57
Figura 31. Evolución de hidrogramas a lo largo del cauce, rotura de 10 minutos.....	59

Figura 32. Referencia imágenes google earth, formación de brecha en 15 minutos y con avenida.	62
Figura 33. Inundación en El Horno, brecha en 15 minutos y con avenida.	63
Figura 34. Inundación en Arguineguín, brecha en 15 minutos y con avenida.	63
Figura 35. Evolución de hidrogramas a lo largo del cauce, rotura de 15 minutos y avenida.	65
Figura 36. Referencia imágenes google earth, formación de brecha en 10 minutos y con avenida.	68
Figura 37. Inundación en El Horno, brecha en 10 minutos y con avenida.	69
Figura 38. Inundación en Arguineguín, brecha en 10 minutos y con avenida.	69
Figura 39. Evolución de hidrogramas a lo largo del cauce, rotura de 10 minutos y avenida.	71

RESUMEN

Este trabajo se centra en la clasificación en función del riesgo potencial de la presa de Chira, ubicada en Gran Canaria, conforme a los pasos marcados por la Guía Técnica para la clasificación de presas de 2021 (MITERD, España) y la normativa vigente (NTS1, BOE de 14 de abril de 2021) . Esta presa es de hormigón con planta curva. Se realizarán modelos hidráulicos de rotura de la presa a partir de dos escenarios de rotura, un primer escenario sin avenida y un segundo escenario con avenida. Los modelos hidráulicos serán bidimensionales y se llevará a cabo un análisis exhaustivo de las consecuencias que permita justificar apropiadamente la clasificación.

PARTE I.MEMORIA

1. ANTECEDENTES Y ALCANCE DE LOS TRABAJOS

La memoria con los resultados y propuesta de clasificación de la presa de Chira comienza con este apartado, en el que se desarrollan los antecedentes y alcance del presente proyecto.

1.1. Antecedentes

Mediante Real Decreto 264/2021, de 13 de abril, por el que se aprueban las normas técnicas de seguridad para las presas y sus embalses, se establecen las exigencias mínimas de seguridad de las presas y sus embalses, cuya finalidad es la de proteger a las personas, al medio ambiente y a las propiedades. Serán de obligado cumplimiento en las distintas fases de la vida de las presas situadas en territorio español. Conforme a lo establecido en dicha legislación, los titulares de las presas y embalses están obligados a clasificar dichas infraestructuras atendiendo al doble criterio de su dimensión y en función del riesgo potencial derivado de su rotura o funcionamiento incorrecto.

La Norma Técnica de Seguridad 1 (NTS1), para la clasificación de las presas y para la elaboración e implantación de los planes de emergencia de presas y embalses, en el referente a la clasificación, establece que, tanto en función de sus dimensiones como en función del riesgo potencial derivado de su rotura o funcionamiento incorrecto, están obligados a solicitar a la Administración competente en materia de seguridad de presas y embalses los titulares de las de altura superior a cinco metros o capacidad de embalse mayor de 100.000 m³, sean públicas o privadas, existentes, en construcción o que se vayan a construir.

La clasificación de presas según el riesgo potencial que pueda derivarse de su rotura o funcionamiento incorrecto es en una de las siguientes categorías:

- Categoría A: Corresponde a las presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede afectar gravemente a núcleos urbanos o servicios esenciales, o producir daños materiales o medioambientales muy importantes.
- Categoría B: Corresponde a las presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales o medioambientales importantes o afectar a un número reducido de viviendas.
- Categoría C: Corresponde a las presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales o medioambientales de moderada importancia y solo incidentalmente pérdida de vidas humanas. En todo caso, a esta categoría pertenecerán todas las presas no incluidas en las Categorías A y B.

A la vista de lo expuesto, la presa de Chira, necesita de la correspondiente clasificación en función del riesgo potencial derivado de su rotura o funcionamiento incorrecto.

1.2. Alcance de los trabajos

El alcance de los trabajos consiste en la redacción de la “Clasificación en función de del riesgo potencial de la presa de Chira (Gran Canaria)” conforme a lo establecido en el Real Decreto 264/2021, de 13 de abril, por el que se aprueban las normas técnicas de seguridad para las presas y sus embalses.

Siguiendo como referencia, lo establecido en la “Guía Técnica para la Clasificación de Presas” de la Dirección General del Agua del Ministerio para la Transición Ecológico y el Reto Demográfico.

2. PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

Se propone clasificar la presa de Chira como **categoría "A"**.

3. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

La justificación de la propuesta se realizará en base a lo establecido en el Real Decreto 264/2021, de 13 de abril, por el que se aprueban las normas técnicas de seguridad para las presas y sus embalses, empleando como referencia la Guía Técnica para la Clasificación de presas de la Dirección General del Agua del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Dicha justificación se desarrollará a lo largo de los siguientes puntos de la presente memoria profundizando en los siguientes aspectos:

- Características de la presa y del embalse
- Características del cauce aguas abajo afectado por la onda de rotura
- Metodología y datos básicos de análisis
- Resultados del análisis.

4. CARACTERÍSTICAS DE LA PRESA Y DEL EMBALSE

4.1. Identificación de la presa y situación

La presa que se estudia es la presa de Chira, ubicada en Gran Canaria. En la Tabla 1 se muestra una relación de algunos de los datos generales:

Identificación presa de Chira			
Identificación	Chira	Cuenca	Barranco Arguineguín
Propietario	Cabildo Insular de Gran Canaria	Barranco	Chira
Comunidad autónoma	Canarias	Estado	Explotación
Provincia	Las Palmas	Demarcación hidrográfica	Gran Canaria
Término Municipal	San Bartolomé de Tirajana		
Coordenadas (UTM ETRS89 28N)		X	436874
		Y	3086925
		Z	901

Tabla 1. Identificación presa de Chira.

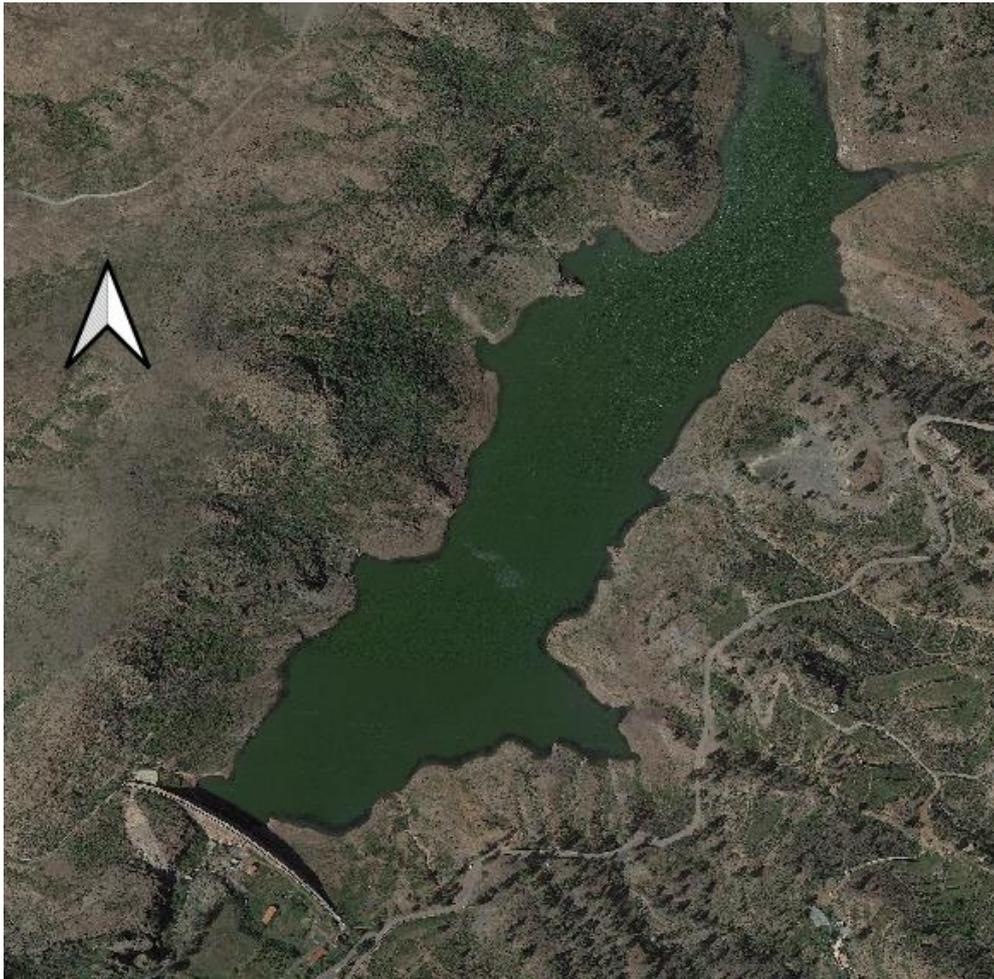


Figura 1. Vista en planta de la presa de Chira.



Figura 2. Ubicación de la presa de Chira.

4.2. Características de la presa

Se muestra en Tabla 2 un resumen de las características que serán desarrolladas en los siguientes apartados:

PRESA DE CHIRA		
PRESA		
Tipo	Gravedad	
Planta	Curva	
Material	Hormigón en masa	
Coronación:		
Cota		901 m s.n.m
Longitud de coronación		260 m
Altura máxima s/cauce		32 m
Anchura de coronación		3.2 m
Cotas:		
Cauce		869 m s.n.m
Nivel máximo normal (N.M.N)		900.58 m s.n.m
Tomas:		
Número	6	
Cotas	870, 875, 880, 885, 890, 895 m s.n.m	
ALIVIADERO		
Tipo	Lámina libre exento	
Situación	Margen derecha	
Número de vanos	2	
Longitud de vanos	3 m	

Tabla 2. Características de la presa de Chira.

4.2.1. Cuerpo de la presa

La presa de Chira es una presa de gravedad, con planta curva, de fábrica de mampostería con acabados de paramentos mediante sillares.

Su altura sobre cauce se estima en 32 m y la longitud de coronación de unos 260 m en desarrollo curvo con un radio de 400 m. La coronación está a una cota sobre nivel de mar (m s.n.m) de 901 m, con sendos taludes de 0.05 aguas arriba y 0.75 aguas abajo.

Geológicamente la cerrada de la presa está ubicada sobre Ignimbritas traquítico-riolíticas, con una morfología en "V" hasta la cota 885, abriéndose progresivamente a partir de esa cota.

El interior de la presa no está atravesado por ninguna galería, pero si por conductos de las tomas a distintas cotas. No existe desagüe de fondo.



Figura 3. Vista desde aguas abajo de la presa de Chira.



Figura 4. Vista desde aguas arriba de la presa de Chira.

4.2.2. Aliviadero

El aliviadero existente es uno de vertido libre en la margen derecha, exento del cuerpo de presa, cuyo labio de vertido está a una cota de 900.58 m.

El caudal vertiente llega a una zona casi plana a 899 m en régimen lento, embocando en un paso bajo coronación formado por dos vanos de 3 m separados por un muro intermedio. Tras el paso bajo coronación existe un pequeño tramo de canal de descarga.

A partir de este punto el caudal transcurre hasta el cauce por la ladera, que es una roca perfectamente estable. La unión de cauce y la bajante del aliviadero se da a 50 m aguas abajo de la presa aproximadamente.



Figura 5. Aliviadero.

4.2.3. Desagüe de fondo y tomas de agua

Se muestra una tabla resumen de las 6 tomas.

Nivel	Cota	Nº Conductos	Diámetro
1	870	Único	DN 300
2	875	Único	DN 250
3	880	Único	DN 300
4	885	Único	DN 250
5	890	Único	DN 300
6	895	Único	DN 300

Tabla 3. Tomas de agua.

Todas las tomas atraviesan la presa por la margen izquierda, carecen de reja y embocadura en el paramento de aguas arriba, y todas conectan a un colector de 300 mm de diámetro que discurre por el pie de aguas abajo semi-paralelo al eje de referencia de la presa.

En la siguiente imagen se pueden observar las distintas tomas comentadas (casetas).



Figura 6. Vista desde aguas abajo de las tomas de la presa de Chira.

4.3. Características del embalse

El embalse de la presa tiene una capacidad de 5.68 Hm³ a cota de N.M.N (Nivel Máximo Normal). Adjuntamos pues la curva característica del embalse.

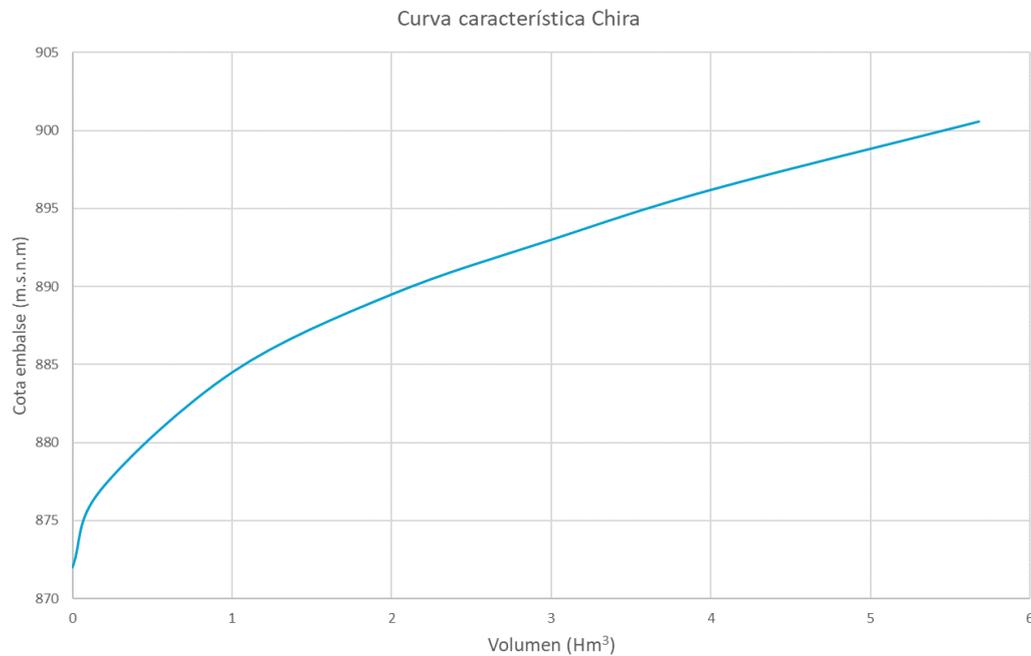


Figura 7. Curva característica del embalse de Chira.

El embalse tiene una superficie de 45 hectáreas y una longitud de costa de 5593 metros.

4.4. Características hidrológicas

El presente apartado ha sido realizado con el apoyo del “Proyecto de adecuación de la presa de Chira. Consejo Insular de Gran Canaria, Granell Ingenieros Consultores, Sistema Ingeniería”. En el cual se desarrolla un estudio hidrológico en profundidad, del cual se ha extraído lo siguiente de aplicación al presente caso:

La cuenca hidrográfica vertiente, hasta la ubicación de la presa de está situada en los términos municipales de Mogán, Tejeda y San Bartolomé de Tirajana. Se encuentra, desde el punto de vista administrativo, en la Demarcación Hidrográfica de Gran Canaria, y su territorio está formado por varios cauces de corto recorrido.

Tiene una superficie aproximada de 11 km² aproximadamente. El punto más elevado de la cuenca es “Morro de la Conejera” con una altitud de 1616 m s.n.m., descendiendo hasta la cota 895 m s.n.m. en el punto fin del estudio.

La aportación media anual es de 2 hm³ mientras que la precipitación media anual es de 450 mm.

En el proyecto comentado se muestran y obtienen una serie de hidrogramas para distintos periodos de retorno para una tormenta de duración de 6 horas, mostrados en la siguiente imagen:

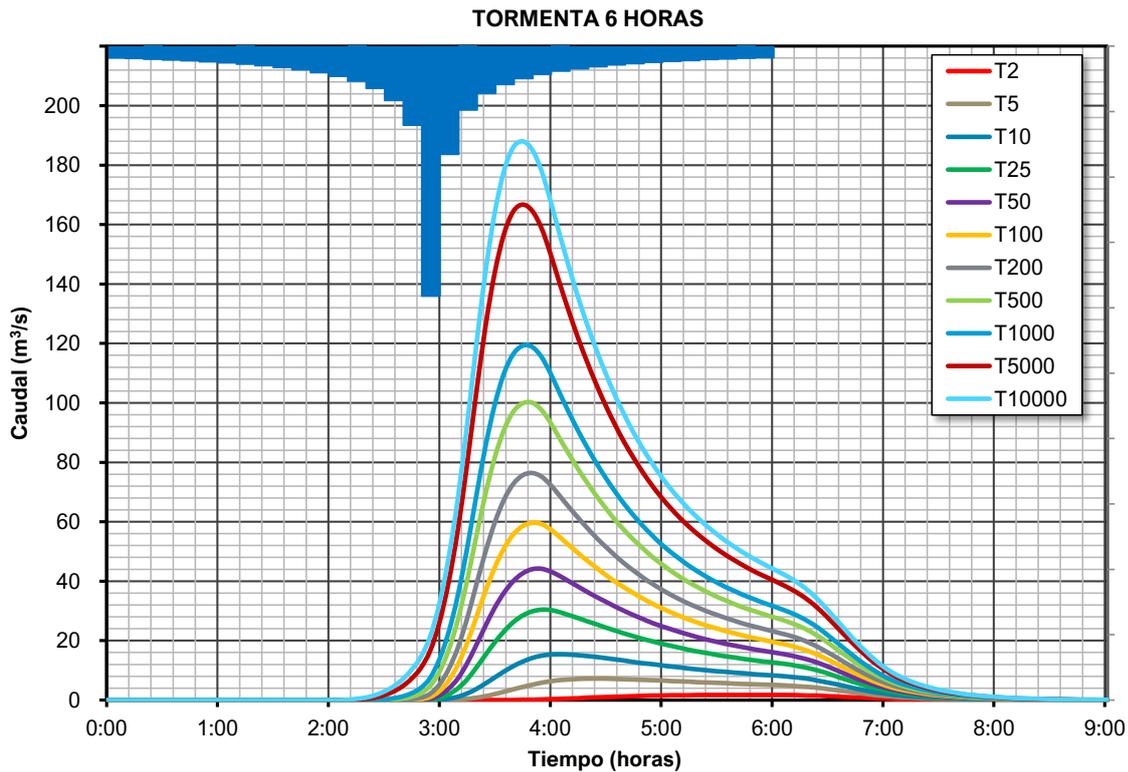


Figura 8. Hidrogramas para una tormenta de 6 horas.

Clasificación en función de del riesgo potencial de la presa de Chira (Gran Canaria)

Como tabla resumen es la siguiente ilustración:

	Periodo de Retorno (años)										
	2	5	10	25	50	100	200	500	1 000	5 000	10 000
Q _{pico} (m ³ /s)	1.7	7.2	15.4	30.4	44.2	59.6	76.4	100.1	119.2	166.7	188.0
Vol. (Hm ³)	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	1.1	1.3

Figura 9. Valores de caudal y volumen para una tormenta de 6 horas.

En el presente proyecto de cara a los escenarios realizados, dos de ellos tienen en consideración una tormenta que ocasione sobrevvertido en la presa. Dicha tormenta es la anterior para el periodo de retorno de 10 000 años.

En la siguiente imagen podemos comprobar como dicha tormenta genera un sobrevvertido en la presa.

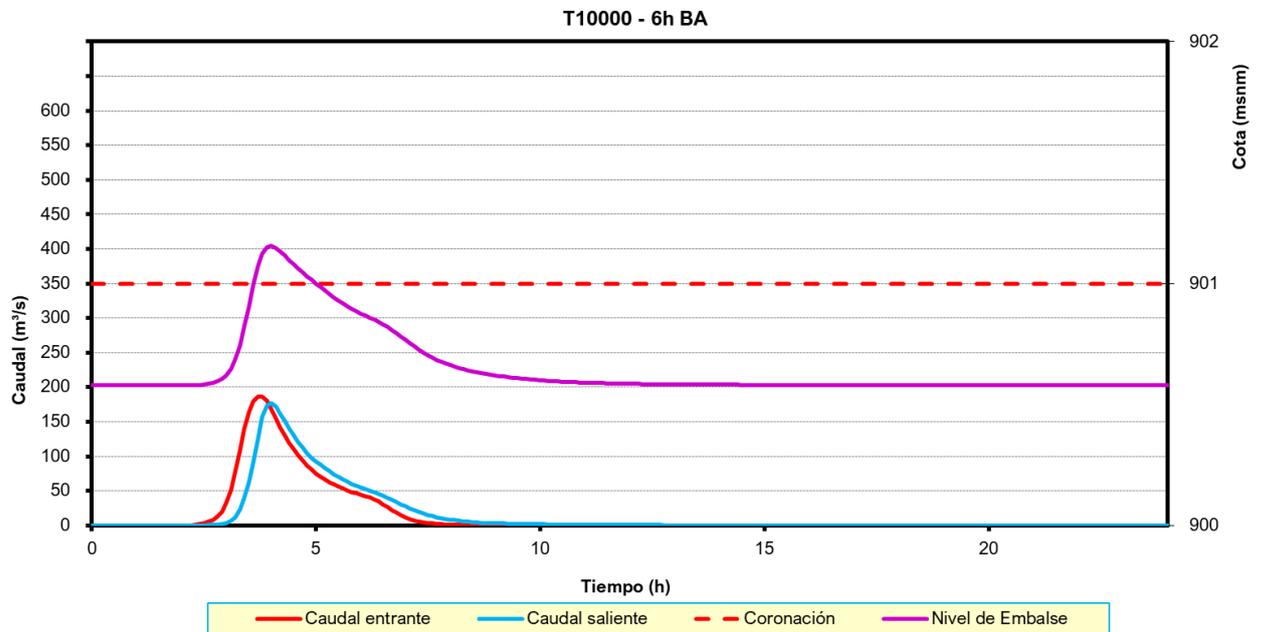


Figura 10. Nivel del embalse en la presa de Chira bajo tormenta considerada.

Por lo tanto, cumple con lo deseado de cara al análisis del proyecto.

Dichos escenarios serán desarrollados más adelante en los siguientes apartados.

5. CARACTERÍSTICAS DEL CAUCE AGUAS ABAJO

5.1. Situación

Se adjunta en el Anejo 2, una serie de mapas definitorios del cauce aguas abajo de la presa.

Los mapas que se adjuntan con su numeración son los siguientes:

1. Situación
2. Población
3. SIOSE
4. Red Natura 2000

5.2. Cartografía utilizada para la clasificación

Según lo establecido en el apartado 2.4.3.1. de la Guía técnica para la clasificación de presas.

La cartografía que se toma emplea como base de partida con los modelos digitales de elevaciones (MDE) elaborados por el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) del Instituto Geográfico Nacional, en el marco del Plan Nacional de Ortografía Aérea (PNOA).

- Modelo Digital del Terreno – MDT02¹: con un paso de malla de 2 m. Elaborado a partir de la 2ª Cobertura de datos LiDAR (2015-Actualidad)

La selección de este MDT se fundamenta bajo lo estipulado en la Guía, que dice:

“Para la elaboración del MDT de la zona potencialmente inundable aguas debajo de la presa objeto de clasificación, por lo general, se empleará el modelo más actual y que ofrezca una mejor definición del relieve. A fecha de publicación de esta Guía Técnica es preferible el uso del MDT02 y, si éste no estuviera disponible, los datos LiDAR 1ª Cobertura (2008-2015)”

¹ <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

En la Figura 11 vemos el terreno considerado:

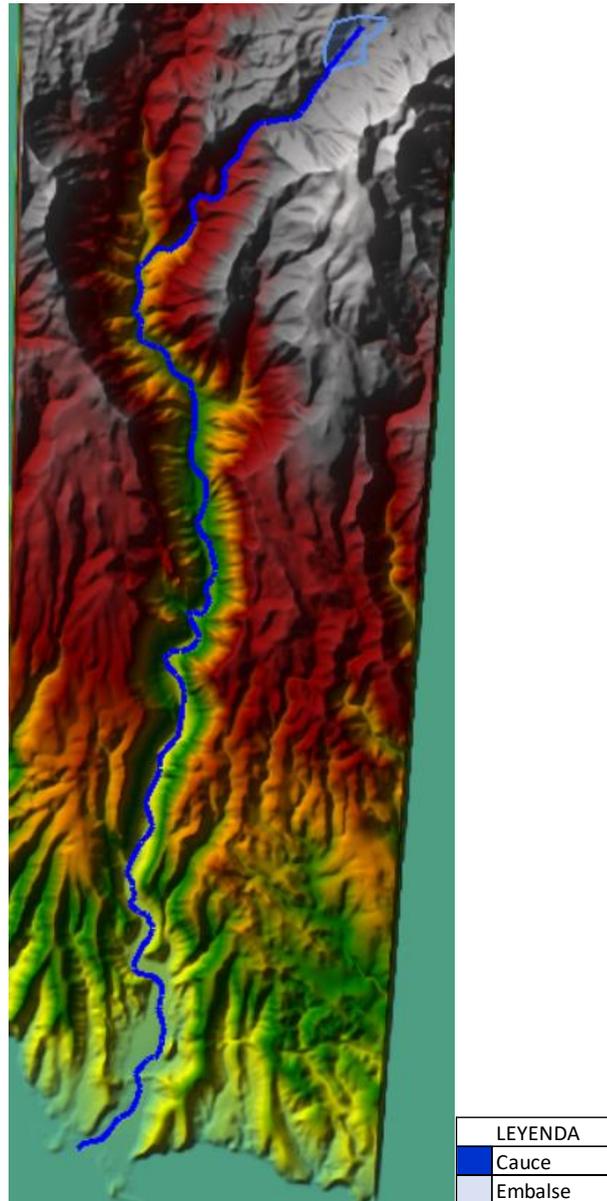


Figura 11. Vista en planta de la cartografía considerada.

Se ha depurado el MDT para corregir obstrucciones en el cauce, como es el caso de estructuras sobreelevadas (puentes), y de esta manera poder reproducir las condiciones correctas y reales de drenaje. Estas correcciones incluyen la modificación de la cota en los lugares donde existen cruces de carreteras con obras de drenaje transversales.

Se adjunta una captura del trazado longitudinal del cauce aguas abajo Figura 12.

Perfil longitudinal del cauce

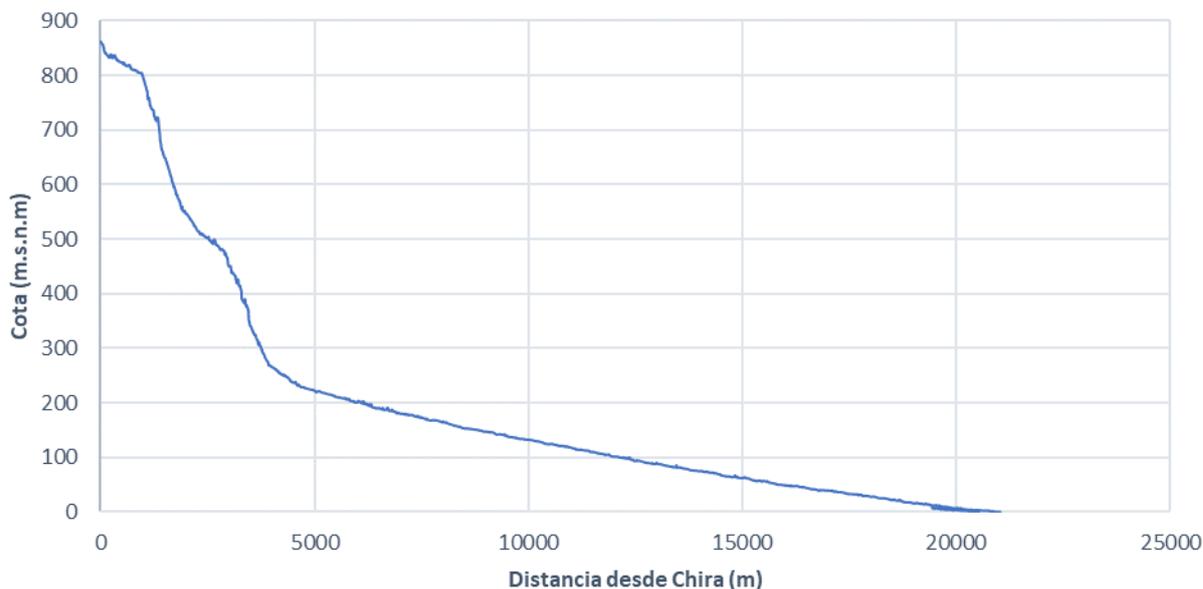


Figura 12. Perfil longitudinal cauce aguas abajo presa de Chira.

5.3. Tipología de la zona

Tras identificar la zona de estudio, y la longitud de cauce estudiado se procede a completar el MDT con toda la información fundamental para realizar la clasificación. Toda la información ha sido descargada de la página web de información oficial del IGN².

La información descargada es la siguiente:

- SIOSE: Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España
- Núcleos de población o viviendas aisladas
- Servicios esenciales
- Daños materiales
- Aspectos medioambientales, histórico-artísticos o culturales
- Otras afecciones

Las capas definidas han sido tratadas en un software tipo GIS, e implementadas en el software con el que se va a realizar el análisis de rotura y cálculo de las manchas de inundación.

Los planos anexados al final del presente proyecto poseen la información de cada una de las capas definidas anteriormente, mediante imágenes que permitan al lector tener una idea de cómo es la tipología de la zona y los elementos expuestos.

² <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

5.4. Descripción cualitativa de la zona

El cauce aguas abajo de la presa presenta dos zonas claramente diferenciadas por su pendiente y su ancho. La primera zona, más encañonada, recorre los primeros 4500 m, aproximadamente y cuenta con una pendiente de promedio 14%. Desde ese punto hasta el océano, se da una pendiente promedio de 1.5%.

A lo largo de todo el cauce hay distintos núcleos de población. Aumentando estos conforme aumenta la distancia respecto a la presa. A partir de los 18 km medidos respecto a la presa, se observan planicies que permiten laminar de forma natural el caudal circulante.

El presente apartado trata de definir cada una de las capas comentadas anteriormente, con el apoyo de los planos anexados al final del proyecto.

5.4.1. SIOSE: Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España

La capa del SIOSE sirve para definir cuál es la tipología del suelo.

5.4.2. Núcleos de población o viviendas aisladas

El área estudiada puede ser dividida en dos subáreas: una primera durante los primeros 5 km, y de ahí en adelante hasta el océano la segunda subárea.

En la primera zona estudiada hay un núcleo de viviendas entre los PK 2+000 y 3+000 (referencia desde la presa) que puede verse afectado.

En la segunda zona estudiada, desde el PK 5+000 en adelante hacia el océano, existen múltiples zonas con núcleos de población en las inmediaciones del cauce que son susceptibles de sufrir daños. De mayor relevancia es el núcleo de viviendas que se ubica en la desembocadura del cauce con el océano.

Como se puede comprobar la zona del cauce no tiene grandes núcleos de poblaciones ni densidades elevadas, pero sí que los existentes están construidos en el entorno del propio cauce.

Los núcleos de población que se verían afectados por la rotura de la presa son: Chira, Las Filipinas, Cercados de Espino, El Horno, Los Peñones, El Sao, Santa Águeda, El Vento, El Pajar, Arguineguín. En el Anejo N°1 aparecen detallados el número de viviendas afectadas y la clasificación según la gravedad.

Núcleo de población	Número de viviendas que conforman el núcleo
Chira	6
Las Filipinas	105
Cercados de Espino	178
El Horno	111
Los Peñones	90
El Sao	65
El Vento	20
Santa Águeda	24
El Pajar	71
Arguineguín*	497

Tabla 4. Poblaciones en el cauce.

Dentro del conteo de viviendas en la población de Arguineguín se ha incluido el camping ubicado junto al cauce. Para considerar dicha población se ha calculado el área que ocupa dicho camping (25779 m²), considerando una densidad de viviendas de 0.002 viv/m². Debido al carácter estacional se considera que el camping funciona 3 de los 12 meses del año. Por lo que el valor anterior será dividido por 4 (12/3), para tener una estimación de la población anual y su equivalencia en viviendas expuestas.

$$Densidad\ viviendas\left(\frac{viviendas}{m^2}\right) = \frac{511\ viviendas}{273513\ m^2} = 0.002\ \frac{viviendas}{m^2}$$

Ese valor ha sido obtenido dividiendo la población de Arguineguín sobre el área que ocupa dicha población.

$$Camping\ (viviendas) = 0.002 \cdot \frac{25779}{4} = 13\ viviendas$$

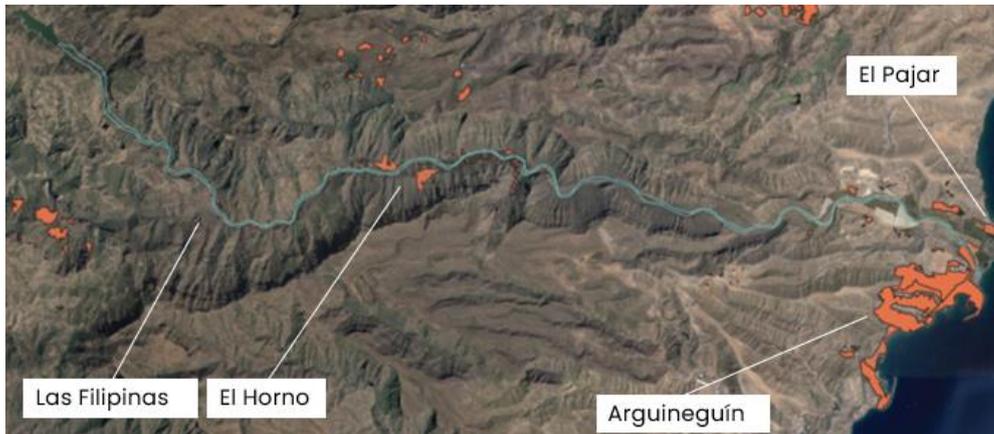


Figura 13. Ubicación de núcleos de población mayores en el cauce.

5.4.3. Servicios esenciales

Estos servicios son aquellos indispensables para el desarrollo de actividades humanas y económicas para conjuntos de poblaciones mayores a 10.000 habitantes, y si el servicio no puede ser reestablecido de manera inmediata ni ser suministrado de forma alternativa.

Se destaca lo siguiente:

- Abastecimiento y saneamiento
- Sistema sanitario
- Suministro de energía
- Sistemas de telecomunicaciones
- Infraestructuras de transporte

Dentro de la zona estudiada hay lo siguiente:

- **Abastecimiento y saneamiento:** Este se encuentra en todas las poblaciones por traídas de conducciones y la red de dentro de los núcleos de viviendas, por ello si la inundación afecta a viviendas este servicio se verá afectado.
- **Sistema sanitario:** No se prevén daños a hospitales o centros sanitarios o centros asociados que presten dicho servicio
- **Suministro de energía:** A lo largo del cauce existe una línea aérea de suministro de energía eléctrica la cual puede verse afectada por las inundaciones derivadas de la rotura de la presa.
- **Sistemas de telecomunicaciones:** No se ubican servicios de telecomunicaciones en la zona.
- **Infraestructuras de transporte:** Debido al trazado del río y cauce, se podrían ver afectadas múltiples tramos de carreteras y todos aquellos cruces a nivel de la carretera con el cauce del río. A destacar la afección que se pueda ocasionar en la carretera GC-1, en el tramo del cauce, zona de Arguineguín.

5.4.4. Daños materiales

Entender como daños materiales aquellos cuantificables directamente en términos económicos, directos o indirectos:

- Daños a industrias y polígonos industriales.
- Daños a propiedades rústicas.
- Daños a cultivos.
- Daños a infraestructuras.

En la zona de estudio se pueden definir los siguientes:

- Daños a industrias y polígonos industriales: debido a la inexistencia de ellos en las inmediaciones del cauce y en las zonas inundables, no se derivarán daños materiales de dicha tipología.
- Daños a propiedades rústicas: en la zona superior del cauce existen viviendas aisladas que podrían ser consideradas propiedades rústicas. Además, a lo largo del cauce existen propiedades rústicas entre los distintos núcleos de población.
- Daños a cultivos: en la desembocadura del cauce con el océano, existe en la margen izquierda una gran extensión de cultivos. Aguas arriba de esta zona, existen campos de cultivos en las inmediaciones de los núcleos de población.
- Daños a infraestructuras: redes de carreteras y servicios deportivos de las poblaciones. En la población de Arguineguín, junto al cauce, existe un club deportivo y una escuela de música. Hay que destacar que aguas arriba del núcleo "Las Crucitas", se aprecia la existencia de una balsa que se podría ver afectada.

5.4.5. Aspectos medioambientales, histórico-artísticos o culturales

Esta capa hace referencia a aquellos elementos o territorios que gocen de alguna figura legal de protección entre las que tenemos:

- Red Natura 2000.
- Parques Nacionales.
- Bienes de Interés Cultural.
- Parques Naturales.
- Parques regionales.
- Otros.

En la zona de estudio se pueden definir los siguientes:

La Red Natura 2000 se extiende a lo largo del cauce, cubriendo casi la totalidad de este. Si bien, las superficies afectadas son espacios naturales protegidos en los primeros kilómetros del cauce. Y de ahí en adelante las superficies afectadas son hábitats de interés comunitario. Para verlo con mayor claridad, acudir al plano específico del anexo.

Para verlo con mayor claridad, se aconseja al lector acudir al plano específico del anexo.

5.4.6. Otras afecciones

Aquellos elementos que, si se ven afectados y que por sus consecuencias por su rotura o funcionamiento incorrecto da lugar a consecuencias severas, por ejemplo: centrales nucleares, plantas de producción de compuestos venenosos o dañinos para la salud de personas o medio ambiente.

En el caso que nos concierne no se han identificado.

6. METODOLOGÍA Y DATOS BÁSICOS DEL ANÁLISIS

6.1. Modelo hidráulico de propagación de la onda de rotura empleado

El software empleado tanto para generar la rotura como la propagación de esta por el cauce ha sido HEC-RAS en su versión 6.1, desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers (USACE). Este programa es ampliamente utilizado en todo el mundo para cálculos en régimen variable, teniendo también incluida la rotura de presas. Este software resuelve las ecuaciones de Saint Venant para representar el régimen variable, y realiza los cálculos utilizando un esquema implícito para resolver el sistema de ecuaciones en diferencias finitas resultante.

La clasificación de la presa de Soria se ha realizado a partir de un modelo hidráulico bidimensional, habiéndose empleado como *input* principal el MDT base de 2 metros de resolución descargado del IGN. Los modelos hidráulicos bidimensionales presentan la ventaja principal de poder capturar las características del flujo cuando el mismo deja de tener un comportamiento “matemáticamente unidimensional”. Es decir, por ejemplo, cuando el flujo sobrepasa la capacidad del cauce, la hipótesis de suponer el flujo a lo largo de una única dirección no es del todo acertada, pues se despreja el movimiento del agua en otras direcciones del espacio al avanzar el frente de inundación también por las llanuras de inundación.

Esto es lo que suele pasar en el caso de análisis de la rotura de una presa, donde fruto de ello se genera un caudal pico muy elevado normalmente incapaz de contenerse en el cauce de aguas abajo. Asimismo, el modelo bidimensional ofrece resultados con mayor fiabilidad en las zonas con obstrucciones (puentes) y en los tramos de confluencia entre ríos. Los resultados de la modelización bidimensional pueden ser tratados y analizados con softwares tipo GIS, por lo que el abanico de presentación de resultados y el tratamiento de los datos es amplio. En este sentido, la Guía recomienda el análisis hidráulico en dos dimensiones con el objeto de clasificación de presas.

De cara al análisis considerado, dentro de las hipótesis a tener en cuenta por el modelador, los dos parámetros más relevantes a definir son el tamaño de malla y el intervalo de tiempo de cálculo. Ambos parámetros, además, muy relacionados entre sí y con la estabilidad de los cálculos y por tanto, con la precisión de los resultados.

De acuerdo con la recomendación de la Guía y del propio Pliego, las modelizaciones hidráulicas llevadas a cabo durante el presente contrato se han realizado con un mallado de 2x2 metros. En aquellas zonas marginales que se extienden más allá del cauce y de la planicie de inundación colindante al cauce se ha definido con una malla de 10x10 metros. De esta forma la geometría del cauce y de la zona de potencial inundación quedan perfectamente definidos. En la siguiente imagen se ve un ejemplo en detalle de la malla definida, donde la línea azul comprende el lecho del cauce.

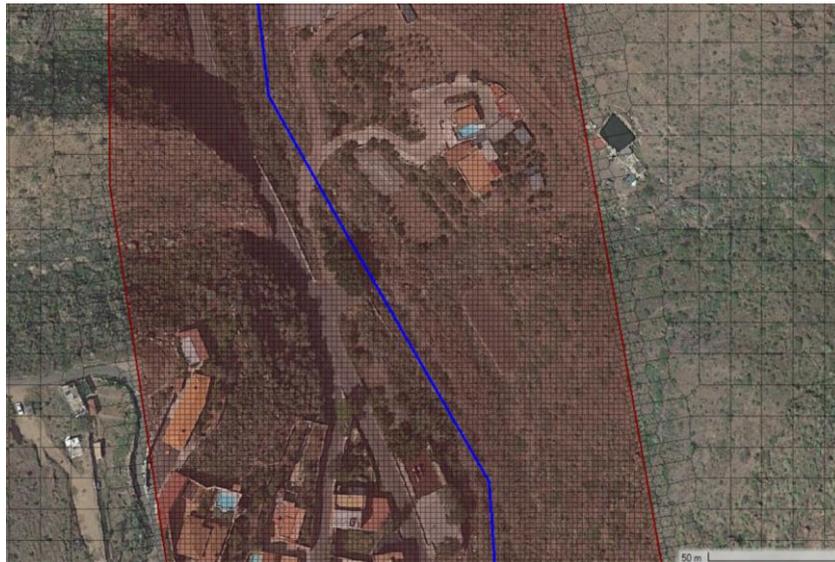


Figura 14. Detalle de la malla de cálculo del modelo.



Figura 15. Malla de cálculo de HEC-RAS.

El intervalo de tiempo a elegir debe estar relacionado con el tamaño de la malla. Así a menor tamaño de malla, menor debería ser el intervalo de tiempo para conseguir resultados estables, precisos y fiables. El intervalo de tiempo de cálculo considerado ha sido de 0.1 segundos.

El tiempo simulado en la modelización es de 2 horas desde la rotura de la presa, tiempo suficiente para comprobar cómo evoluciona la onda de la avenida a lo largo de todo el cauce considerado y para que la misma llegue al océano.

6.2. Características básicas del análisis.

6.2.1. Empleo del software GIS

Se ha empleado un software de Sistema de Información Geográfica (en este caso QGIS) para tratar las distintas capas mencionadas anteriormente y obtenidas del centro de descargas del IGN.

Dicho tratamiento ha consistido en revisar que las capas estén bien implementadas y que tengan los datos necesarios para la realización del presente proyecto. Además de adecuar la capa de población para considerar aquellas viviendas aisladas no consideradas en la capa en una primera instancia.

Una vez las capas han sido tratadas y preparadas, éstas han sido implementadas en el RASMapper, un módulo de HEC-RAS tipo GIS, para así poder comparar las manchas de inundación con las consiguientes capas, y realizar la clasificación.

Emplear RASMapper y QGIS es fundamental para realizar el análisis bidimensional que ha sido realizado, ya que permite relacionar todas las distintas capas (MDT, población, servicios, SIOSE...) entre ellas y tener unos fiables y comparables con la realidad mediante el uso de imágenes satelitales.

6.2.2. Dimensiones de la brecha y justificación

Para las dimensiones de la brecha se sigue lo establecido en el apartado 2.4.2 de la Guía Técnica para la clasificación de presas.

Conociendo que la presa de Chira es de fábrica y de gravedad, la guía establece lo siguiente:

“Presas de gravedad y contrafuertes:

- *Tiempo de rotura: 10 a 15 minutos.*
- *Forma y dimensiones de la brecha: rectangular (o trapecial dependiendo de la morfología de la cerrada).*
 - *Profundidad de la brecha: hasta el contacto con el cauce en el pie.*
 - *Ancho: el mayor de los dos valores siguientes:*
 - *1/3 de la longitud de coronación.*
 - *3 bloques de construcción.”*

En cuanto a la forma de la rotura se sigue la morfología de la cerrada, ya que es encañonada aguas abajo de la ubicación de la presa. Forzando la brecha a tomar dicha forma.

Clasificación en función de del riesgo potencial de la presa de Chira (Gran Canaria)

La altura de la brecha será hasta cota del cauce desde coronación, y el ancho será el que permita la morfología de la cerrada.

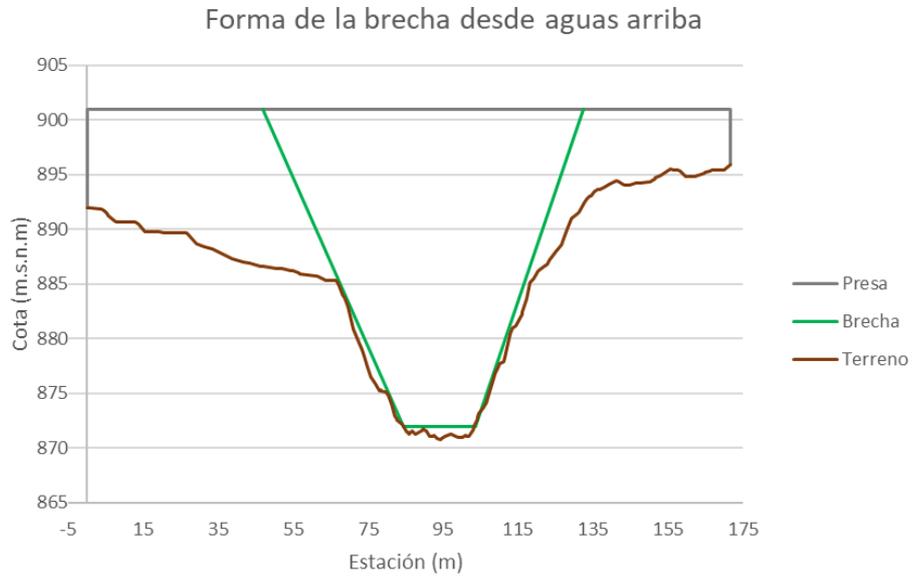


Figura 16. Parámetros de la brecha y forma.

6.2.3. Tiempo de desarrollo de la brecha y justificación.

Siguiendo lo mismo que se mostró en el apartado anterior de lo establecido en la guía.

La guía aconseja tomar un tiempo dentro de una horquilla, 10-15 minutos.

Se realizará para ambos tiempos en los escenarios considerados.

6.2.4. Hidrogramas de entrada al embalse y laminado, correspondientes a la avenida que genera el estado límite.

El hidrograma considerado para el escenario límite es el mostrado anteriormente en el apartado de hidrología. El caso de la tormenta de 6 horas para un periodo de retorno de 10 000 años.

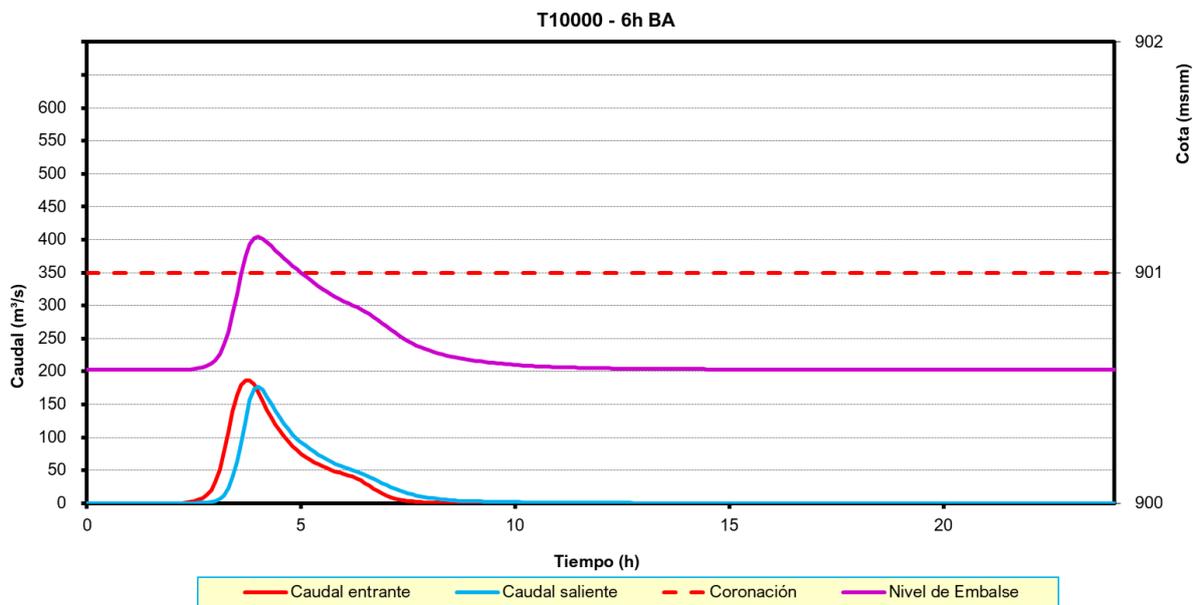


Figura 17. Nivel del embalse en la presa de Chira bajo tormenta considerada.

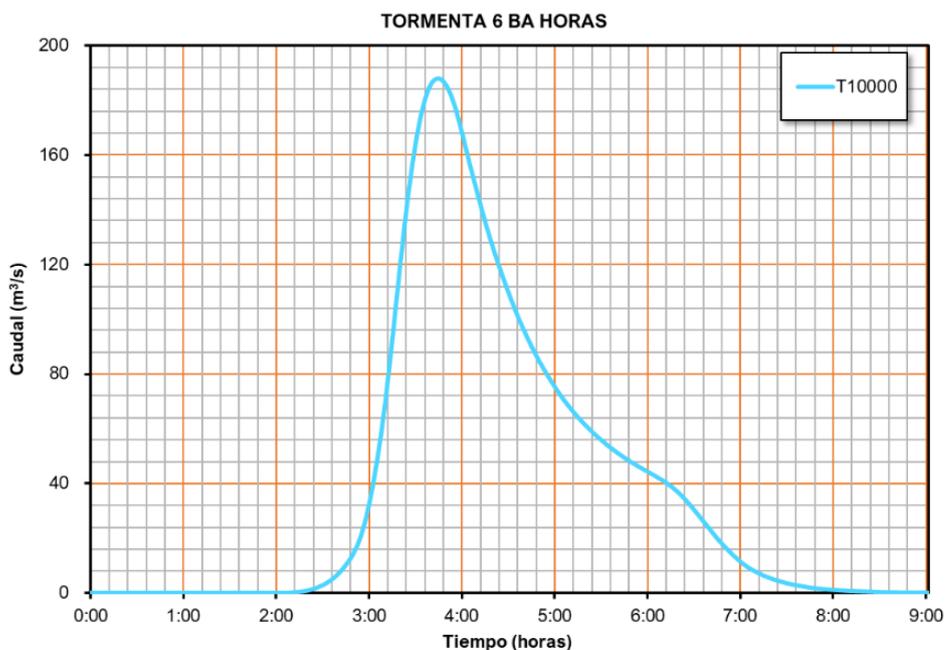


Figura 18. Tormenta de 6 horas para periodo de retorno de 10000 años.

Dicha tormenta desglosada para su representación queda de la siguiente forma:

Tiempo (h)	Caudal	Tiempo (h)	Caudal	Tiempo (h)	Caudal
0:00	0.0	3:05	47.7	6:05	42.7
0:05	0.0	3:10	67.6	6:10	41.0
0:10	0.0	3:15	92.4	6:15	39.0
0:15	0.0	3:20	119.3	6:20	36.6
0:20	0.0	3:25	144.1	6:25	33.7
0:25	0.0	3:30	164.0	6:30	30.4
0:30	0.0	3:35	178.0	6:35	26.9
0:35	0.0	3:40	186.0	6:40	23.4
0:40	0.0	3:45	188.0	6:45	19.9
0:45	0.0	3:50	185.4	6:50	16.8
0:50	0.0	3:55	178.6	6:55	13.9
0:55	0.0	4:00	168.3	7:00	11.4
1:00	0.0	4:05	156.9	7:05	9.3
1:05	0.0	4:10	146.0	7:10	7.7
1:10	0.0	4:15	135.7	7:15	6.3
1:15	0.0	4:20	126.3	7:20	5.2
1:20	0.0	4:25	117.8	7:25	4.3
1:25	0.0	4:30	109.9	7:30	3.5
1:30	0.0	4:35	102.6	7:35	2.9
1:35	0.0	4:40	96.1	7:40	2.4
1:40	0.0	4:45	90.1	7:45	1.9
1:45	0.0	4:50	84.7	7:50	1.6
1:50	0.0	4:55	79.8	7:55	1.3
1:55	0.0	5:00	75.3	8:00	1.1
2:00	0.0	5:05	71.2	8:05	0.9
2:05	0.0	5:10	67.6	8:10	0.7
2:10	0.1	5:15	64.2	8:15	0.6
2:15	0.4	5:20	61.2	8:20	0.5
2:20	0.8	5:25	58.4	8:25	0.4
2:25	1.6	5:30	55.9	8:30	0.3
2:30	2.8	5:35	53.5	8:35	0.2
2:35	4.5	5:40	51.4	8:40	0.2
2:40	6.9	5:45	49.4	8:45	0.1
2:45	10.2	5:50	47.6	8:50	0.1
2:50	14.5	5:55	45.9	8:55	0.1
2:55	21.3	6:00	44.3	9:00	0.1
3:00	32.3			9:05	0.0

Figura 19. Desglose de la tormenta considerada en el escenario límite.

6.2.5. Rugosidad utilizada y justificación.

Para la rugosidad se sigue lo establecido en el apartado 2.4.3.2. Rugosidad, de la Guía.

Se ha empleado las capas del SIOSE (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España) el cual integra la información de las bases de datos de coberturas y usos del suelo de las Comunidades Autónomas y de la Administración General del Estado. Está enmarcado dentro del Plan Nacional de Observación del Territorio en España (PNOT), coordinado junto al IGN y el CNIG.

La información ha sido descargada del centro de descargas del CNIG.

Esta capa, muestra polígonos, que hacen referencia a las coberturas del terreno, y según la tipología de cobertura tienen asignado un valor del coeficiente de Manning.

Se muestra una captura con las coberturas y el coeficiente de Manning asignado:

N.º	Nombre de la capa	Manning
1	Vegetación esclerófila	0.55
2	Olivares	0.06
3	Terrenos principalmente agrícolas	0.05
4	Tejido urbano	0.09
5	Pastizales naturales	0.035
6	Zona de extracción minera	0.04
7	Láminas de agua	0.025
8	Espacio vegetación escasa	0.03
9	Matorral boscoso	0.07
10	Tierras de labor en seco	0.04
11	Bosques de coníferas	0.07
12	Mosaico de cultivos	0.035
13	Zona industrial	0.1
14	Tejido urbano continuo	0.1
15	Terrenos regados permanentemente	0.04
16	Instalaciones de deportivas	0.09
17	Bosque de coníferas	0.07
18	Cauce	0.05

Tabla 5. Coeficiente Manning y coberturas de terreno.

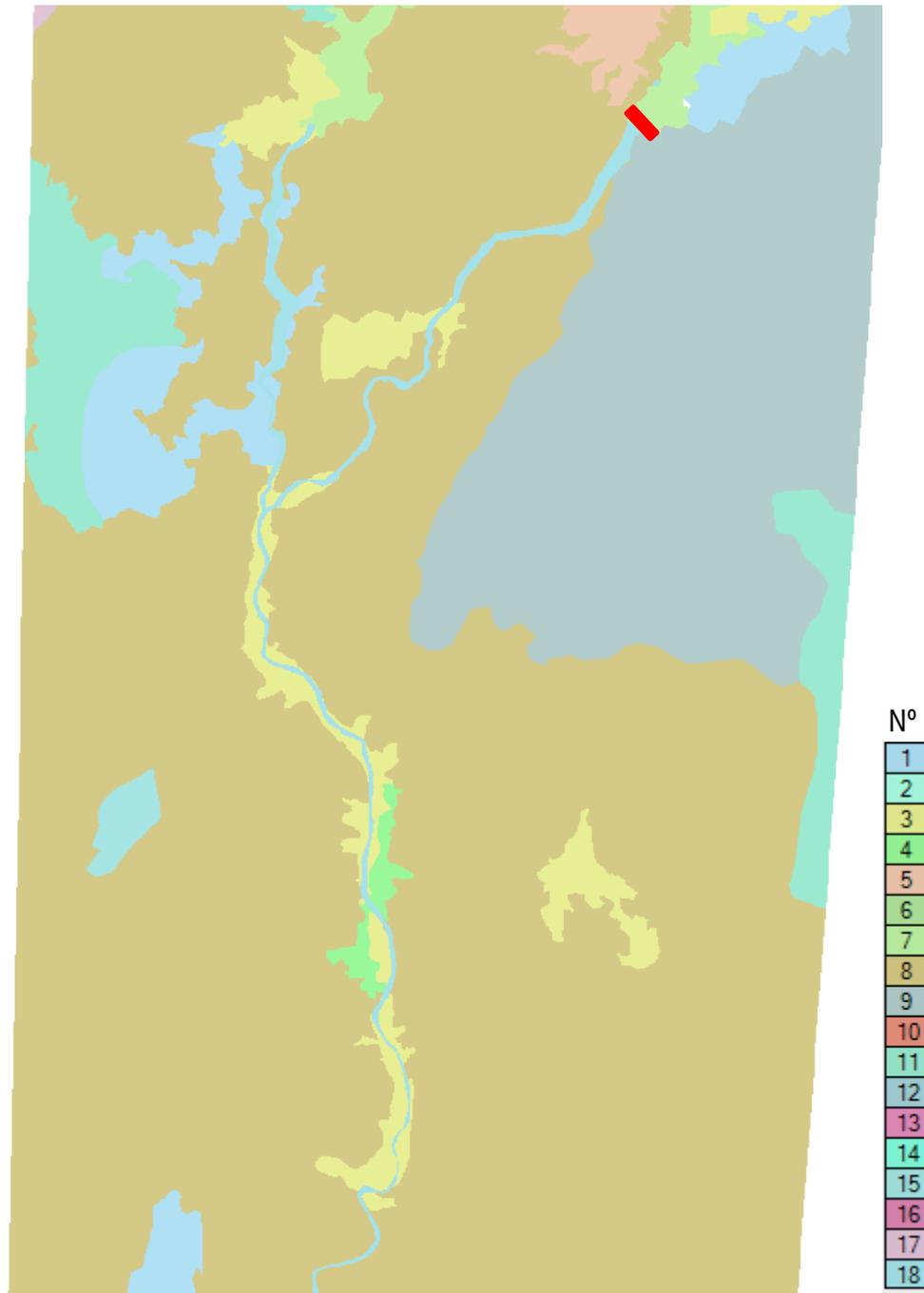


Figura 20. Capa de coberturas de la zona estudiada.

El coeficiente de Manning para el cauce se ha estimado mediante el método de Cowan³. Cowan propuso en un procedimiento para estimar el valor de Manning en función de algunos parámetros, que son obtenidos de una tabla según el material del perímetro, irregularidad, variación de la sección transversal, efecto de las obstrucciones, vegetación y curvaturas en planta.

³ Guía metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografía de zonas inundables.

6.2.6. Modelización de las obstrucciones en el cauce y justificación.

Las obstrucciones al flujo identificadas en el cauce son mínimas. Se han realizado modificaciones al MDT original en aquellas zonas donde la existencia de dichas obstrucciones generaba discontinuidades e irregularidades que no suceden en la realidad.

Dichas obstrucciones son los cruces de la carretera con el cauce. Por ello el terreno se ha modificado en dichas zonas, simulando la existencia de las obras de drenaje transversales de dichos cruces que tienen lugar en la realidad. De esta manera, las modificaciones son necesarias para representar el funcionamiento hidráulico de las obras de drenaje existentes.

6.2.7. Hipótesis analizadas y justificación.

Las hipótesis consideradas para la modelización hidráulica llevada a cabo son las siguientes:

- Se ha modelizado el episodio de rotura de la presa de Chira hasta el océano, mediante un modelo bidimensional.
- El tiempo de cálculo simulado es de 2 horas, ya que con este tiempo se puede observar la tendencia del hidrograma a lo largo del cauce y supone un tiempo suficiente para que la onda llegue al océano.
- El MDT ha sido modificado para suprimir aquellos pasos elevados y cruces sobre el trazado del cauce y reflejar la realidad de la zona de la mejor manera posible.
- La condición de contorno implementada en el océano es de una pendiente de 0.001, conforme a las mediciones efectuadas a través del MDT.
- El modelo se calculará con un mallado de 2x2 metros en la zona de inundación y en la zona cercana al cauce. El resto del área se representa mediante un mallado con celdas de tamaño de 10x10 metros.

6.2.8. Longitud de cauce analizada y justificación.

El límite del cauce aguas abajo lo hemos establecido según el apartado 3.2. Límite aguas abajo del estudio, de la Guía.

En la guía se establece lo siguiente:

“No obstante, existen situaciones que permiten acotar el límite del estudio, entre las que pueden señalarse las siguientes:

- Elemento afectado que conduce a la clasificación en la categoría A.*
- Desembocadura del cauce en el mar.*
- Entrada en un embalse capaz de laminar la onda de rotura hasta alcanzar un caudal máximo inferior a la capacidad del cauce aguas abajo.*
- Alcanzar un caudal máximo inferior a la capacidad del cauce, sin producir inundaciones ni en las márgenes ni aguas abajo.*
- No ocupación aguas abajo del punto por viviendas, servicios, bienes económicos o elementos con algún tipo de protección medioambiental o cultural.”*

La longitud del cauce, la presa hasta la desembocadura con el océano ronda los 21 kilómetros.

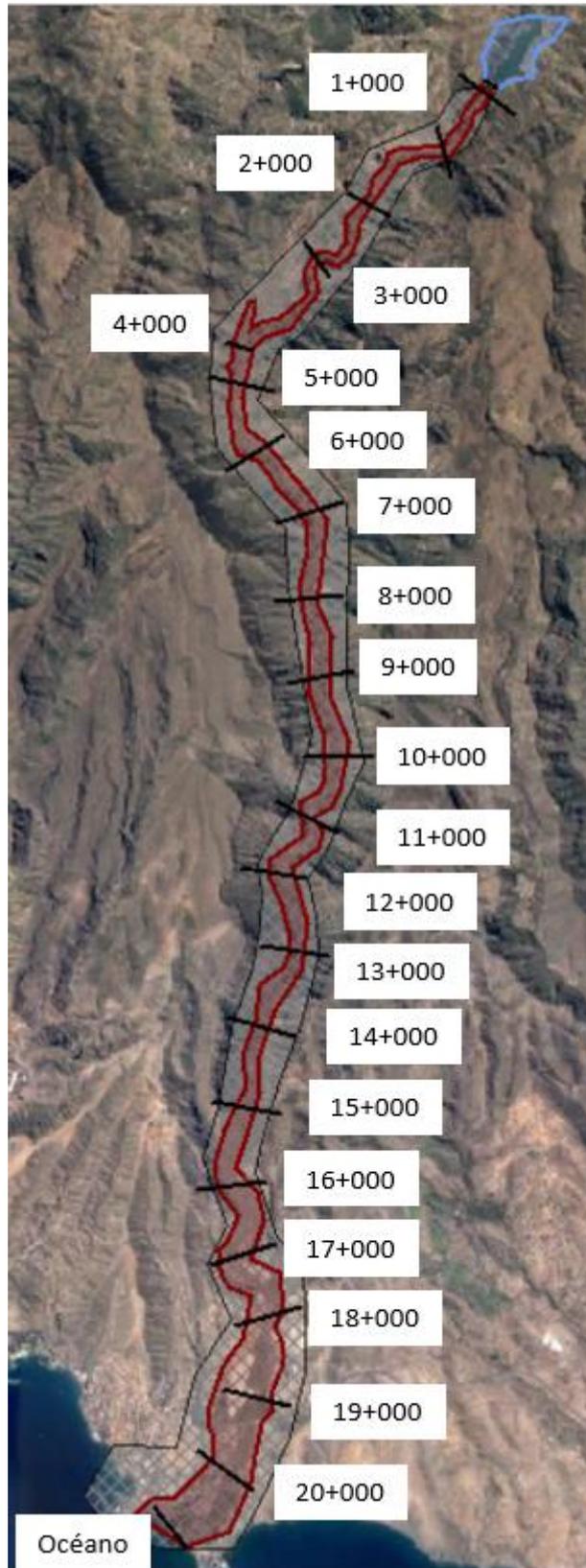


Figura 21. Longitud de cauce y ubicación de PKs.

6.3. Criterios de evaluación de los daños

Se utiliza la metodología propuesta en la Guía para la clasificación de presas en función del riesgo potencial. A continuación, se van a exponer los criterios de evaluación y los escenarios a considerar recomendados en dicha guía.

6.3.1. Núcleos de población o viviendas aisladas

Para el criterio seguiremos lo establecido en la “Guía Técnica para la Clasificación de Presas”, en el apartado 2.3.2:

Se asignará la categoría A cuando se produzca “afección grave” a más de cinco viviendas y la categoría B cuando dicho número este comprendido entre una y cinco.

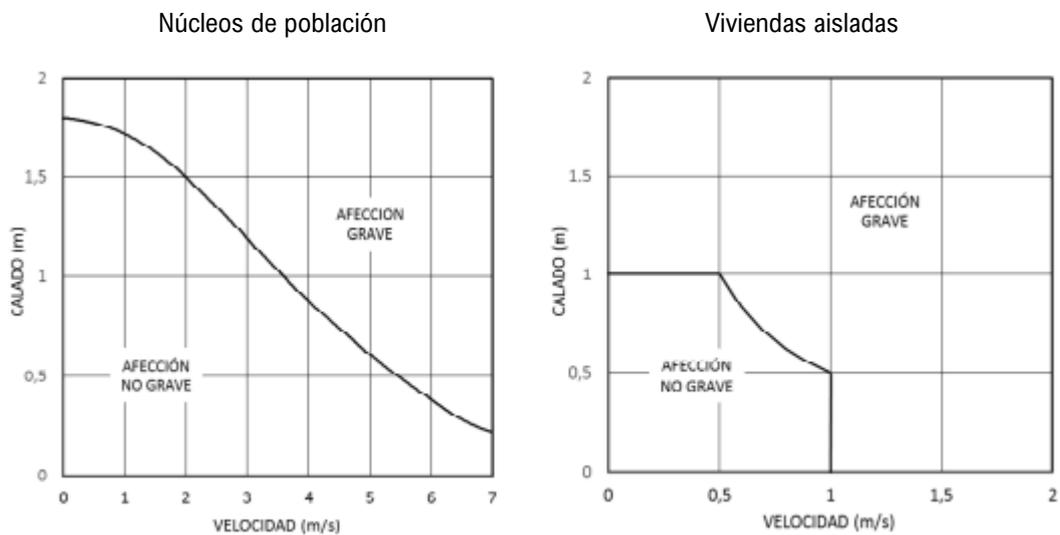


Figura 22. Evaluación de la gravedad de las afecciones en núcleos de población y en viviendas aisladas.

Para la definición de la ilustración anterior se ha hecho en base a lo indicado en el artículo 9.2 del RDPH: “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 producto de ambas variables sea superior a $0,5 \text{ m}^2/\text{s}$ ”.

6.3.2. Servicios esenciales

El criterio de evaluación es el mismo que en el caso anterior, además de que se aplica a los siguientes puntos.

Se ha de comprobar si la afección es grave, si se afecta a un servicio ya se clasifica como categoría A.

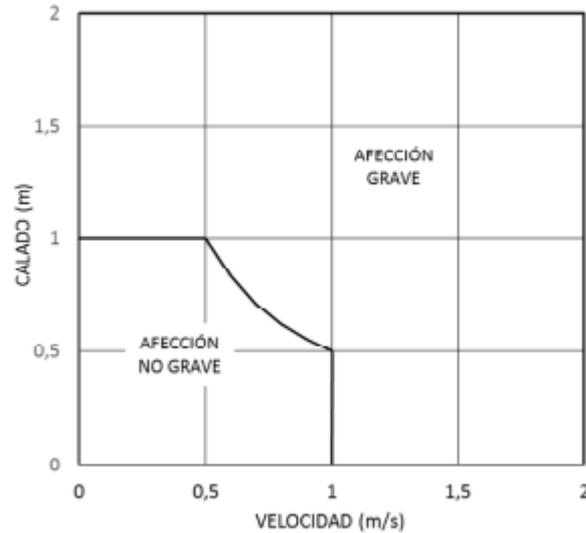


Figura 23. Evaluación de la gravedad de las afecciones del tipo servicios esenciales, daños materiales, aspectos medioambientales, histórico-artísticos o culturales u otros.

6.3.3. Daños materiales

Para este apartado la clasificación de grave se hace con la ilustración mostrada anteriormente.

En cuanto a la clasificación se hace en función de los siguientes criterios:

- Categoría A cuando se cumpla alguna de las siguientes condiciones
 - 50 instalaciones/propiedades
 - 5000 ha de regadíos
 - 10000 ha de secano
 - Carreteras de la Red de Carreteras del Estado
 - Carreteras autonómicas de primer nivel
 - Ferrocarriles de vía ancha o de alta velocidad

Clasificación en función de del riesgo potencial de la presa de Chira (Gran Canaria)

- Categoría B:
 - 10 instalaciones/propiedades
 - 1000 ha de regadíos
 - 3000 ha de secano
 - Carreteras autonómicas de segundo o tercer nivel
 - Ferrocarriles de vía estrecha

En caso de no rebasar ningún umbral será categoría C.

6.3.4. Aspectos medioambientales, histórico-artísticos o culturales

Para este apartado la clasificación de grave se hace con la ilustración mostrada anteriormente.

Como criterio se adopta como criterio lo siguiente:

- Categoría A. cuando la afección grave se de en elementos con protección estatal.
- Categoría B. Cuando la afección se de en elementos a nivel autonómico.

En aquellos territorios protegidos la asignación de calificativo “grave” cuando se supere el umbral de la ilustración anterior en una superficie mayor a 1000 ha.

El resto de los casos se hará un análisis para cada uno de los puntos de afección.

6.3.5. Otras afecciones

La afección grave de cualquiera de los elementos comentados entraría como categoría A.

Siendo de aplicación la ilustración mostrada anteriormente.

7. RESULTADOS DEL ANÁLISIS

7.1. Clasificación en función de las dimensiones

El primer paso es clasificar la presa de Chira en función de sus dimensiones.

Para ello hay que fundamentarse en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH), acudiendo al artículo 358 tenemos lo siguiente:

“Artículo 358. Clasificación de las presas y embalses.

Las presas y embalses se clasifican en las siguientes categorías:

a) En función de sus dimensiones se considera gran presa aquella cuya altura es superior a 15 metros y la que, teniendo una altura comprendida entre 10 y 15 metros, tenga una capacidad de embalse superior a 1 hectómetro cúbico. Se considera pequeña presa aquella que no cumple las condiciones de gran presa.”

Dicho esto, y acudiendo al apartado 4.2.1 y 4.3 del presente documento, podemos comprobar que la presa tiene una altura de 32 metros sobre cauce y a su vez capacidad para almacenar 5.68 Hm³ a N.M.N.

Por ello, al cumplir la condición del RDPH, se clasifica la presa de Chira como Gran Presa.

7.2. Clasificación en función del riesgo potencial

La clasificación según el riesgo potencial se realiza en base a lo establecido en el presente documento. Realizando un modelo bidimensional de la rotura de la presa, bajo las hipótesis y consideraciones establecidas previamente.

Se analizarán cuatro escenarios distintos, para hacer una comparativa posterior ver la sensibilidad y variación en los resultados.

Los escenarios considerados a nivel esquema son los siguientes:

- Escenario sin avenida.
Embalse a cota de NMN y formación de brecha en 15 minutos

- Escenario sin avenida.
Embalse a cota de NMN y formación de brecha en 10 minutos

- Escenario con avenida.
Embalse a cota de NMN y formación de brecha en 15 minutos tras llegar el nivel del embalse a coronación

- Escenario con avenida.
Embalse a cota de NMN y formación de brecha en 10 minutos tras llegar el nivel del embalse a coronación

Los resultados obtenidos, son tratados y representados de distintas maneras en el presente proyecto.

Primero se ha observado y comprobado como la avenida generada por la rotura evoluciona a lo largo del cauce, esto se puede comprobar en los mapas de inundación anexados para cada uno de los siguientes escenarios.

7.2.1. Escenario sin avenida, rotura 15 minutos

Este escenario corresponde a aquel en el que la formación de la brecha se da en 15 minutos y el embalse se encuentra a NMN (900.58 m s.n.m) en el momento de rotura.

Visto cómo evoluciona el hidrograma asociado a la avenida, lo siguiente es comprobar los daños derivados por dicha rotura.

Además, se incluyen una serie de imágenes resultado de superponer la avenida con google earth:



Figura 24. Referencia imágenes google earth, formación de brecha en 15 minutos y sin avenida.

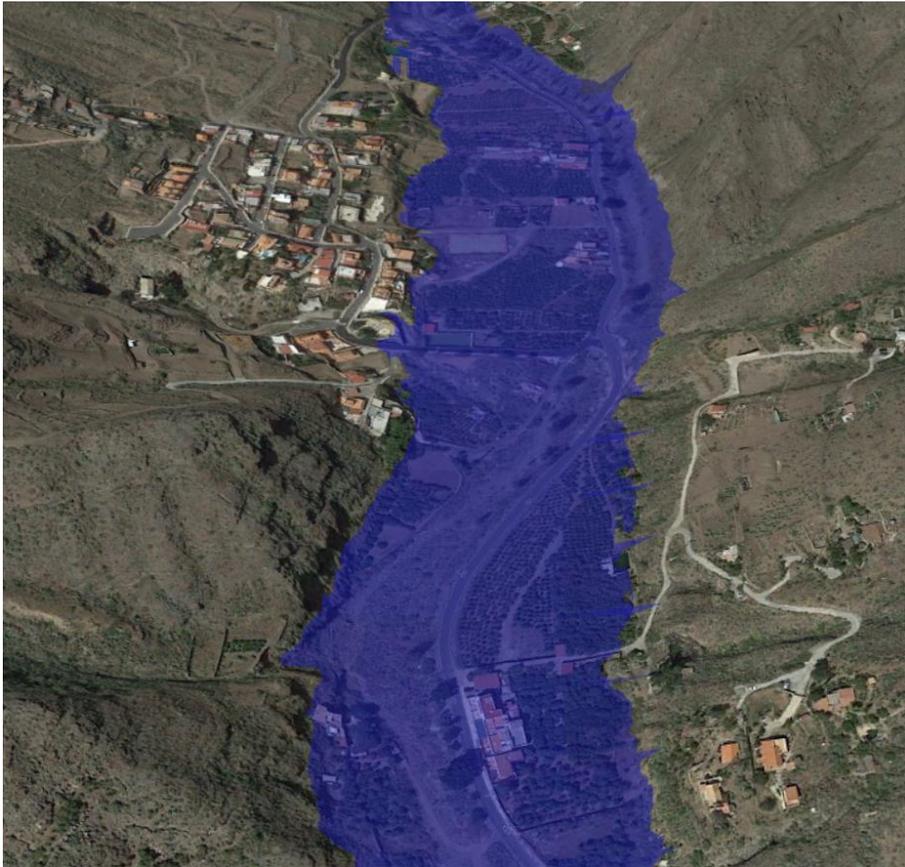


Figura 25. Inundación en El Horno, brecha en 15 minutos y sin avenida.



Figura 26. Inundación en Arguineguín, brecha en 15 minutos y sin avenida.

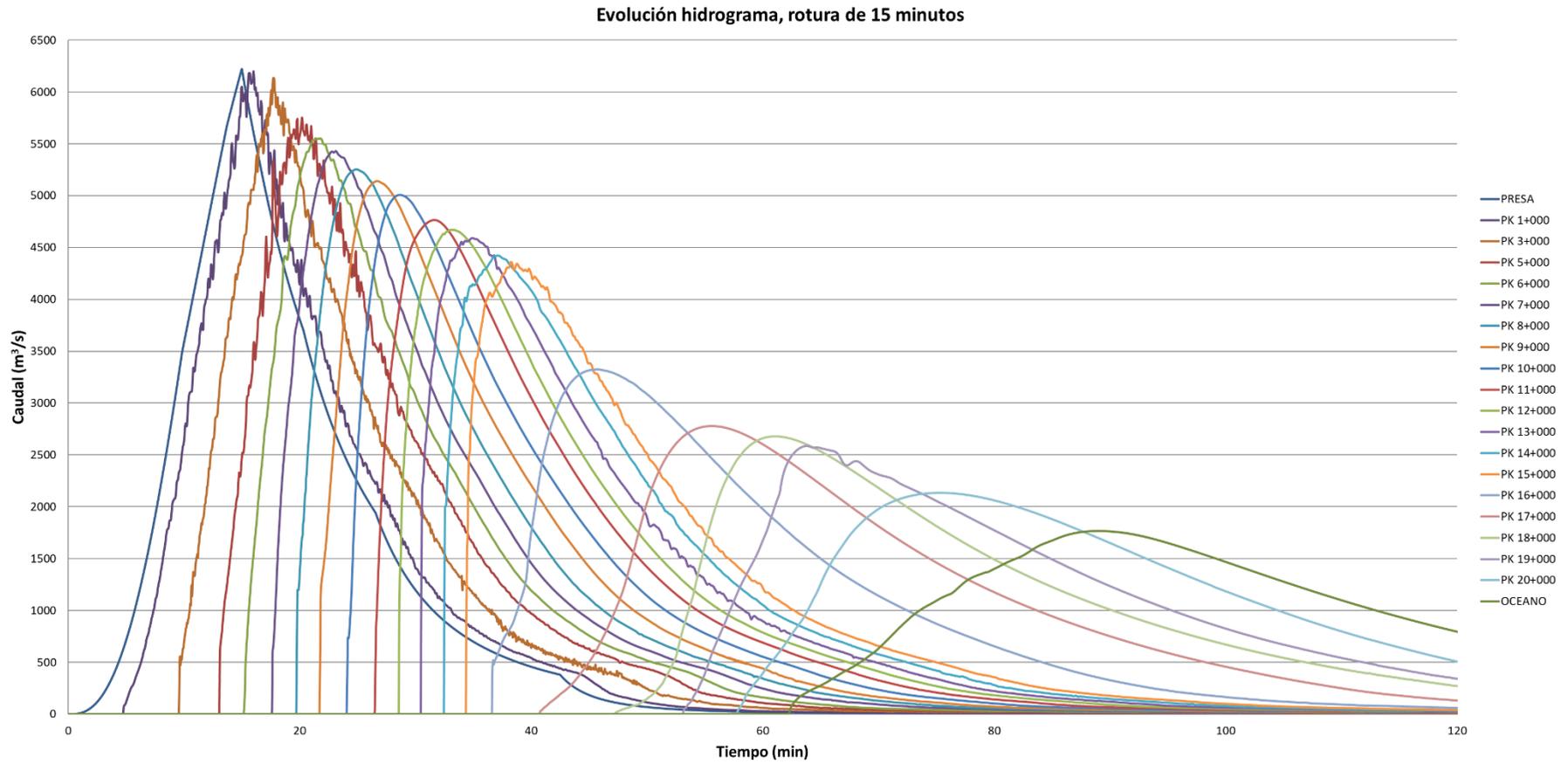


Figura 27. Evolución de hidrogramas a lo largo del cauce, rotura de 15 minutos.

Para ello se sigue lo establecido en el apartado 3.3 de la Guía, por el que se establece el orden de análisis por tipo de daño, siendo el siguiente:

1. Afecciones a núcleos de población, viviendas y vidas humanas
2. Afecciones a servicios esenciales
3. Daños materiales
4. Daños medioambientales, histórico-artísticos o culturales

Para la clasificación se sigue dicho orden de estudio y en el caso que uno se derive en categoría A, no sería necesario realizar el análisis para los otros grupos de daños. Es decir, si con el análisis del primer grupo la presa se clasifica en A, no es necesario analizar los otros grupos.

En el caso que el grupo analizado no se derive en A, y se derive en una clasificación B o C se seguirá el análisis para el siguiente grupo, y así sucesivamente hasta que un grupo sea A (máxima clasificación) o en caso contrario, que ningún grupo se derive en A, se asignara la categoría mayor de entre los grupos.

La tabla de afecciones está en el Anejo 1, en este caso para el grupo primero. Al darse una afección grave de más de 5 viviendas, según lo establecido en la Guía, se puede concluir que la presa presenta una categoría A.

La tabla completa con las poblaciones afectadas se encuentra en el Anejo 1.

Se adjunta a continuación una tabla resumen de las poblaciones afectadas:

Núcleos	Viviendas con afección grave	Viviendas con afección no grave	Tiempo llegada de la onda de rotura (h:mm)
Chira	5	0	0:20
Las Filipinas	43	1	0:21
Cercados de Espino	2	2	0:25
El Horno	34	1	0:26
Los Peñones	74	0	0:28
El Sao	36	4	0:30
El Vento		5	0:50
Santa Águeda		1	1:16
El Pajar	0	8	1:30
Arguineguín		87	1:30
Total Viviendas	194	113	

Tabla 6. Viviendas afectadas, rotura 15 minutos sin avenida.

7.2.2. Escenario sin avenida, rotura 10 minutos

Este escenario corresponde a aquel en el que la formación de la brecha se da en 10 minutos y el embalse se encuentra a NMN (900.58 m s.n.m) en el momento de rotura.

Visto cómo evoluciona el hidrograma asociado a la avenida, lo siguiente es comprobar los daños derivados por dicha rotura.

Además, se incluyen una serie de imágenes resultado de superponer la avenida con google earth:



Figura 28. Referencia imágenes google earth, formación de brecha en 10 minutos y sin avenida.

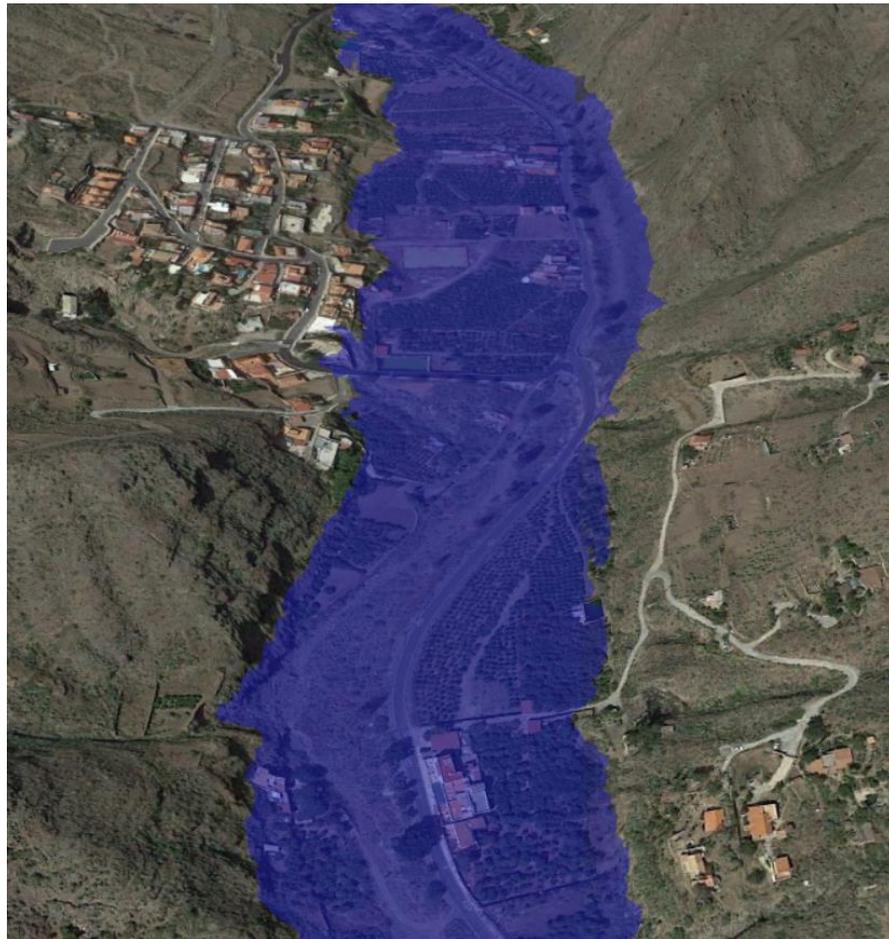


Figura 29. Inundación en El Horno, brecha en 10 minutos y sin avenida.



Figura 30. Inundación en Argineguín, brecha en 10 minutos y sin avenida.

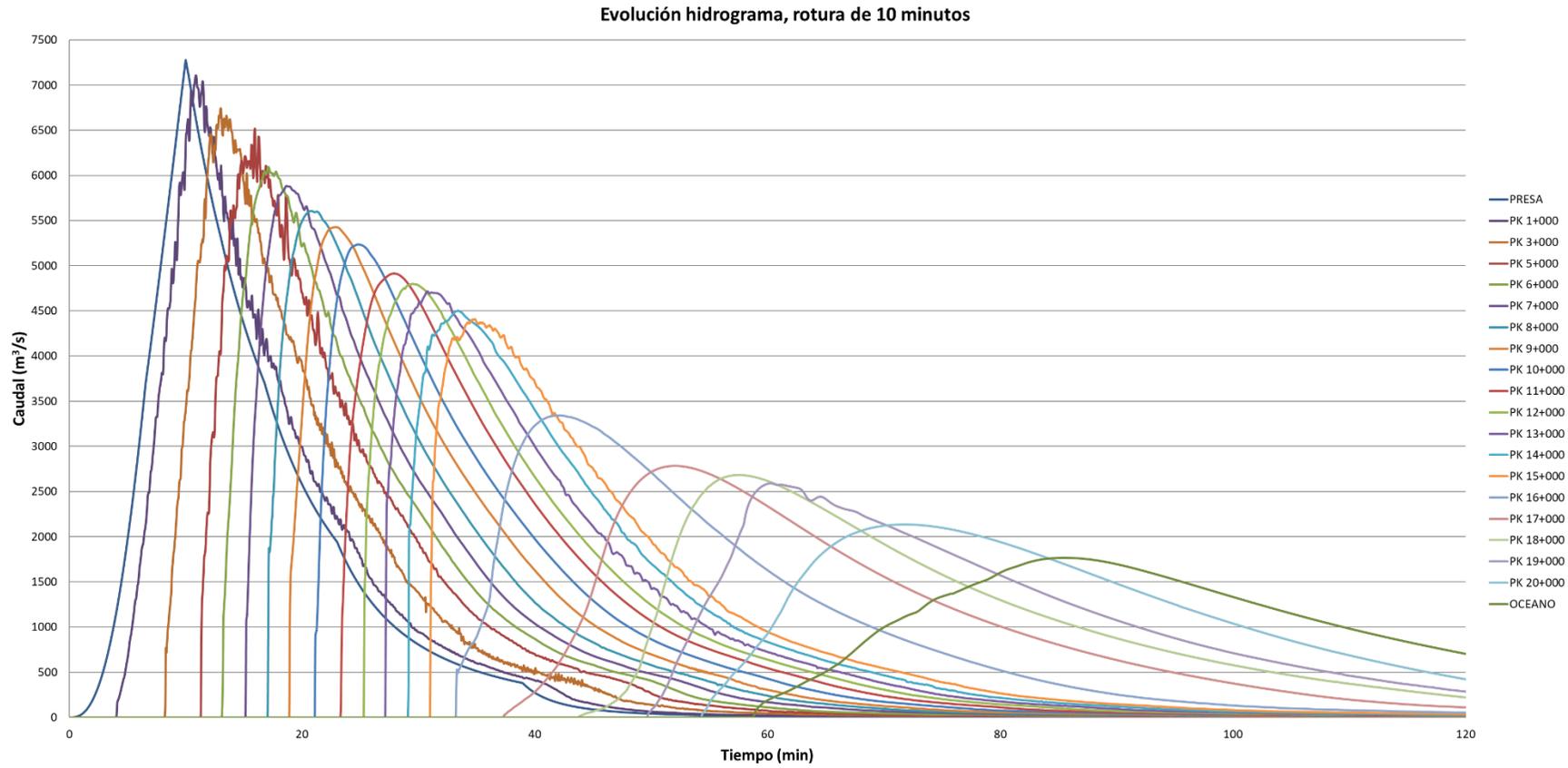


Figura 31. Evolución de hidrogramas a lo largo del cauce, rotura de 10 minutos.

Para ello se sigue lo establecido en el apartado 3.3 de la Guía, por el que se establece el orden de análisis por tipo de daño, siendo el siguiente:

1. Afecciones a núcleos de población, viviendas y vidas humanas
2. Afecciones a servicios esenciales
3. Daños materiales
4. Daños medioambientales, histórico-artísticos o culturales

Para la clasificación se sigue dicho orden de estudio y en el caso que uno se derive en categoría A, no sería necesario realizar el análisis para los otros grupos de daños. Es decir, si con el análisis del primer grupo la presa se clasifica en A, no es necesario analizar los otros grupos.

En el caso que el grupo analizado no se derive en A, y se derive en una clasificación B o C se seguirá el análisis para el siguiente grupo, y así sucesivamente hasta que un grupo sea A (máxima clasificación) o en caso contrario, que ningún grupo se derive en A, se asignara la categoría mayor de entre los grupos.

La tabla de daños está en el Anejo 1, en este caso para el grupo primero. Al darse una afección grave de más de 5 viviendas, según lo establecido en la Guía, se puede concluir que la presa presenta una categoría A.

La tabla completa con las poblaciones afectadas se encuentra en el Anejo 1 Tabla de.

Se adjunta a continuación una tabla resumen de las poblaciones afectadas:

Núcleos	Viviendas con afección grave	Viviendas con afección no grave	Tiempo llegada de la onda de rotura (h:mm)
Chira	6	0	0:15
Las Filipinas	44	1	0:16
Cercados de Espino	2	3	0:20
El Horno	35	1	0:21
Los Peñones	76	0	0:22
El Sao	36	4	0:27
El Vento	0	5	0:52
Santa Águeda	0	1	1:25
El Pajar	47	11	1:25
Arguineguín	0	93	1:25
Total Viviendas	246	119	

Tabla 7. Viviendas afectadas, rotura 10 minutos sin avenida.

7.2.3. Escenario con avenida, rotura 15 minutos

Este escenario corresponde a aquel en el que la formación de la brecha se da en 15 minutos y el embalse se encuentra a NMN (900.58 m s.n.m) y llega una avenida que genera un sobrevertido y la inminente rotura de la presa al llegar a cota de coronación (901 m s.n.m).

Dicha avenida es la mostrada anteriormente en el apartado específico de hidrología.

Visto cómo evoluciona el hidrograma asociado a la avenida, lo siguiente es comprobar los daños derivados por dicha rotura.

Además, se incluyen una serie de imágenes resultado de superponer la avenida con google earth:



Figura 32. Referencia imágenes google earth, formación de brecha en 15 minutos y con avenida.

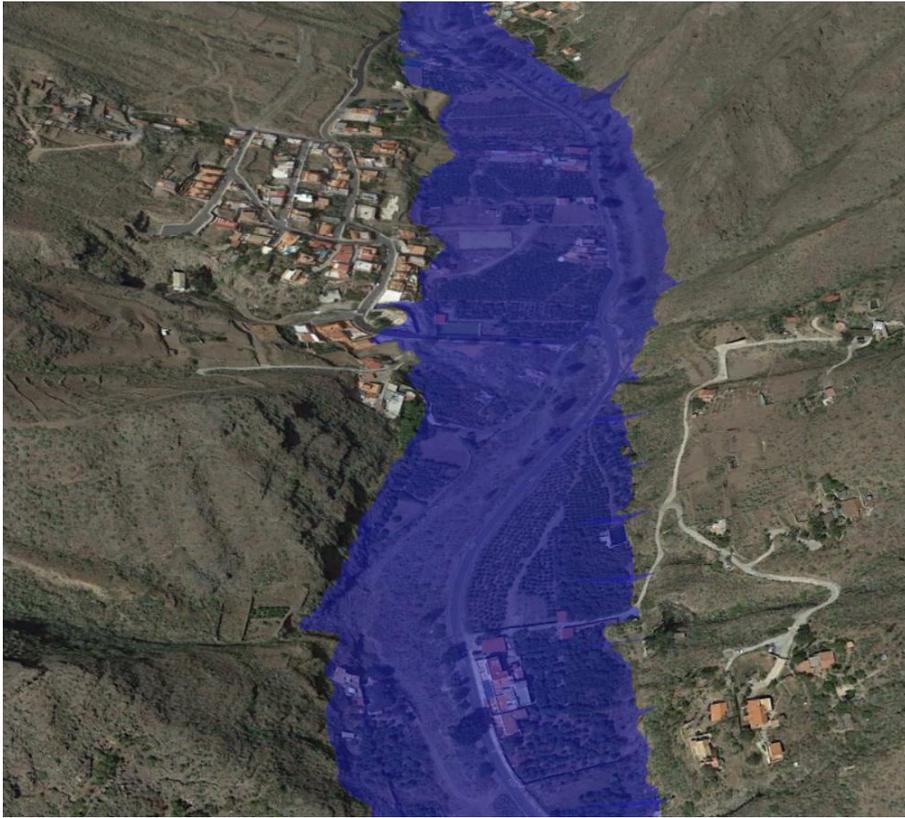


Figura 33. Inundación en El Horno, brecha en 15 minutos y con avenida.



Figura 34. Inundación en Arguineguín, brecha en 15 minutos y con avenida.

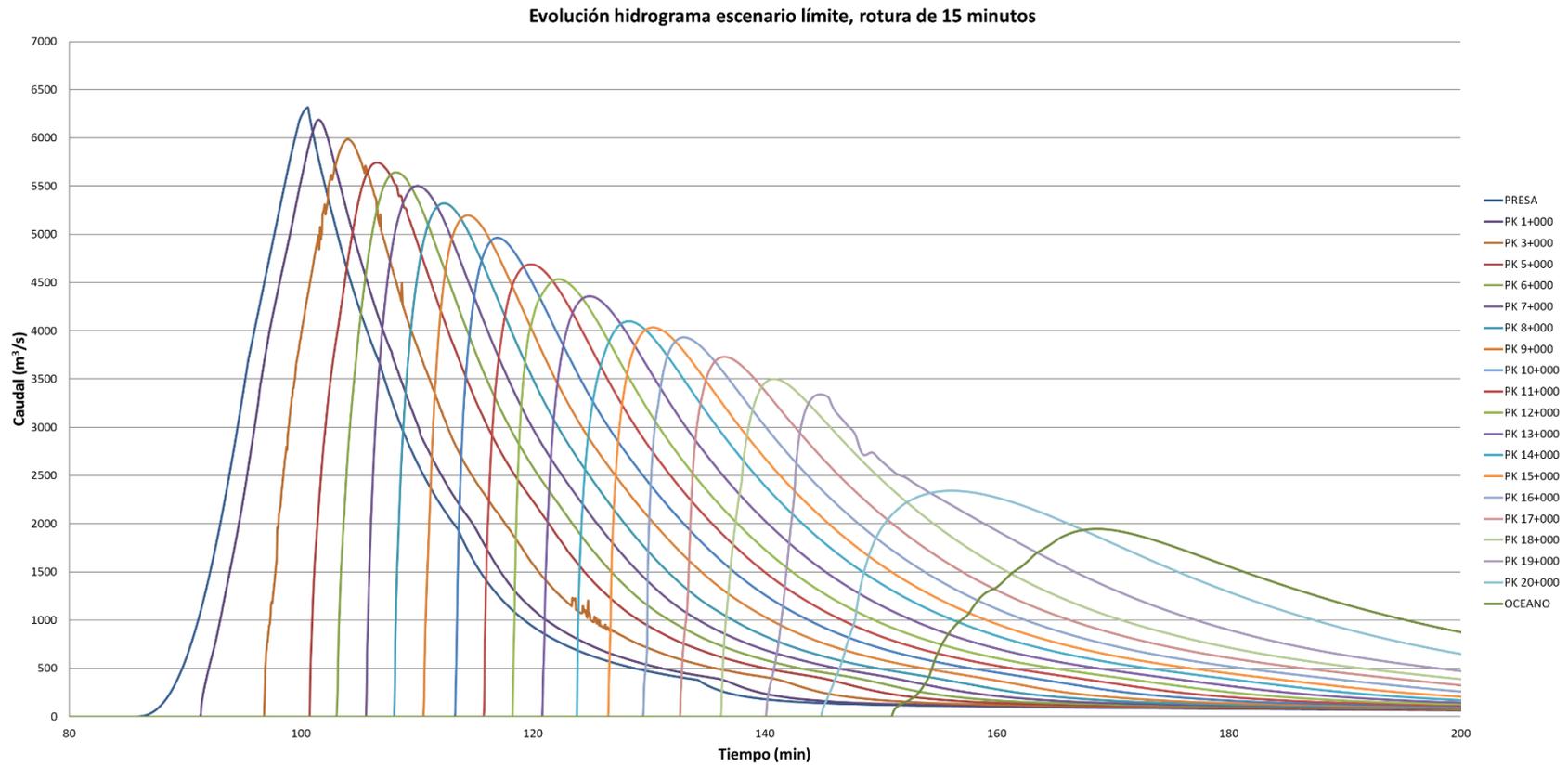


Figura 35. Evolución de hidrogramas a lo largo del cauce, rotura de 15 minutos y avenida.

Para ello se sigue lo establecido en el apartado 3.3 de la Guía, por el que se establece el orden de análisis por tipo de daño, siendo el siguiente:

1. Afecciones a núcleos de población, viviendas y vidas humanas
2. Afecciones a servicios esenciales
3. Daños materiales
4. Daños medioambientales, histórico-artísticos o culturales

Para la clasificación se sigue dicho orden de estudio y en el caso que uno se derive en categoría A, no sería necesario realizar el análisis para los otros grupos de daños. Es decir, si con el análisis del primer grupo la presa se clasifica en A, no es necesario analizar los otros grupos.

En el caso que el grupo analizado no se derive en A, y se derive en una clasificación B o C se seguirá el análisis para el siguiente grupo, y así sucesivamente hasta que un grupo sea A (máxima clasificación) o en caso contrario, que ningún grupo se derive en A, se asignara la categoría mayor de entre los grupos.

La tabla de daños está en el Anejo 1, en este caso para el grupo primero. Al darse una afección grave de más de 5 viviendas, según lo establecido en la Guía, se puede concluir que la presa presenta una categoría A.

La tabla completa con las poblaciones afectadas se encuentra en el Anejo 1.

Se adjunta a continuación una tabla resumen de las poblaciones afectadas:

Núcleos	Viviendas con afección grave	Viviendas con afección no grave	Tiempo llegada de la onda de rotura (h:mm)
Chira	5	0	1:45
Las Filipinas	42	2	1:45
Cercados de Espino	2	3	1:51
El Horno	28	1	1:51
Los Peñones	72	0	1:54
El Sao	34	4	1:57
El Vento	0	4	2:20
Santa Águeda	0	1	2:31
El Pajar	47	12	2:43
Arguineguín	0	83	2:43
Total Viviendas	230	110	

Tabla 8. Viviendas afectadas, rotura 15 minutos con avenida.

7.2.4. Escenario con avenida, rotura 10 minutos

Este escenario corresponde a aquel en el que la formación de la brecha se da en 10 minutos y el embalse se encuentra a NMN (900.58 m s.n.m) y llega una avenida que genera un sobrevertido y la inminente rotura de la presa al llegar a cota de coronación (901 m s.n.m).

Dicha avenida es la mostrada anteriormente en el apartado específico de hidrología.

Visto cómo evoluciona el hidrograma asociado a la avenida, lo siguiente es comprobar los daños derivados por dicha rotura.

Además, se incluyen una serie de imágenes resultado de superponer la avenida con google earth:



Figura 36. Referencia imágenes google earth, formación de brecha en 10 minutos y con avenida.

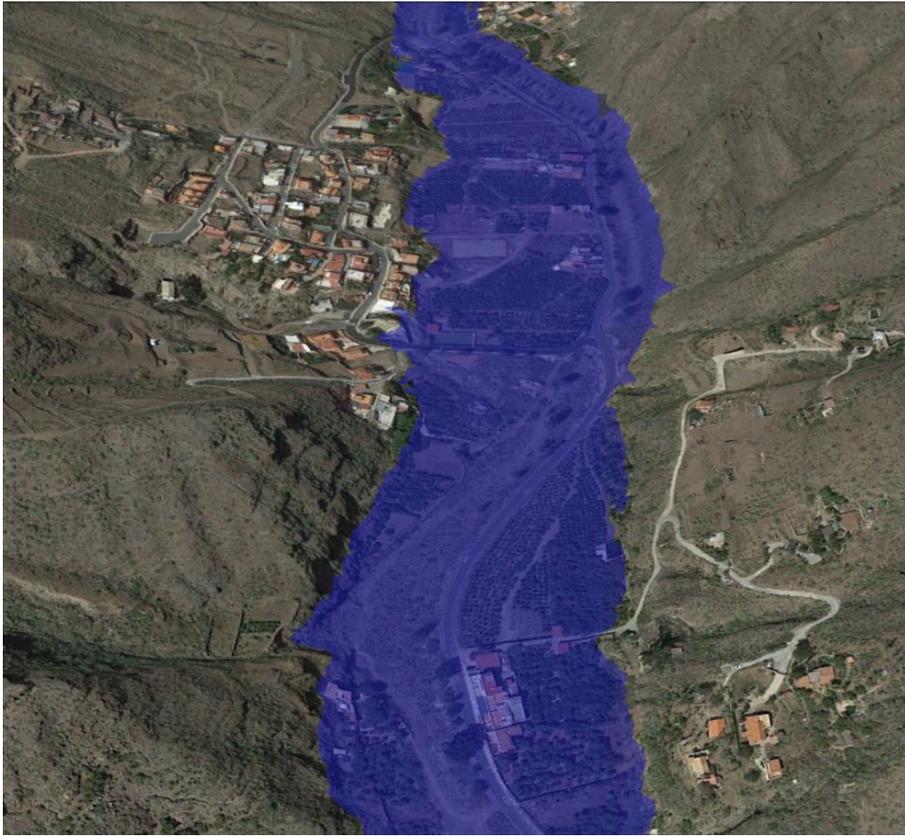


Figura 37. Inundación en El Horno, brecha en 10 minutos y con avenida.



Figura 38. Inundación en Arguineguín, brecha en 10 minutos y con avenida.

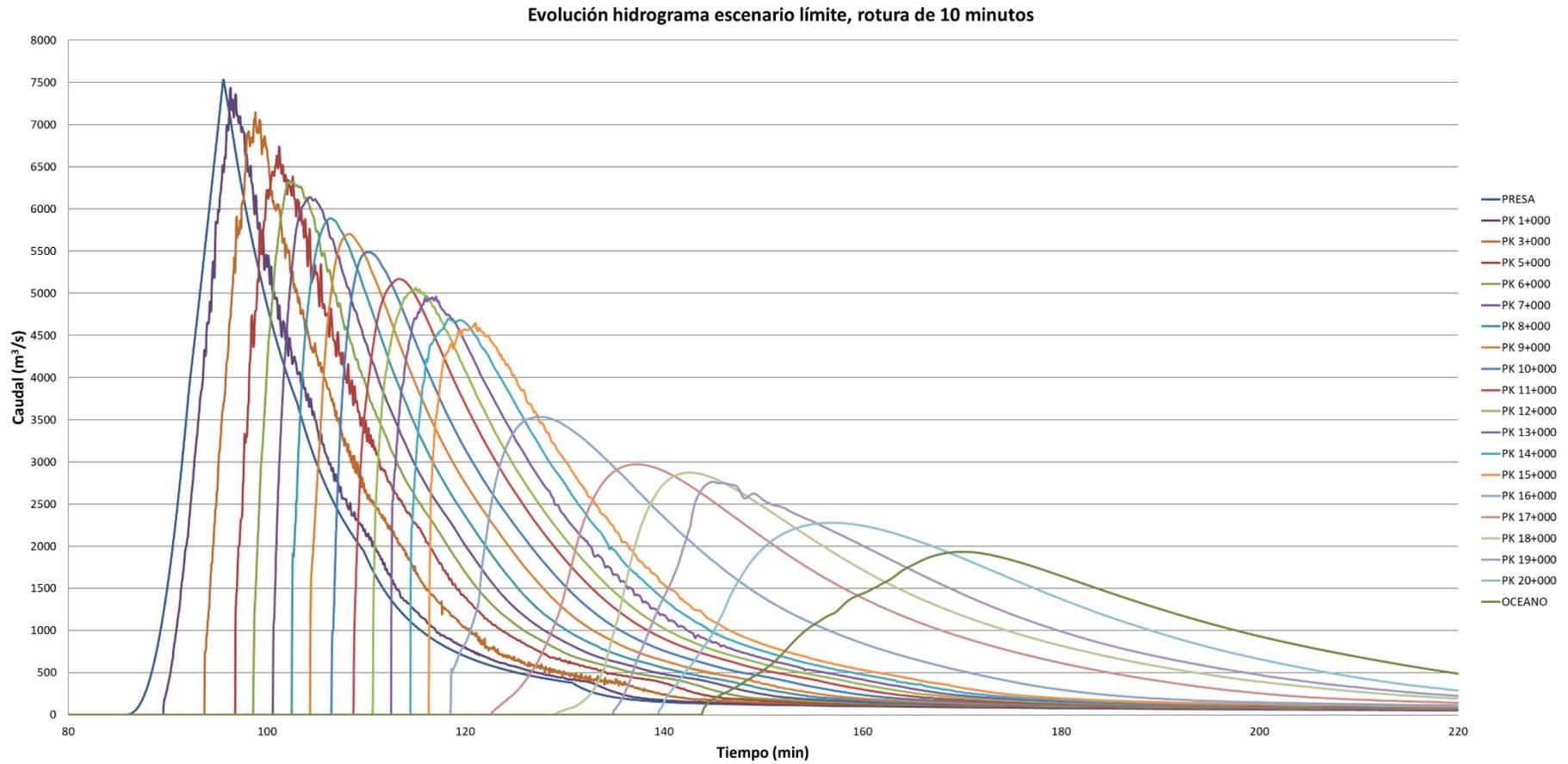


Figura 39. Evolución de hidrogramas a lo largo del cauce, rotura de 10 minutos y avenida.

Para ello se sigue lo establecido en el apartado 3.3 de la Guía, por el que se establece el orden de análisis por tipo de daño, siendo el siguiente:

1. Afecciones a núcleos de población, viviendas y vidas humanas
2. Afecciones a servicios esenciales
3. Daños materiales
4. Daños medioambientales, histórico-artísticos o culturales

Para la clasificación se sigue dicho orden de estudio y en el caso que uno se derive en categoría A, no sería necesario realizar el análisis para los otros grupos de daños. Es decir, si con el análisis del primer grupo la presa se clasifica en A, no es necesario analizar los otros grupos.

En el caso que el grupo analizado no se derive en A, y se derive en una clasificación B o C se seguirá el análisis para el siguiente grupo, y así sucesivamente hasta que un grupo sea A (máxima clasificación) o en caso contrario, que ningún grupo se derive en A, se asignará la categoría mayor de entre los grupos.

La tabla de daños está en el Anejo 1, en este caso para el grupo primero. Al darse una afección grave de más de 5 viviendas, según lo establecido en la Guía, se puede concluir que la presa presenta una categoría A.

La tabla completa con las poblaciones afectadas se encuentra en el Anejo 1.

Se adjunta a continuación una tabla resumen de las poblaciones afectadas:

Núcleos	Viviendas con afección grave	Viviendas con afección no grave	Tiempo llegada de la onda de rotura (h:mm)
Chira	6	0	1:40
Las Filipinas	45	2	1:45
Cercados de Espino	2	3	1:47
El Horno	35	1	1:47
Los Peñones	76	0	1:49
El Sao	37	3	1:54
El Vento	0	5	2:23
Santa Águeda	0	1	2:34
El Pajar	47	12	2:38
Arguineguín	0	93	2:38
Total Viviendas	248	120	

Tabla 9. Viviendas afectadas, rotura 10 minutos con avenida.

8. CONCLUSIONES

Tras realizar el análisis de afecciones se comprueba y reafirma que la presa de Chira se clasifica como categoría A, para todos los escenarios considerados.

Hablando de los resultados, uno de los parámetros fundamentales es el tiempo de formación de la brecha, el cual hace variar tanto el caudal de la avenida, como así la velocidad de avance de esta. Ni que decir tiene que en el presente caso las afecciones a viviendas aumentan debido a la morfología y ubicación de los núcleos y viviendas.

Para realizar este tipo de proyectos es fundamental disponer de información reciente y actualizada de las viviendas y núcleos, servicios, tipologías de suelo, SIOSE... Además de las características de la propia presa estudiada, como son las dimensiones y curva característica del embalse.

En este tipo de trabajos la información es fundamental no modificarla para que el análisis hidráulico se adecue a la realidad, y por tanto al analizar las afecciones estas no se vean alteradas.

El empleo de la guía técnica de clasificación de presas es necesario ya que en ella se detallan todos los pasos, escenarios, criterios y parámetros que se han seguido en el presente proyecto.

Como último punto a analizar, la estrategia seguida en el presente proyecto ha sido calcular un primer escenario con el tiempo de formación de brecha mayor y sin avenida, para comprobar las posibles afecciones que se deriven en dicho escenario y clasificar la presa. Como la presa se derivó en categoría A, se optó en realizar otros escenarios para hacer una comparativa de las afecciones en las viviendas

PARTE II. ANEJOS

Anejo 1.
TABLA DE AFECCIONES

DAÑOS ESCENARIO SIN AVENIDA Y FORMACION DE BRECHA EN 15 MINUTOS

Nombre del pueblo	Punto Kilométrico	Viviendas	Tiempo de llegada (h:mm)	Tipo	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Viviendas afectadas	Viviendas afección grave	Viviendas afección no grave
Chira	04+150	1	0:20	Aislada	5.3	12.5	1	1	
Chira	04+200	1	0:20	Aislada	1.6	6.1	1	1	
Chira	04+350	1	0:20	Aislada	8.7	12.4	1	1	
Chira	04+350	1	0:20	Aislada	7.9	8.6	1	1	
Las Filipinas	04+790	2	0:20	Aislada	3.0	6.0	1	1	
Chira	04+820	1	0:20	Aislada	7.0	5.0	1	1	
Las Filipinas	04+900	1	0:20	Aislada	4.2	12.9	1	1	
Las Filipinas	04+900	1	0:20	Aislada	3.8	1.0	1	1	
Las Filipinas	05+000	1	0:20	Núcleo	3.8	5.7	1	1	
Las Filipinas	05+000	7	0:20	Núcleo	5.1	5.7	6	6	
Las Filipinas	05+100	1	0:21	Núcleo	5.6	4.8	1	1	
Las Filipinas	05+600	34	0:21	Núcleo	5.0	6.3	11	11	
Las Filipinas	05+700	1	0:21	Aislada	6.6	12.3	1	1	
Las Filipinas	05+750	2	0:21	Aislada	5.2	8.9	2	2	
Las Filipinas	05+800	1	0:21	Núcleo	6.7	3.4	1	1	
Las Filipinas	06+200	32	0:21	Núcleo	5.0	5.0	5	5	
Las Filipinas	06+600	1	0:22	Aislada	6.1	4.8	1	1	
Las Filipinas	06+650	5	0:22	Núcleo	3.2	7.3	2	2	
Las Filipinas	06+900	5	0:22	Núcleo	3.6	5.7	5	5	
Cercados de Espino	07+250	4	0:23	Núcleo	2.7	2.7	2	2	

Nombre del pueblo	Punto Kilométrico	Viviendas	Tiempo de llegada (h:mm)	Tipo	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Viviendas afectadas	Viviendas afección grave	Viviendas afección no grave
Las Filipinas	07+500	1	0:23	Núcleo	1.7	3.3	1		1
Las Filipinas	07+500	1	0:29	Núcleo	2.6	3.6	1	1	
Las Filipinas	07+700	8	0:23	Núcleo	6.3	6.1	2	2	
Las Filipinas	07+900	1	0:24	Núcleo	5.1	5.7	1	1	
Cercados de Espino	08+000	173	0:24	Núcleo	0.5	0.6	2		2
El Horno	08+200	3	0:24	Núcleo	5.0	5.5	3	3	
El Horno	08+300	1	0:25	Núcleo	4.2	6.4	1	1	
El Horno	08+300	1	0:26	Núcleo	0.3	1.5	1		1
El Horno	08+300	1	0:26	Núcleo	2.1	3.9	1	1	
El Horno	08+500	5	0:26	Núcleo	3.7	6.0	5	5	
El Horno	08+500	1	0:26	Núcleo	2.2	4.3	1	1	
El Horno	08+600	1	0:26	Núcleo	3.6	8.5	1	1	
El Horno	08+600	3	0:26	Núcleo	5.0	7.0	3	3	
El Horno	08+700	95	0:26	Núcleo	4.2	3.5	19	19	
Los Peñones	09+200	3	0:27	Aislada	2.7	3.6	3	3	
Los Peñones	09+300	1	0:27	Núcleo	3.4	2.4	1	1	
Los Peñones	09+400	6	0:27	Aislada	5.9	4.6	6	6	
Los Peñones	09+500	2	0:27	Aislada	2.6	3.3	2	2	
Los Peñones	09+500	4	0:27	Aislada	3.6	2.3	1	1	
Los Peñones	09+500	21	0:27	Núcleo	4.7	6.0	16	16	
Los Peñones	09+700	21	0:28	Núcleo	5.7	7.8	21	21	
Los Peñones	09+800	2	0:28	Núcleo	3.1	3.3	2	2	

Nombre del pueblo	Punto Kilométrico	Viviendas	Tiempo de llegada (h:mm)	Tipo	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Viviendas afectadas	Viviendas afección grave	Viviendas afección no grave
Los Peñones	09+800	4	0:28	Núcleo	4.6	7.8	4	4	
Los Peñones	09+800	4	0:28	Núcleo	5.0	9.3	4	4	
Los Peñones	09+900	9	0:28	Núcleo	2.8	3.1	3	3	
Los Peñones	10+000	9	0:28	Núcleo	6.8	7.2	9	9	
Los Peñones	10+260	1	0:29	aislada	5.4	5.3	1	1	
Los Peñones	10+300	2	0:29	Núcleo	7.6	4.5	1	1	
El Sao	10+300	1	0:30	Aislada	3.9	5.1	1	1	
El Sao	10+500	9	0:30	Núcleo	5.7	6.0	9	9	
El Sao	10+500	10	0:30	Aislada	5.2	3.5	10	10	
El Sao	10+600	1	0:30	Aislada	0.1	2.1	1	1	
El Sao	10+600	1	0:30	Aislada	0.9	0.8	1		1
El Sao	10+700	1	0:30	Aislada	3.9	4.3	1	1	
El Sao	10+800	1	0:31	Núcleo	7.8	9.7	1	1	
El Sao	11+300	3	0:32	Núcleo	2.1	10.3	3	3	
El Sao	11+400	3	0:32	Núcleo	0.8	5.4	3		3
El Sao	11+450	1	0:33	Aislada	0.3	1.6	1	1	
El Sao	11+500	1	0:33	Núcleo	2.8	0.8	1	1	
El Sao	11+500	3	0:33	Núcleo	2.1	4.5	3	3	
El Sao	11+700	1	0:33	Núcleo	2.9	8.7	1	1	
El Sao	11+700	1	0:33	Núcleo	1.9	4.8	1	1	
El Sao	13+500	1	0:33	Núcleo	3.6	8.6	1	1	
El Sao	15+300	2	0:33	Aislada	6.6	2.1	2	2	
El Vento	18+300	1	0:33	Núcleo	0.3	1.2	1		1

Nombre del pueblo	Punto Kilométrico	Viviendas	Tiempo de llegada (h:mm)	Tipo	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Viviendas afectadas	Viviendas afección grave	Viviendas afección no grave
El Vento	18+800	1	0:43	Núcleo	1.2	2.1	1		1
El Vento	19+200	1	0:57	Núcleo	0.6	0.2	1		1
El Vento	19+200	1	0:59	Núcleo	1.4	0.2	1		1
El Vento	19+300	1	1:04	Núcleo	1.5	0.2	1		1
Santa Águeda	19+700	1	1:16	Núcleo	1.1	0.6	1		1
El Pajar	20+700	1	1:16	Núcleo	0.3	0.2	1		1
El Pajar	20+700	1	1:30	Núcleo	1.0	0.5	2		1
Arguineguín	20+700	87	1:30	Núcleo	0.6	0.5	87		87
El Pajar	20+700	2	1:30	Núcleo	0.4	0.4	2		2
El Pajar	20+700	2	1:30	Núcleo	0.4	0.3	2		2
El Pajar	20+700	5	1:30	Núcleo	0.7	0.7	3		3
El Pajar	20+700	1	1:30	Núcleo	1.8	0.9	1		1
El Pajar	20+700	1	1:30	Núcleo	0.6	0.7	1		1
El Pajar	20+700	1	1:30	Núcleo	0.8	0.7	1		1
							Total viviendas	194	113

DAÑOS ESCENARIO SIN AVENIDA Y FORMACION DE BRECHA EN 10 MINUTOS

Nombre del pueblo	Punto Kilométrico	Viviendas	Tiempo de llegada (h:mm)	Tipo	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Viviendas afectadas	Viviendas afección grave	Viviendas afección no grave
Chira	04+150	1	0:15	Aislada	6.5	13.9	1	1	
Chira	04+170	1	0:15	Aislada	0.4	3.8	1	1	
Chira	04+200	1	0:15	Aislada	1.8	7.4	1	1	
Chira	04+350	1	0:15	Aislada	9.6	12.8	1	1	
Chira	04+350	1	0:15	Aislada	8.5	9.2	1	1	
Las Filipinas	04+790	2	0:15	Aislada	3.3	6.6	2	2	
Chira	04+820	1	0:15	Aislada	7.5	6.0	1	1	
Las Filipinas	04+900	1	0:15	Aislada	4.6	13.5	1	1	
Las Filipinas	05+000	1	0:15	Núcleo	4.1	5.8	1	1	
Las Filipinas	05+000	7	0:15	Núcleo	5.6	6.0	7	7	
Las Filipinas	05+100	1	0:16	Núcleo	6.1	5.2	1	1	
Las Filipinas	05+600	34	0:16	Núcleo	5.4	6.5	10	10	
Las Filipinas	05+700	1	0:16	Aislada	7.1	13.0	1	1	
Las Filipinas	05+750	2	0:16	Aislada	5.6	9.6	2	2	
Las Filipinas	05+800	1	0:16	Núcleo	7.1	4.5	1	1	
Las Filipinas	05+800	1	0:16	Aislada	4.3	1.2	1	1	
Las Filipinas	06+200	32	0:17	Núcleo	5.2	5.2	5	5	
Las Filipinas	06+600	1	0:17	Aislada	6.4	5.0	1	1	
Las Filipinas	06+650	5	0:18	Núcleo	3.7	7.5	2	2	
Las Filipinas	06+900	5	0:18	Núcleo	3.8	5.9	5	5	
Cercados de	07+250	4	0:24	Núcleo	2.9	2.9	2	2	

Nombre del pueblo	Punto Kilométrico	Viviendas	Tiempo de llegada (h:mm)	Tipo	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Viviendas afectadas	Viviendas afección grave	Viviendas afección no grave
Espino									
Las Filipinas	07+500	1	0:18	Núcleo	1.7	3.1	1		1
Las Filipinas	07+500	1	0:19	Núcleo	2.9	3.6	1	1	
Las Filipinas	07+700	8	0:19	Núcleo	6.5	6.9	2	2	
Las Filipinas	07+900	1	0:19	Núcleo	5.3	5.9	1	1	
Cercados de Espino	08+000	173	0:20	Núcleo	0.6	0.6	3		3
El Horno	08+200	3	0:21	Núcleo	5.2	6.0	3	3	
El Horno	08+300	1	0:21	Núcleo	4.4	6.8	1	1	
El Horno	08+300	1	0:21	Núcleo	0.3	1.6	1		1
El Horno	08+300	1	0:21	Núcleo	2.2	4.2	1	1	
El Horno	08+500	5	0:21	Núcleo	3.9	6.3	5	5	
El Horno	08+500	1	0:21	Núcleo	2.3	4.6	1	1	
El Horno	08+600	1	0:21	Núcleo	3.8	8.9	1	1	
El Horno	08+600	3	0:22	Núcleo	5.2	7.6	3	3	
El Horno	08+700	95	0:22	Núcleo	4.3	3.9	20	20	
Los Peñones	09+200	3	0:22	Aislada	2.9	3.9	3	3	
Los Peñones	09+300	1	0:22	Núcleo	3.1	3.0	1	1	
Los Peñones	09+400	6	0:22	Aislada	6.1	5.1	6	6	
Los Peñones	09+500	2	0:22	Aislada	2.8	3.8	2	2	
Los Peñones	09+500	4	0:23	Aislada	3.8	2.6	1	1	
Los Peñones	09+500	21	0:23	Núcleo	4.8	6.1	17	17	
Los Peñones	09+700	21	0:23	Núcleo	5.9	8.0	21	21	

Nombre del pueblo	Punto Kilométrico	Viviendas	Tiempo de llegada (h:mm)	Tipo	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Viviendas afectadas	Viviendas afección grave	Viviendas afección no grave
Los Peñones	09+800	2	0:23	Núcleo	3.2	3.5	2	2	
Los Peñones	09+800	4	0:23	Núcleo	4.7	8.0	4	4	
Los Peñones	09+800	4	0:23	Núcleo	5.0	9.6	4	4	
Los Peñones	09+900	9	0:23	Núcleo	2.8	3.1	4	4	
Los Peñones	10+000	9	0:24	Núcleo	7.0	7.4	9	9	
Los Peñones	10+260	1	0:25	Aislada	5.6	5.5	1	1	
Los Peñones	10+300	2	0:25	Núcleo	7.8	4.9	1	1	
El Sao	10+300	1	0:25	Aislada	4.1	5.3	1	1	
El Sao	10+500	32	0:25	Núcleo	5.9	6.2	9	9	
El Sao	10+500	12	0:25	Aislada	5.4	3.7	10	10	
El Sao	10+550	1	0:25	Aislada	0.9	0.8	1		1
El Sao	10+600	1	0:26	Aislada	0.2	2.2	1	1	
El Sao	10+700	1	0:27	Aislada	4.1	4.5	1	1	
El Sao	10+800	1	0:27	Núcleo	8.0	10.0	1	1	
El Sao	11+300	3	0:28	Núcleo	2.2	10.5	3	3	
El Sao	11+400	3	0:28	Núcleo	0.9	5.5	3		3
El Sao	11+450	1	0:28	Aislada	0.4	1.7	1	1	
El Sao	11+500	1	0:28	Núcleo	2.9	0.8	1	1	
El Sao	11+500	3	0:28	Núcleo	2.2	4.7	3	3	
El Sao	11+700	1	0:28	Núcleo	2.9	8.8	1	1	
El Sao	11+700	1	0:28	Núcleo	2.0	4.9	1	1	
El Sao	13+500	1	0:28	Núcleo	3.7	8.7	1	1	
El Sao	15+300	2	0:38	Aislada	6.7	2.2	2	2	

Nombre del pueblo	Punto Kilométrico	Viviendas	Tiempo de llegada (h:mm)	Tipo	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Viviendas afectadas	Viviendas afección grave	Viviendas afección no grave
El Vento	16+900	4	0:52	Núcleo	0.7	0.2	1		1
El Vento	18+300	13	0:54	Núcleo	0.3	1.2	1		1
El Vento	18+800	1	0:59	Núcleo	1.2	2.1	1		1
El Vento	19+200	1	1:11	Núcleo	1.4	0.2	1		1
El Vento	19+300	1	1:11	Núcleo	1.5	0.2	1		1
Santa Águeda	19+700	24	1:25	Núcleo	1.1	0.6	1		1
El Pajar	20+700	6	1:25	Núcleo	1.0	0.5	2		2
Arguineguín	20+700	497	1:25	Núcleo	0.6	0.5	93		93
El Pajar	20+700	2	1:25	Núcleo	0.4	0.4	2		2
El Pajar	20+700	2	1:25	Núcleo	0.4	0.3	2		2
El Pajar	20+700	5	1:25	Núcleo	0.7	0.7	3		3
El Pajar	20+700	1	1:25	Núcleo	1.8	0.9	1	1	
El Pajar	20+700	1	1:25	Núcleo	0.6	0.7	1		1
El Pajar	20+700	1	1:25	Núcleo	0.8	0.7	1		1
El Pajar	20+800	52	1:25	Núcleo	3.8	1.6	46	46	
							Total viviendas	246	119

DAÑOS ESCENARIO CON AVENIDA Y FORMACION DE BRECHA EN 15 MINUTOS

Nombre del pueblo	Punto Kilométrico	Viviendas	Tiempo de llegada (h:mm)	Tipo	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Viviendas afectadas	Viviendas afección grave	Viviendas afección no grave
Chira	04+150	1	1:45	Aislada	5.9	12.5	1	1	
Chira	04+200	1	1:45	Aislada	1.7	6.8	1	1	
Chira	04+350	1	1:45	Aislada	9.5	13.3	1	1	
Chira	04+350	1	1:45	Aislada	8.6	9.3	1	1	
Las Filipinas	04+790	2	1:45	Aislada	3.4	6.9	2	2	
Chira	04+820	1	1:46	Aislada	7.5	5.8	1	1	
Las Filipinas	04+900	1	1:46	Aislada	4.8	13.7	1	1	
Las Filipinas	05+000	1	1:46	Núcleo	4.3	6.3	1	1	
Las Filipinas	05+000	7	1:46	Núcleo	5.7	6.0	6	6	
Las Filipinas	05+100	1	1:46	Núcleo	6.2	5.1	1	1	
Las Filipinas	05+600	34	1:46	Núcleo	5.5	6.6	11	11	
Las Filipinas	05+700	1	1:47	Aislada	7.3	13.2	1	1	
Las Filipinas	05+750	2	1:47	Aislada	5.8	9.8	2	2	
Las Filipinas	05+800	1	1:48	Núcleo	7.3	4.5	1	1	
Las Filipinas	05+800	1	1:48	Aislada	4.4	1.4	1	1	
Las Filipinas	06+200	32	1:48	Núcleo	5.3	5.2	5	4	
Las Filipinas	06+600	1	1:48	Aislada	0.3	0.2	1		1
Las Filipinas	06+600	1	1:48	Aislada	6.6	5.1	1	1	
Las Filipinas	06+650	5	1:48	Núcleo	3.8	7.6	2	2	
Las Filipinas	06+900	5	1:48	Núcleo	4.0	6.1	5	4	
Cercados de	07+250	4	1:49	Núcleo	3.0	2.9	2	2	

Nombre del pueblo	Punto Kilométrico	Viviendas	Tiempo de llegada (h:mm)	Tipo	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Viviendas afectadas	Viviendas afección grave	Viviendas afección no grave
Espino									
Las Filipinas	07+500	1	1:49	Núcleo	1.7	3.0	1		1
Las Filipinas	07+500	1	1:50	Núcleo	3.1	3.9	1	1	
Las Filipinas	07+700	8	1:50	Núcleo	6.7	7.0	2	2	
Las Filipinas	07+900	1	1:50	Núcleo	5.4	5.8	1	1	
Cercados de Espino	08+000	173	1:51	Núcleo	0.6	0.7	3		3
El Horno	08+200	3	1:51	Núcleo	5.5	6.1	3	2	
El Horno	08+300	1	1:51	Núcleo	4.5	7.1	1	1	
El Horno	08+300	1	1:51	Núcleo	0.4	1.6	1		1
El Horno	08+300	1	1:51	Núcleo	2.4	4.4	1	1	
El Horno	08+500	5	1:51	Núcleo	4.0	6.4	5	4	
El Horno	08+500	1	1:52	Núcleo	2.5	4.9	1	1	
El Horno	08+600	1	1:52	Núcleo	3.9	9.3	1	1	
El Horno	08+600	3	1:52	Núcleo	5.4	7.7	3	3	
El Horno	08+700	95	1:52	Núcleo	4.5	4.0	20	15	
Los Peñones	09+200	3	1:52	Aislada	3.0	4.0	3	3	
Los Peñones	09+300	1	1:53	Núcleo	3.3	3.7	1	1	
Los Peñones	09+400	6	1:53	Aislada	6.3	5.3	6	5	
Los Peñones	09+500	2	1:53	Aislada	3.0	4.0	2	2	
Los Peñones	09+500	4	1:54	Aislada	3.8	2.7	1	1	
Los Peñones	09+500	21	1:54	Núcleo	4.8	6.1	17	16	
Los Peñones	09+700	21	1:54	Núcleo	6.0	8.2	21	20	

Nombre del pueblo	Punto Kilométrico	Viviendas	Tiempo de llegada (h:mm)	Tipo	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Viviendas afectadas	Viviendas afección grave	Viviendas afección no grave
Los Peñones	09+800	2	1:54	Núcleo	3.4	3.7	2	2	
Los Peñones	09+800	4	1:54	Núcleo	4.9	8.2	4	4	
Los Peñones	09+800	4	1:54	Núcleo	5.2	9.8	4	4	
Los Peñones	09+900	9	1:54	Núcleo	2.9	3.1	4	4	
Los Peñones	10+000	9	1:54	Núcleo	7.2	7.6	9	8	
Los Peñones	10+260	1	1:56	Aislada	5.9	5.6	1	1	
Los Peñones	10+300	2	1:56	Núcleo	8.0	5.0	1	1	
El Sao	10+300	1	1:56	Aislada	4.3	5.4	1	1	
El Sao	10+500	32	1:56	Núcleo	6.0	6.2	9	8	
El Sao	10+500	12	1:57	Aislada	5.6	3.8	10	9	
El Sao	10+600	1	1:57	Aislada	0.2	2.4	1	1	
El Sao	10+700	1	1:57	Aislada	4.5	4.7	1	1	
El Sao	10+800	1	1:57	Núcleo	8.4	10.2	1	1	
El Sao	11+300	3	1:57	Núcleo	2.4	10.8	3	3	
El Sao	11+400	3	1:57	Núcleo	1.0	5.6	3		3
El Sao	11+450	1	1:58	Aislada	0.5	1.8	1	1	
El Sao	11+500	1	1:58	Núcleo	3.2	0.9	1	1	
El Sao	11+500	3	1:58	Núcleo	2.4	4.9	3	3	
El Sao	11+700	1	1:59	Núcleo	3.1	8.9	1	1	
El Sao	11+700	1	1:59	Núcleo	2.2	4.9	1	1	
El Sao	13+500	1	1:59	Núcleo	3.9	9.0	1	1	
El Sao	13+500	1	2:00	Núcleo	0.4	1.0	1		1
El Sao	15+300	2	2:01	Aislada	7.0	2.2	2	2	

Nombre del pueblo	Punto Kilométrico	Viviendas	Tiempo de llegada (h:mm)	Tipo	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Viviendas afectadas	Viviendas afección grave	Viviendas afección no grave
El Vento	18+300	13	2:08	Núcleo	0.3	1.2	1		1
El Vento	18+800	1	2:22	Núcleo	1.4	2.2	1		1
El Vento	19+200	1	2:25	Núcleo	1.5	0.2	1		1
El Vento	19+300	1	2:29	Núcleo	1.8	0.2	1		1
Santa Águeda	19+700	24	2:31	Núcleo	1.2	0.7	1		1
El Pajar	20+700	1	2:35	Núcleo	0.4	0.2	1		1
El Pajar	20+700	6	2:43	Núcleo	1.1	0.5	2		2
Arguineguín	20+700	497	2:43	Núcleo	0.6	0.5	83		83
El Pajar	20+700	2	2:43	Núcleo	0.5	0.4	2		2
El Pajar	20+700	2	2:43	Núcleo	0.5	0.4	2		2
El Pajar	20+700	5	2:43	Núcleo	0.7	0.7	3		3
El Pajar	20+700	1	2:43	Núcleo	1.9	0.9	1	1	
El Pajar	20+700	1	2:43	Núcleo	0.7	0.8	1		1
El Pajar	20+700	1	2:43	Núcleo	0.9	0.7	1		1
El Pajar	20+800	52	2:43	Núcleo	3.9	1.6	46	46	
							Total viviendas	230	110

DAÑOS ESCENARIO CON AVENIDA Y FORMACION DE BRECHA EN 10 MINUTOS

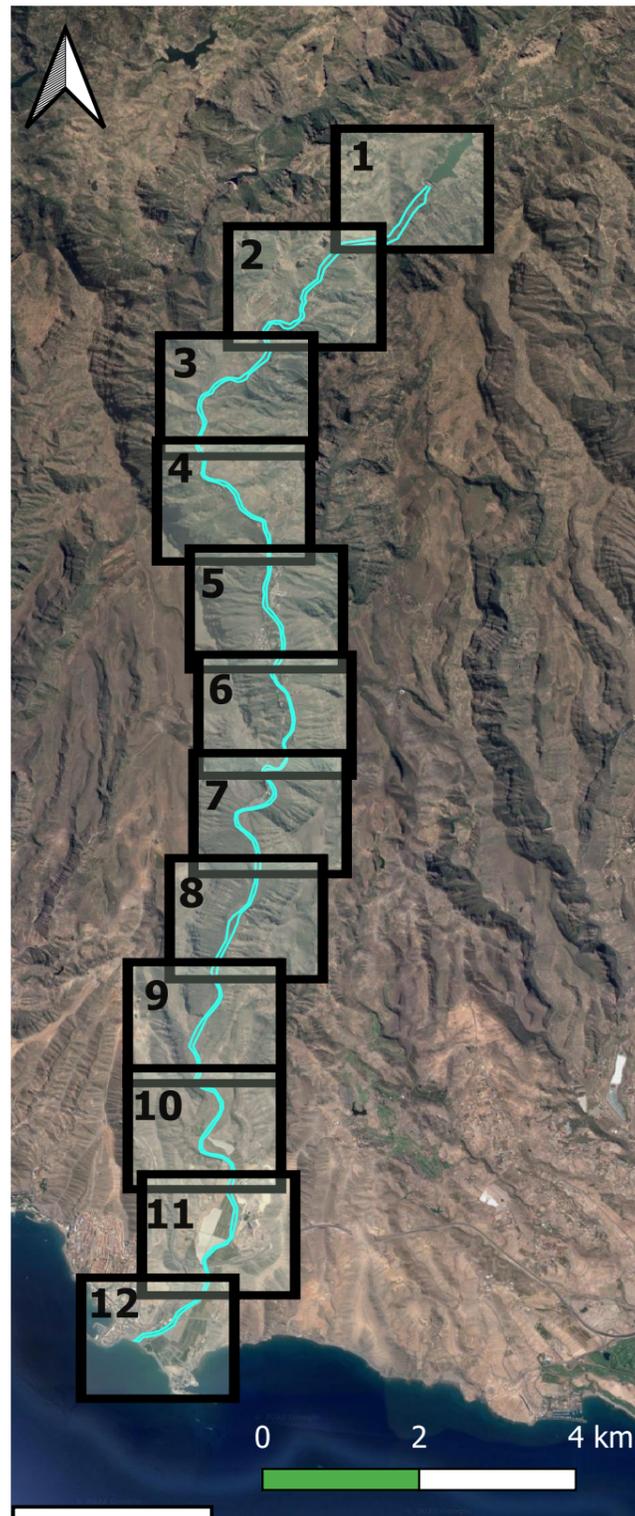
Nombre del pueblo	Punto Kilométrico	Viviendas	Tiempo de llegada (h:mm)	Tipo	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Viviendas afectadas	Viviendas afección grave	Viviendas afección no grave
Chira	04+150	1	1:40	Aislada	5.9	12.5	1	1	
Chira	04+170	1	1:40	Aislada	0.2	3.7	1	1	
Chira	04+200	1	1:40	Aislada	1.7	6.8	1	1	
Chira	04+350	1	1:40	Aislada	9.5	13.3	1	1	
Chira	04+350	1	1:40	Aislada	8.6	9.3	1	1	
Las Filipinas	04+790	2	1:41	Aislada	3.4	6.9	2	2	
Chira	04+820	1	1:41	Aislada	7.5	5.8	1	1	
Las Filipinas	04+900	1	1:41	Aislada	4.8	13.7	1	1	
Las Filipinas	05+000	1	1:41	Núcleo	4.3	6.3	1	1	
Las Filipinas	05+000	7	1:41	Núcleo	5.7	6.0	7	7	
Las Filipinas	05+100	1	1:41	Núcleo	6.2	5.1	1	1	
Las Filipinas	05+600	34	1:42	Núcleo	5.5	6.6	11	11	
Las Filipinas	05+700	1	1:42	Aislada	7.3	13.2	1	1	
Las Filipinas	05+750	2	1:43	Aislada	5.8	9.8	2	2	
Las Filipinas	05+800	1	1:43	Núcleo	7.3	4.5	1	1	
Las Filipinas	05+800	1	1:43	Aislada	4.4	1.4	1	1	
Las Filipinas	06+200	32	1:43	Núcleo	5.3	5.2	5	5	
Las Filipinas	06+600	1	1:43	Aislada	0.3	0.2	1		1
Las Filipinas	06+600	1	1:43	Aislada	6.6	5.1	1	1	
Las Filipinas	06+650	5	1:43	Núcleo	3.8	7.6	2	2	
Las Filipinas	06+900	5	1:44	Núcleo	4.0	6.1	5	5	

Nombre del pueblo	Punto Kilométrico	Viviendas	Tiempo de llegada (h:mm)	Tipo	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Viviendas afectadas	Viviendas afección grave	Viviendas afección no grave
Cercados de Espino	07+250	4	1:44	Núcleo	3.0	2.9	2	2	
Las Filipinas	07+500	1	1:45	Núcleo	1.7	3.0	1		1
Las Filipinas	07+500	1	1:45	Núcleo	3.1	3.9	1	1	
Las Filipinas	07+700	8	1:45	Núcleo	6.7	7.0	2	2	
Las Filipinas	07+900	1	1:46	Núcleo	5.4	5.8	1	1	
Cercados de Espino	08+000	173	1:46	Núcleo	0.6	0.7	3		3
El Horno	08+200	3	1:46	Núcleo	5.5	6.1	3	3	
El Horno	08+300	1	1:46	Núcleo	4.5	7.1	1	1	
El Horno	08+300	1	1:46	Núcleo	0.4	1.6			1
El Horno	08+300	1	1:46	Núcleo	2.4	4.4	1	1	
El Horno	08+500	5	1:47	Núcleo	4.0	6.4	5	5	
El Horno	08+500	1	1:47	Núcleo	2.5	4.9	1	1	
El Horno	08+600	1	1:47	Núcleo	3.9	9.3	1	1	
El Horno	08+600	3	1:47	Núcleo	5.4	7.7	3	3	
El Horno	08+700	95	1:47	Núcleo	4.5	4.0	20	20	
Los Peñones	09+200	3	1:48	Aislada	3.0	4.0	3	3	
Los Peñones	09+300	1	1:48	Núcleo	3.3	3.7	1	1	
Los Peñones	09+400	6	1:48	Aislada	6.3	5.3	6	6	
Los Peñones	09+500	2	1:49	Aislada	3.0	4.0	2	2	
Los Peñones	09+500	4	1:49	Aislada	3.8	2.7	1	1	
Los Peñones	09+500	21	1:49	Núcleo	4.8	6.1	17	17	
Los Peñones	09+700	21	1:49	Núcleo	6.0	8.2	21	21	

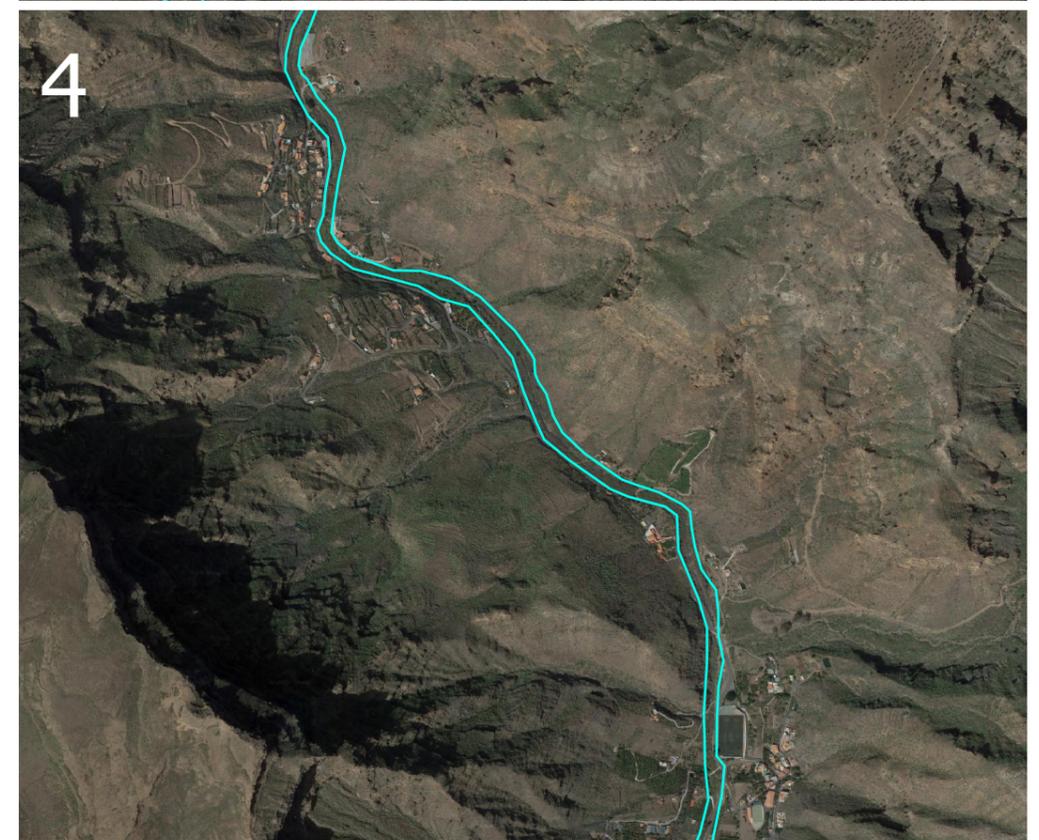
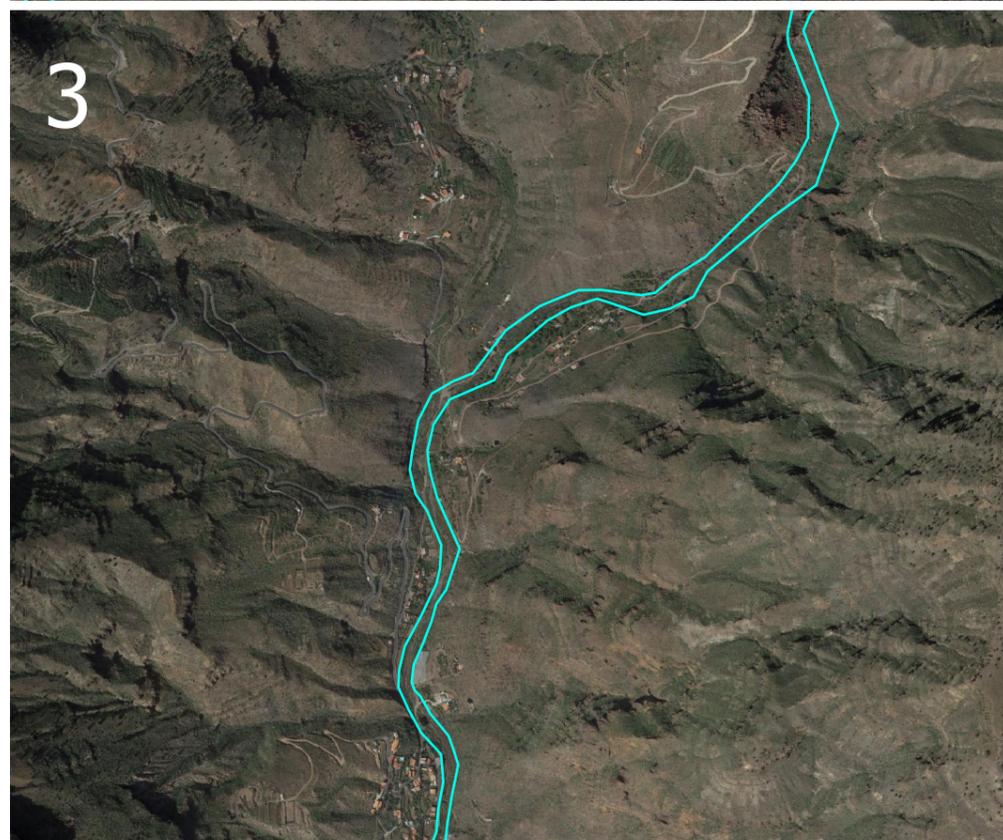
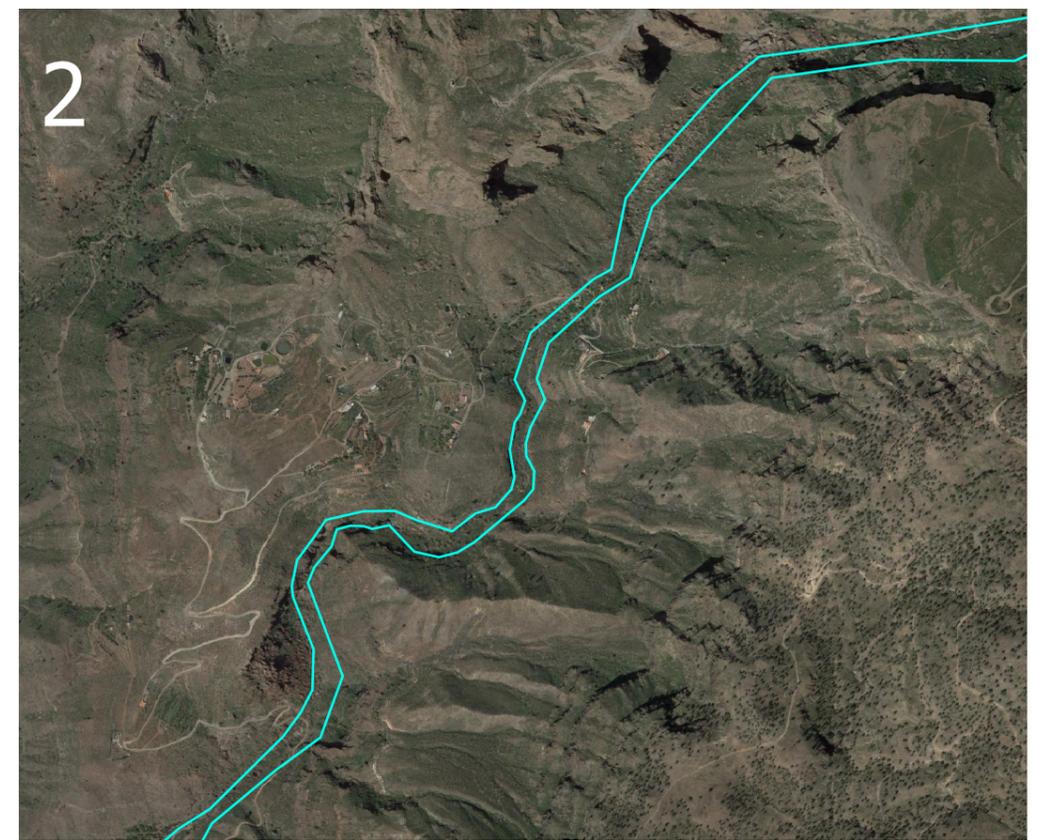
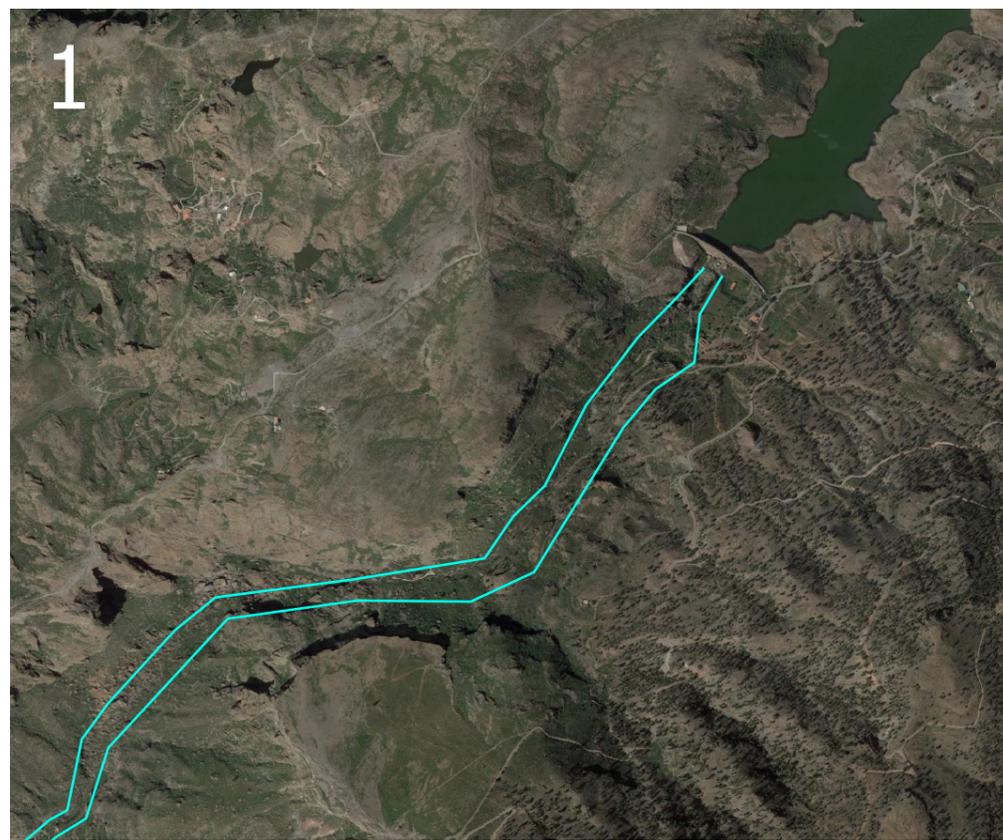
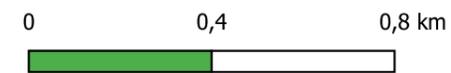
Nombre del pueblo	Punto Kilométrico	Viviendas	Tiempo de llegada (h:mm)	Tipo	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Viviendas afectadas	Viviendas afección grave	Viviendas afección no grave
Los Peñones	09+800	2	1:49	Núcleo	3.4	3.7	2	2	
Los Peñones	09+800	4	1:49	Núcleo	4.9	8.2	4	4	
Los Peñones	09+800	4	1:49	Núcleo	5.2	9.8	4	4	
Los Peñones	09+900	9	1:49	Núcleo	2.9	3.1	4	4	
Los Peñones	10+000	9	1:50	Núcleo	7.2	7.6	9	9	
Los Peñones	10+260	1	1:51	Aislada	5.9	5.6	1	1	
Los Peñones	10+300	2	1:51	Núcleo	8.0	5.0	1	1	
El Sao	10+300	1	1:51	Aislada	4.3	5.4	1	1	
El Sao	10+500	32	1:52	Núcleo	6.0	6.2	9	9	
El Sao	10+500	12	1:52	Aislada	5.6	3.8	10	10	
El Sao	10+550	1	1:52	Aislada	1.3	0.9	1	1	
El Sao	10+600	1	1:52	Aislada	0.2	2.4	1	1	
El Sao	10+700	1	1:52	Aislada	4.5	4.7	1	1	
El Sao	10+800	1	1:52	Núcleo	8.4	10.2	1	1	
El Sao	11+300	3	1:53	Núcleo	2.4	10.8	3	3	
El Sao	11+400	3	1:53	Núcleo	1.0	5.6	3		3
El Sao	11+450	1	1:53	Aislada	0.5	1.8	1	1	
El Sao	11+500	1	1:54	Núcleo	3.2	0.9	1	1	
El Sao	11+500	3	1:54	Núcleo	2.4	4.9	3	3	
El Sao	11+700	1	1:54	Núcleo	3.1	8.9	1	1	
El Sao	11+700	1	1:55	Núcleo	2.2	4.9	1	1	
El Sao	13+500	1	1:56	Núcleo	3.9	9.0	1	1	
El Sao	15+300	2	2:03	Aislada	7.0	2.2	2	2	

Nombre del pueblo	Punto Kilométrico	Viviendas	Tiempo de llegada (h:mm)	Tipo	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Viviendas afectadas	Viviendas afección grave	Viviendas afección no grave
El Vento	16+900	4	2:17	Núcleo	0.8	0.2	1		1
El Vento	18+300	13	2:20	Núcleo	0.3	1.2	1		1
El Vento	18+800	1	2:24	Núcleo	1.4	2.2	1		1
El Vento	19+200	1	2:26	Núcleo	1.5	0.2	1		1
El Vento	19+300	1	2:30	Núcleo	1.8	0.2	1		1
Santa Águeda	19+700	24	2:34	Núcleo	1.2	0.7	1		1
El Pajar	20+700	1	2:38	Núcleo	0.4	0.2	1		1
El Pajar	20+700	6	2:38	Núcleo	1.1	0.5	2		2
Arguineguín	20+700	497	2:38	Núcleo	0.6	0.5	93		93
El Pajar	20+700	2	2:38	Núcleo	0.5	0.4	2		2
El Pajar	20+700	2	2:38	Núcleo	0.5	0.4	2		2
El Pajar	20+700	5	2:38	Núcleo	0.7	0.7	3		3
El Pajar	20+700	1	2:38	Núcleo	1.9	0.9	1	1	
El Pajar	20+700	1	2:38	Núcleo	0.7	0.8	1		1
El Pajar	20+700	1	2:38	Núcleo	0.9	0.7	1		1
El Pajar	20+800	52	2:38	Núcleo	3.9	1.6	46	46	
							Total viviendas	248	120

Anejo 2. MAPAS DE ELEMENTOS EXPUESTOS E INUNDACIÓN



LEYENDA
 — Cauce



Firmado:
 Aitor Pérez Poveda

Fecha:
 Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
 LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

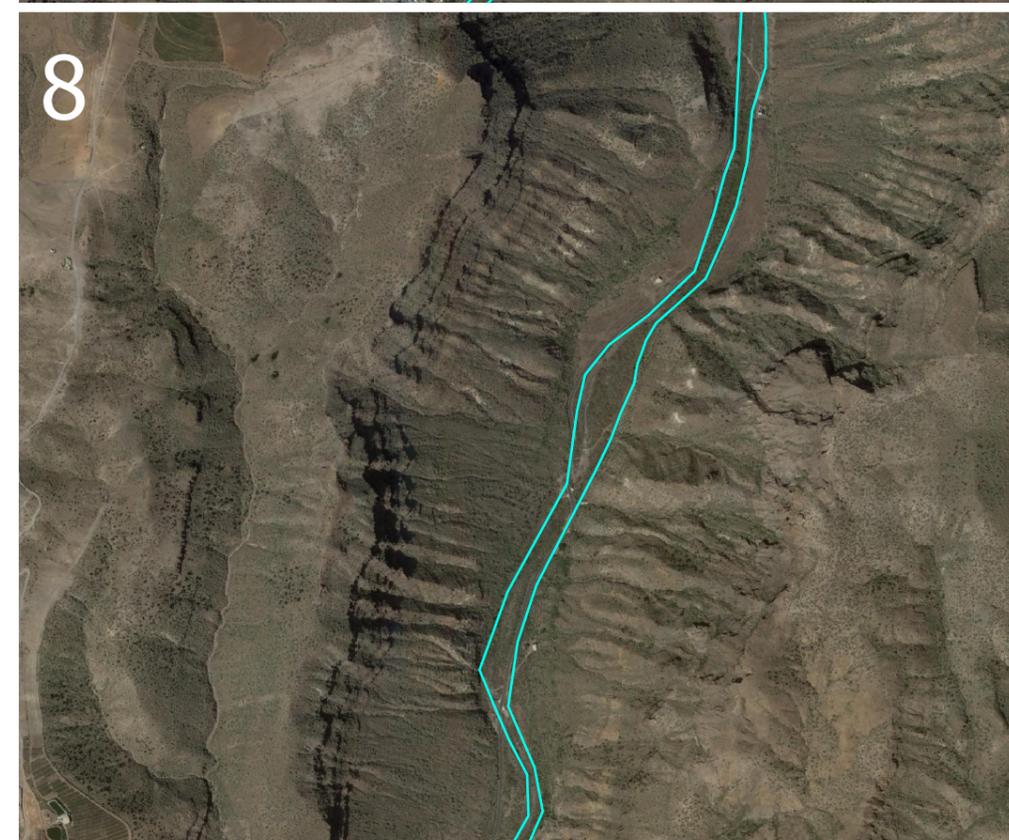
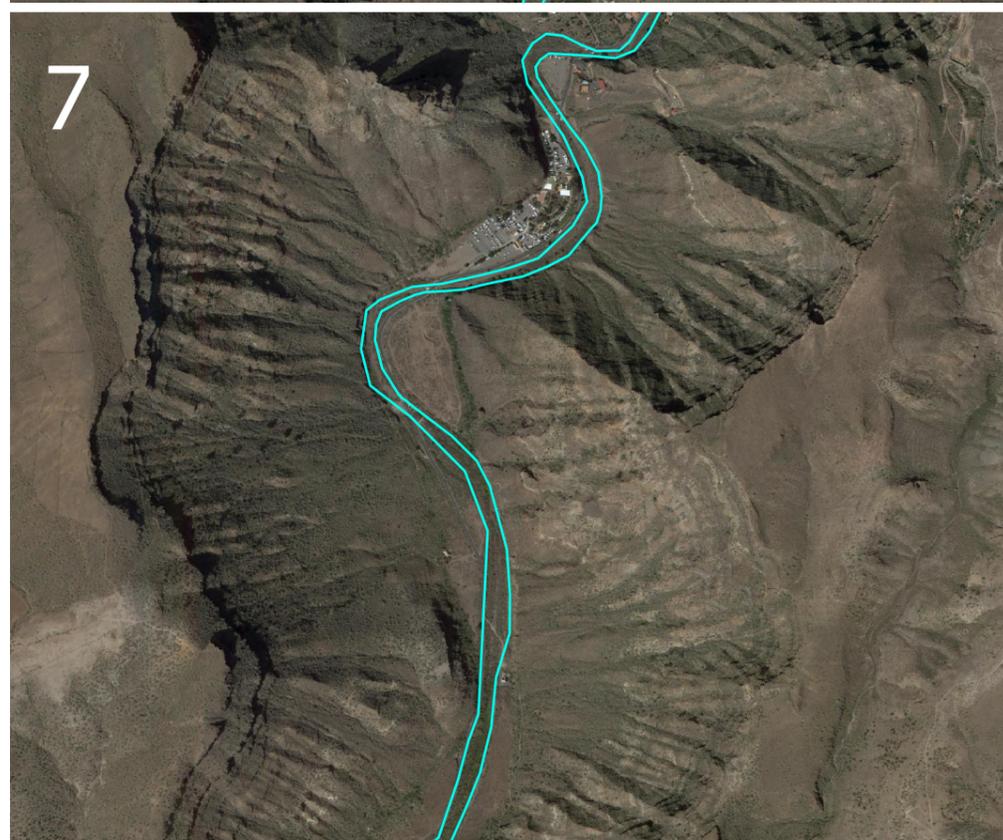
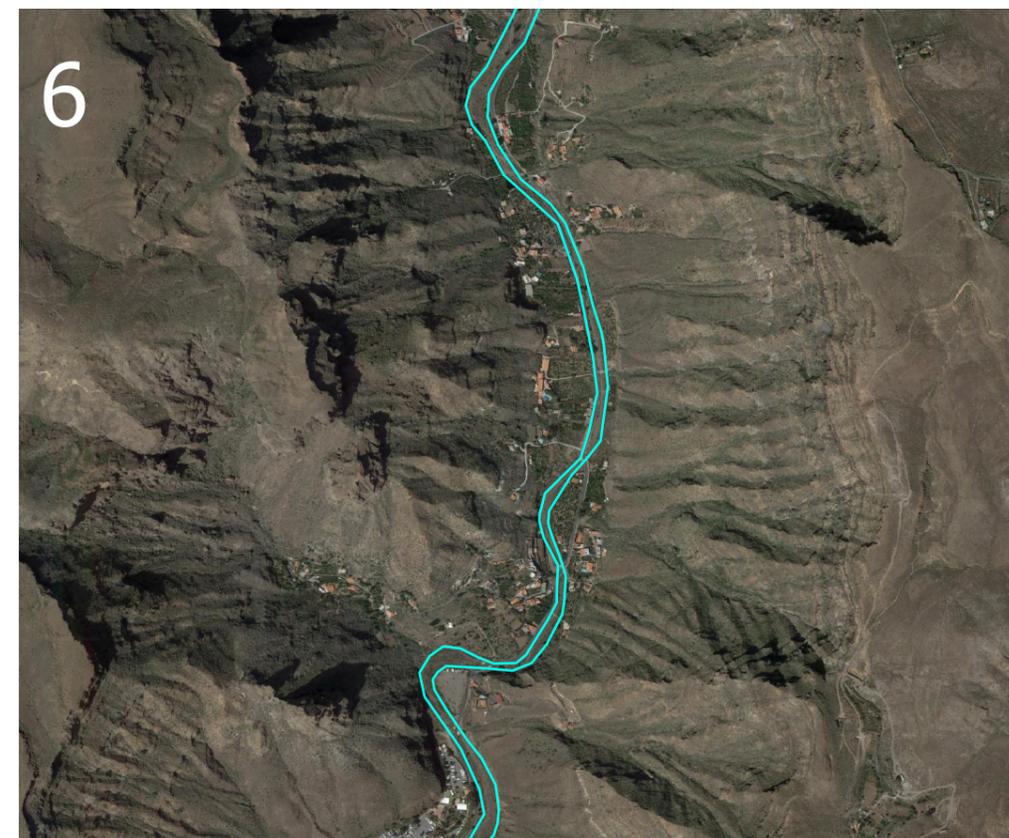
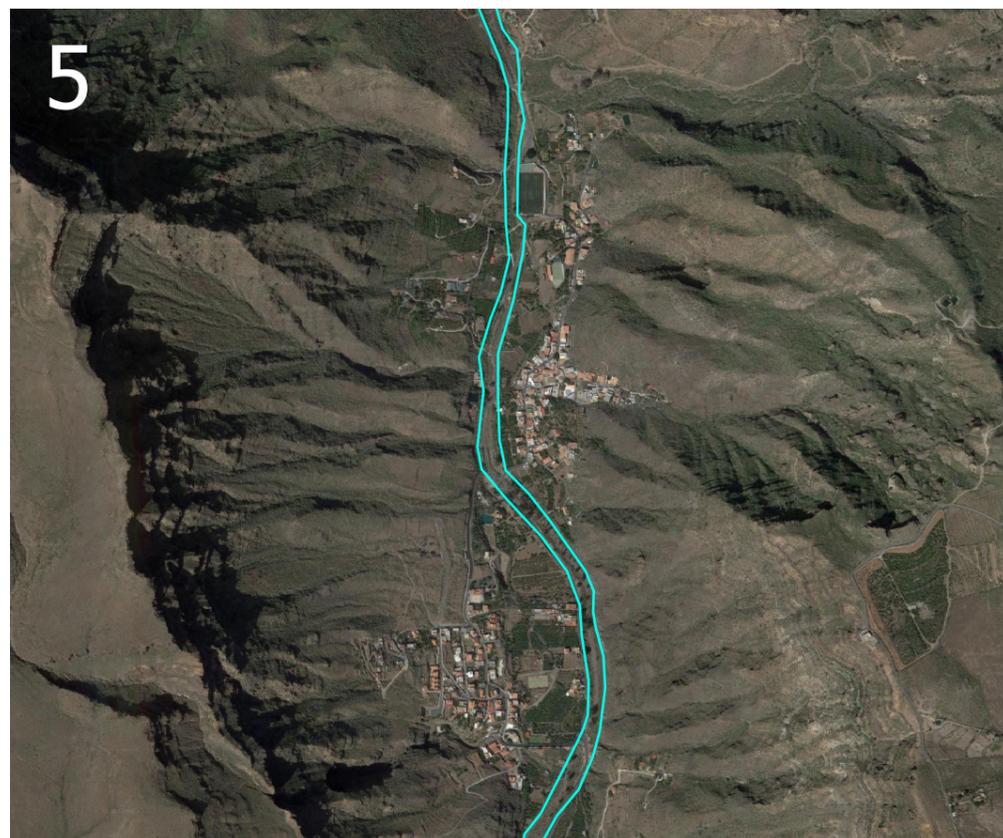
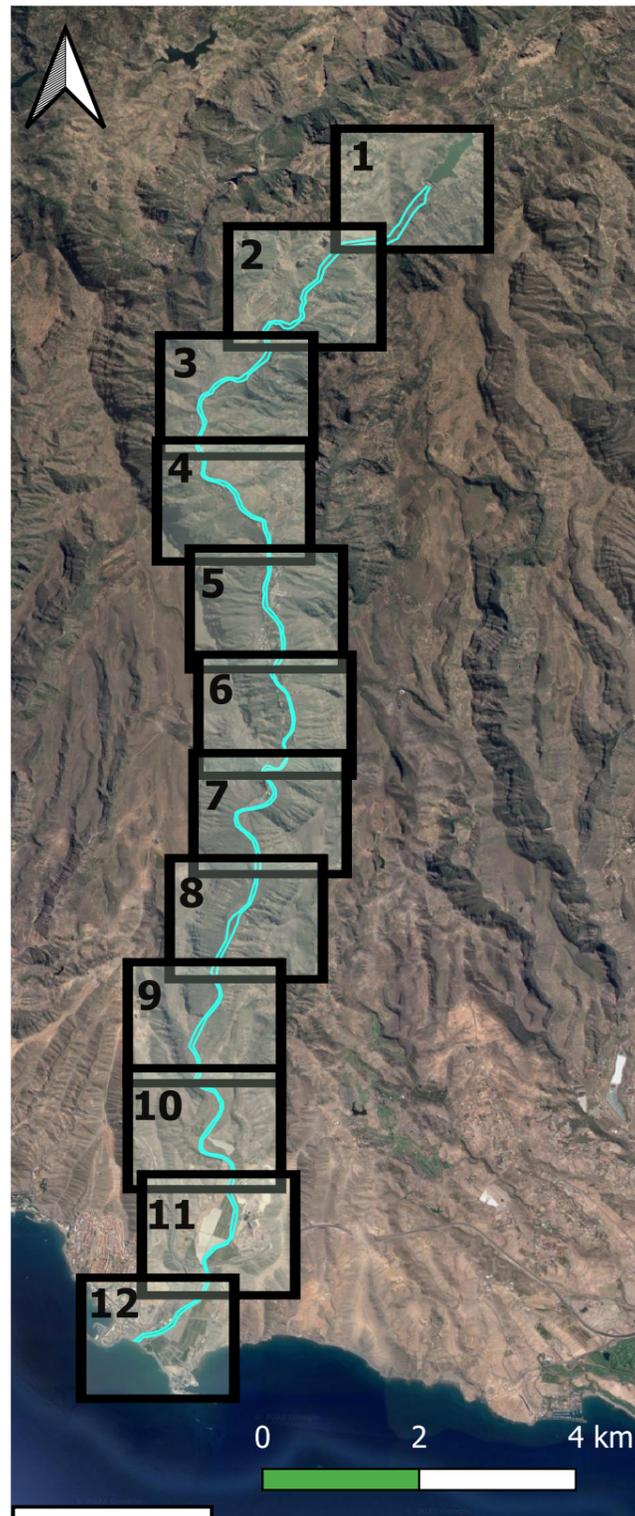
SITUACIÓN

PLANO Nº:

01

HOJA:

1/3



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

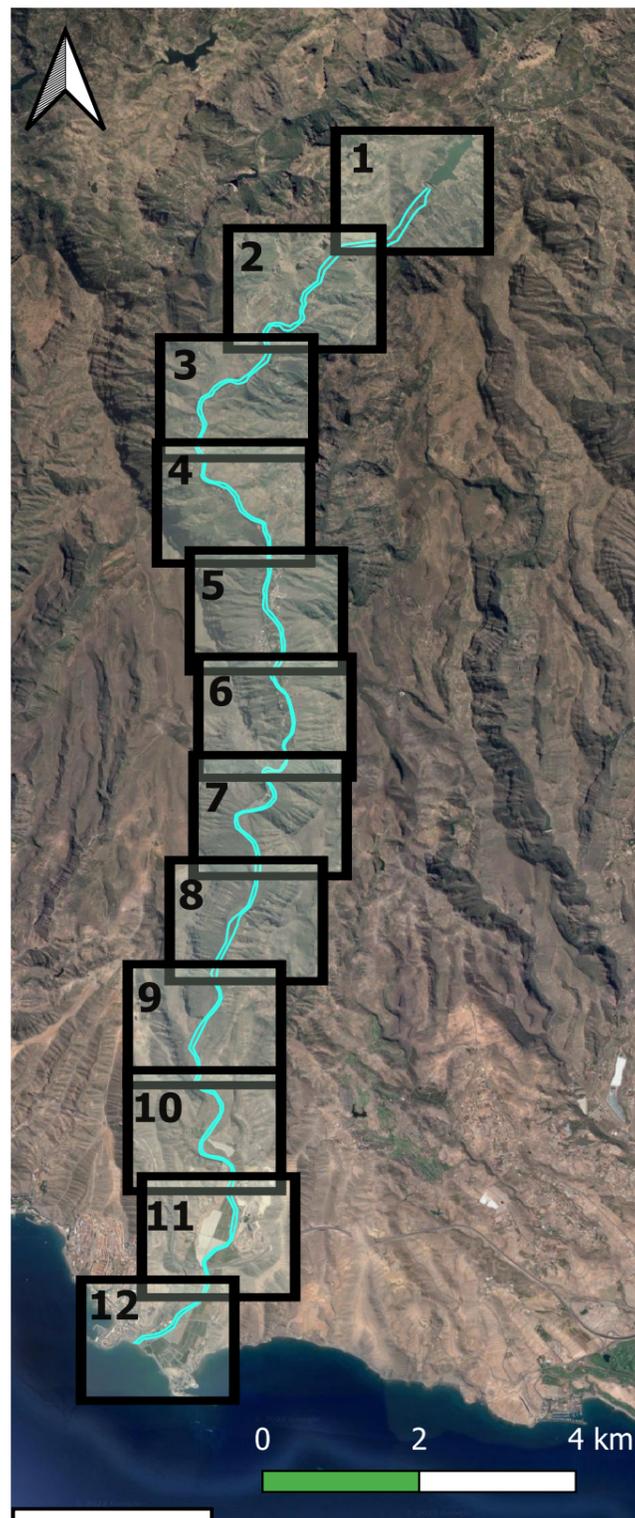
SITUACIÓN

PLANO Nº:

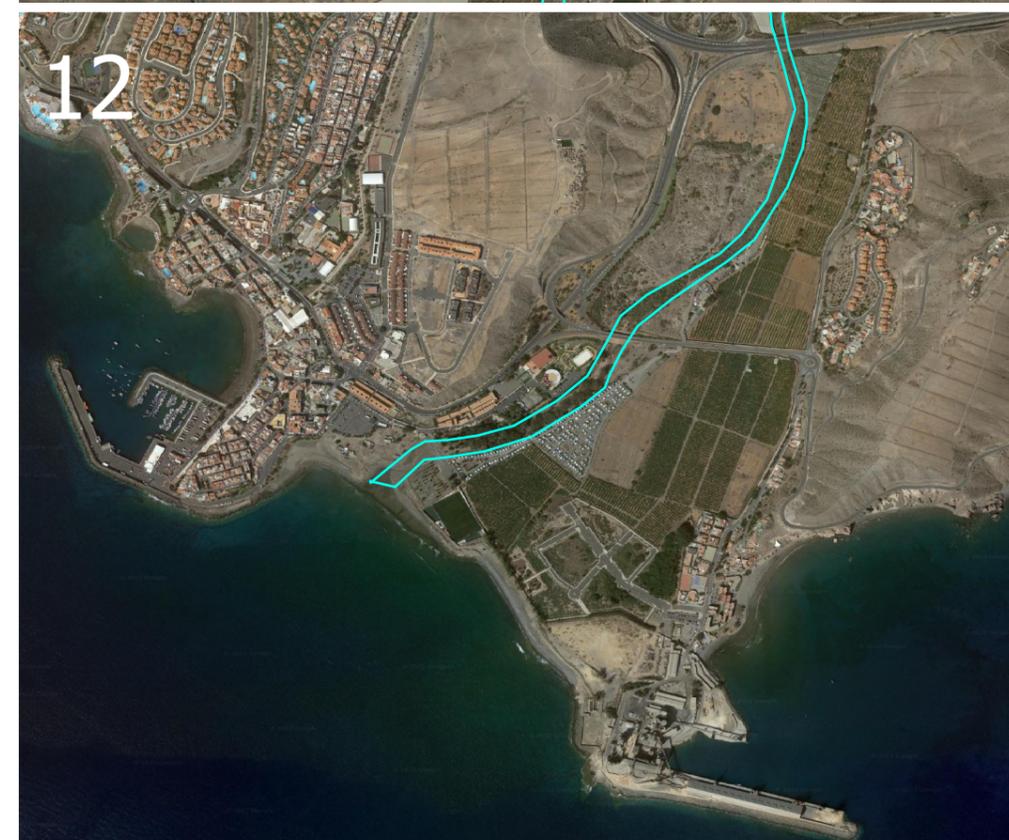
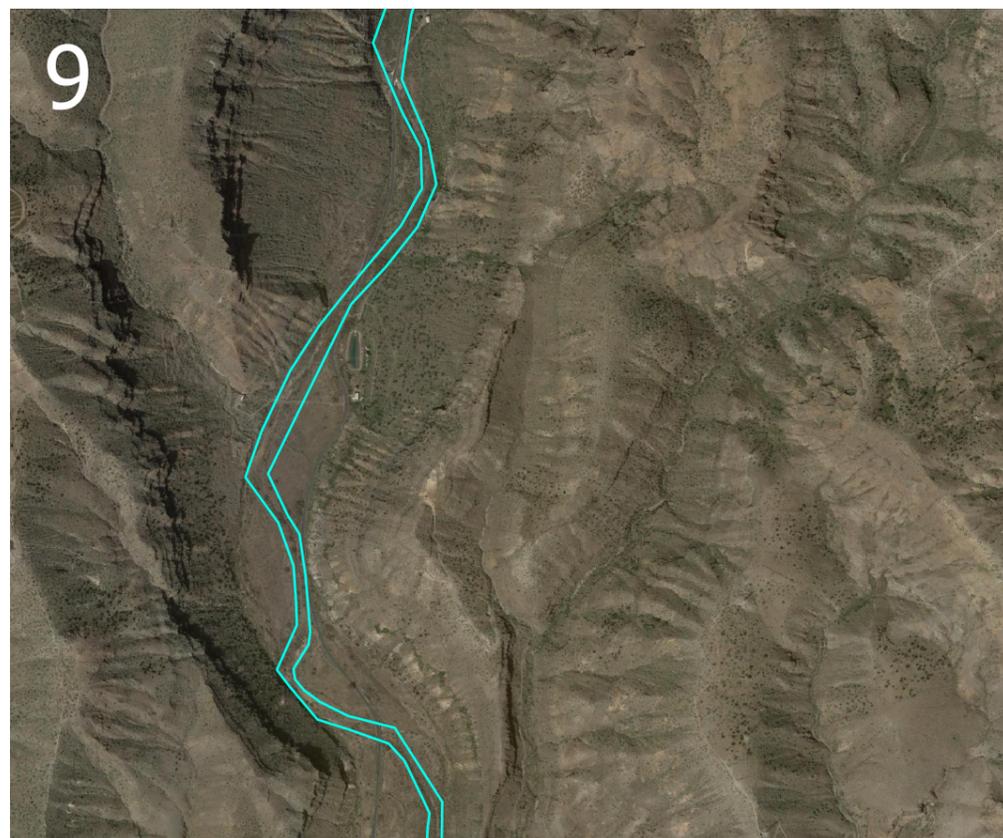
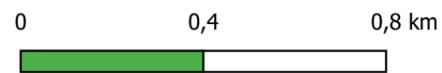
01

HOJA:

2/3



LEYENDA
 — Cauce



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

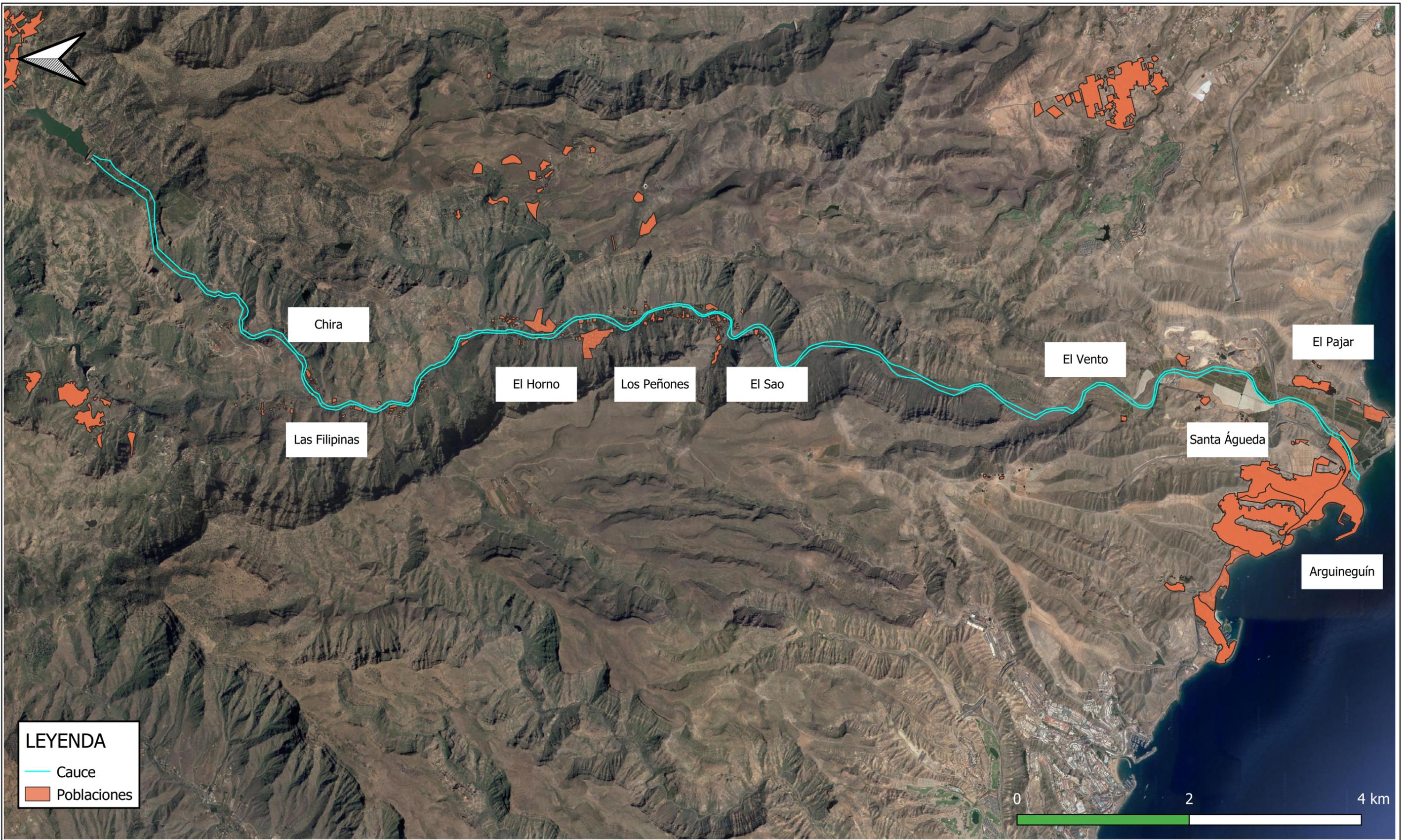
SITUACIÓN

PLANO Nº:

01

HOJA:

3/3



LEYENDA

- Cauce
- Poblaciones

Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

**CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)**

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN

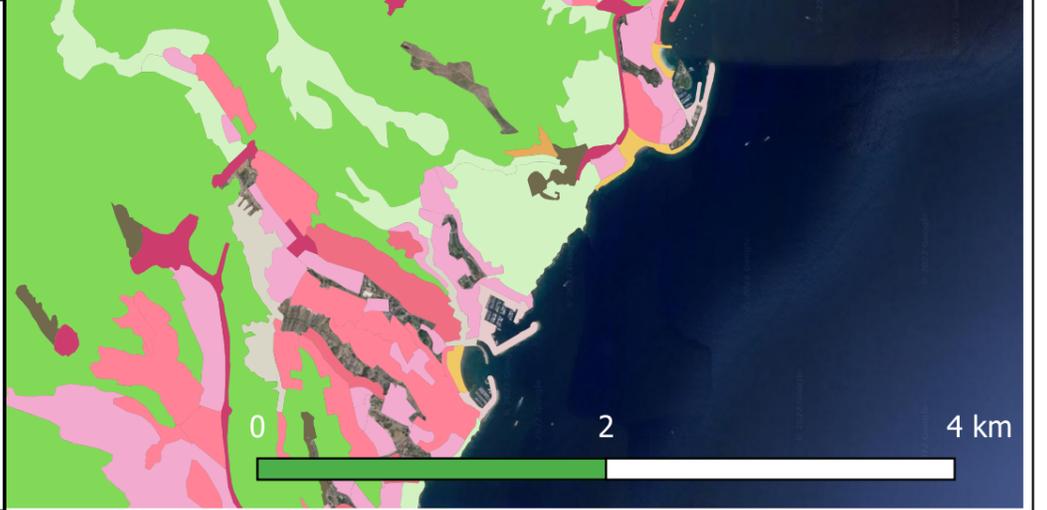
PLANO Nº:
02

HOJA:
1/1



LEYENDA

- | | | |
|----------------------------|--|--|
| Cauce | Asentamiento agrícola y huerta [12] | Pastizal o herbazal [125] |
| SIOSE_Canarias_2014 | Red viaria o ferroviaria [28] | Matorral [211] |
| T_POLIGONOS [2500] | Infraestructura de residuos [57] | Combinación de vegetación [29] |
| Casco [39] | Invernadero [248] | Playa, duna o arenal [30] |
| Ensanche [93] | Frutal cítrico [10] | Roquedo [38] |
| Discontinuo [163] | Frutal no cítrico [33] | Temporalmente desarbolado por incendios [21] |
| Instalación forestal [0] | Combinación de cultivos [32] | Suelo desnudo [341] |
| Extracción minera [5] | Combinación de cultivos con vegetación [394] | Curso de agua [28] |
| Servicio Dotacional [250] | Bosque de coníferas [37] | Embalse [23] |



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

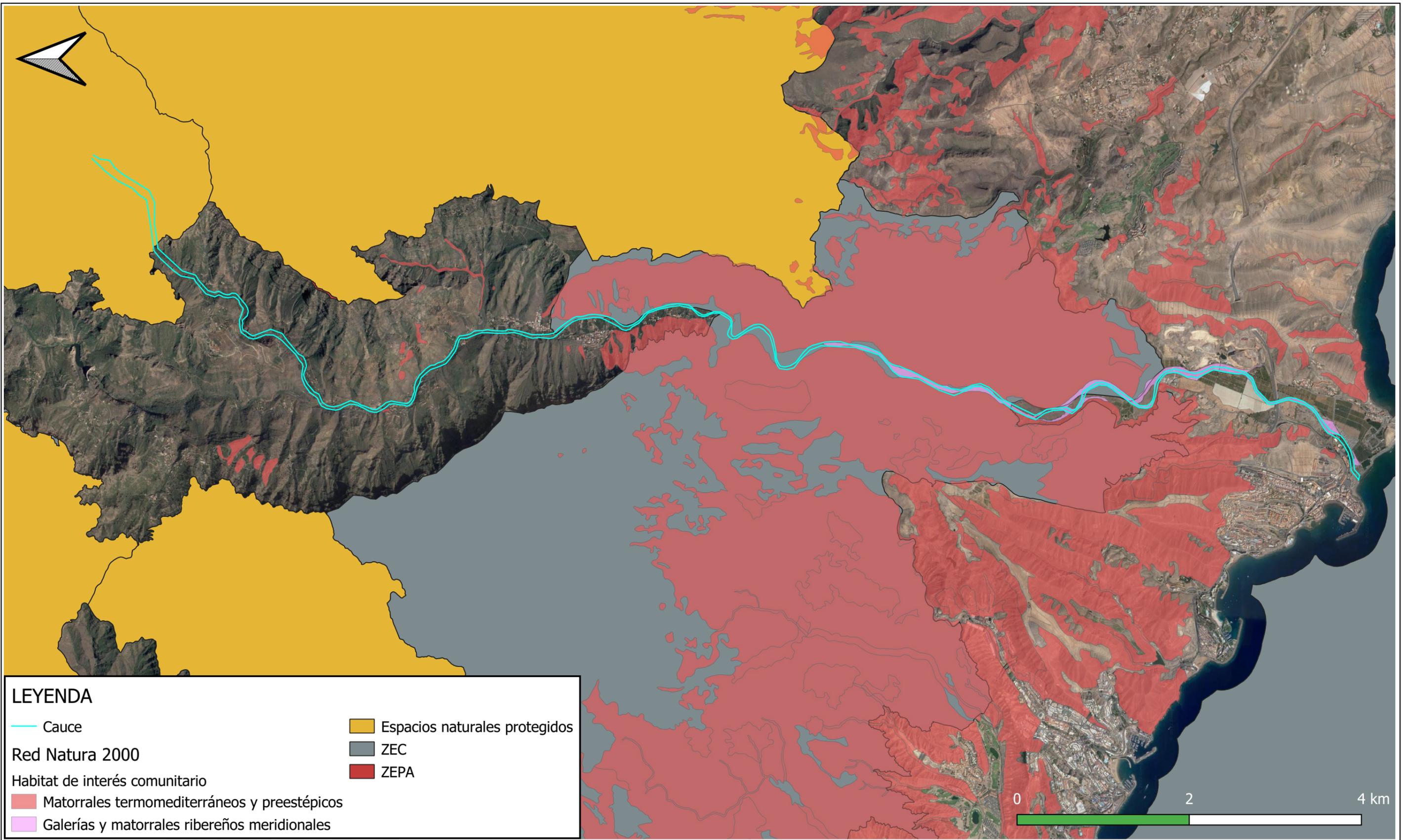
SISTEMA DE INFORMACIÓN DE OCUPACIÓN DEL SUELO DE ESPAÑA (SIOSE)

PLANO Nº:

03

HOJA:

1/1



LEYENDA

- Cauce
- Espacios naturales protegidos
- ZEC
- ZEPA
- Red Natura 2000**
- Habitat de interés comunitario**
- Matorrales termomediterráneos y preestépicos
- Galerías y matorrales ribereños meridionales



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

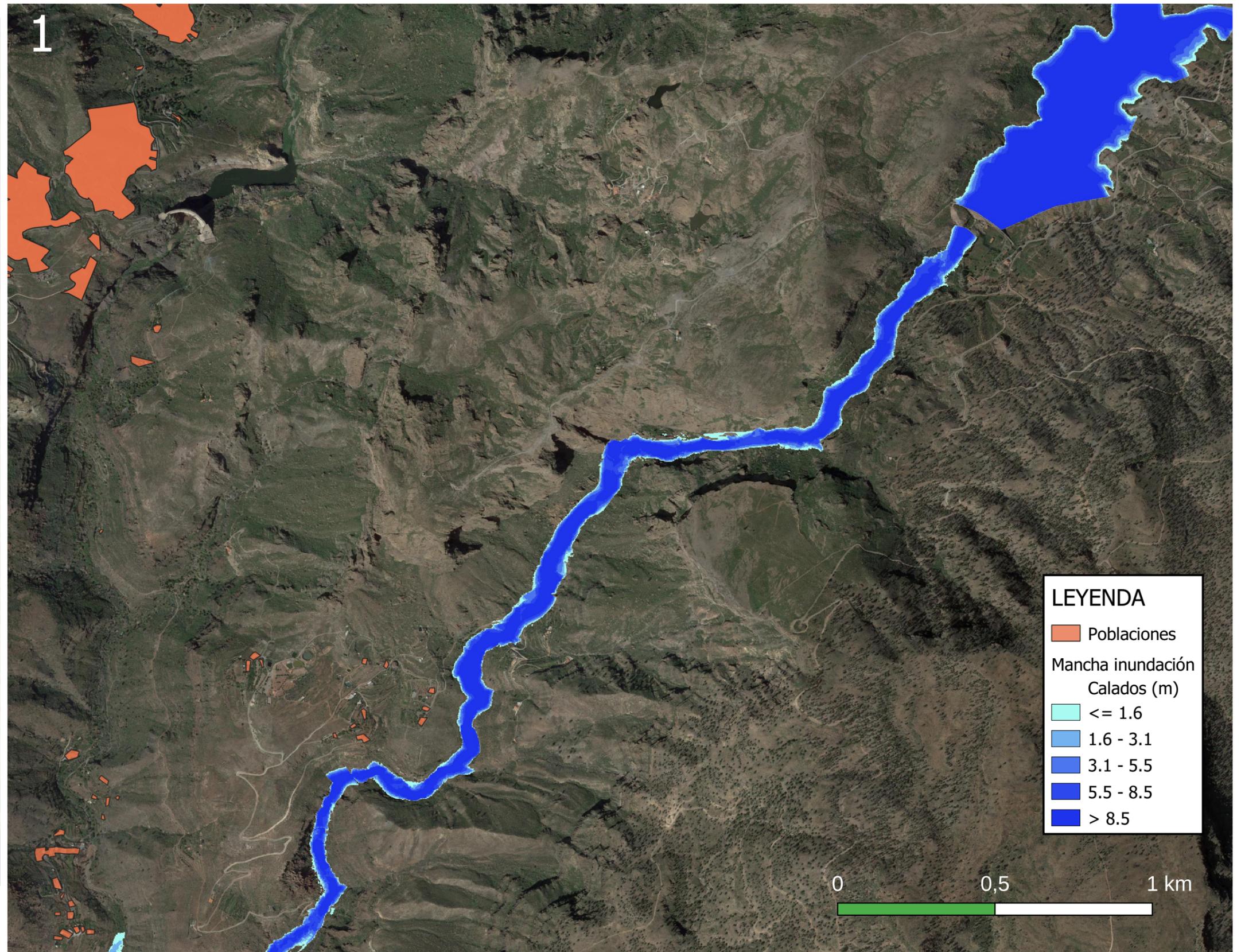
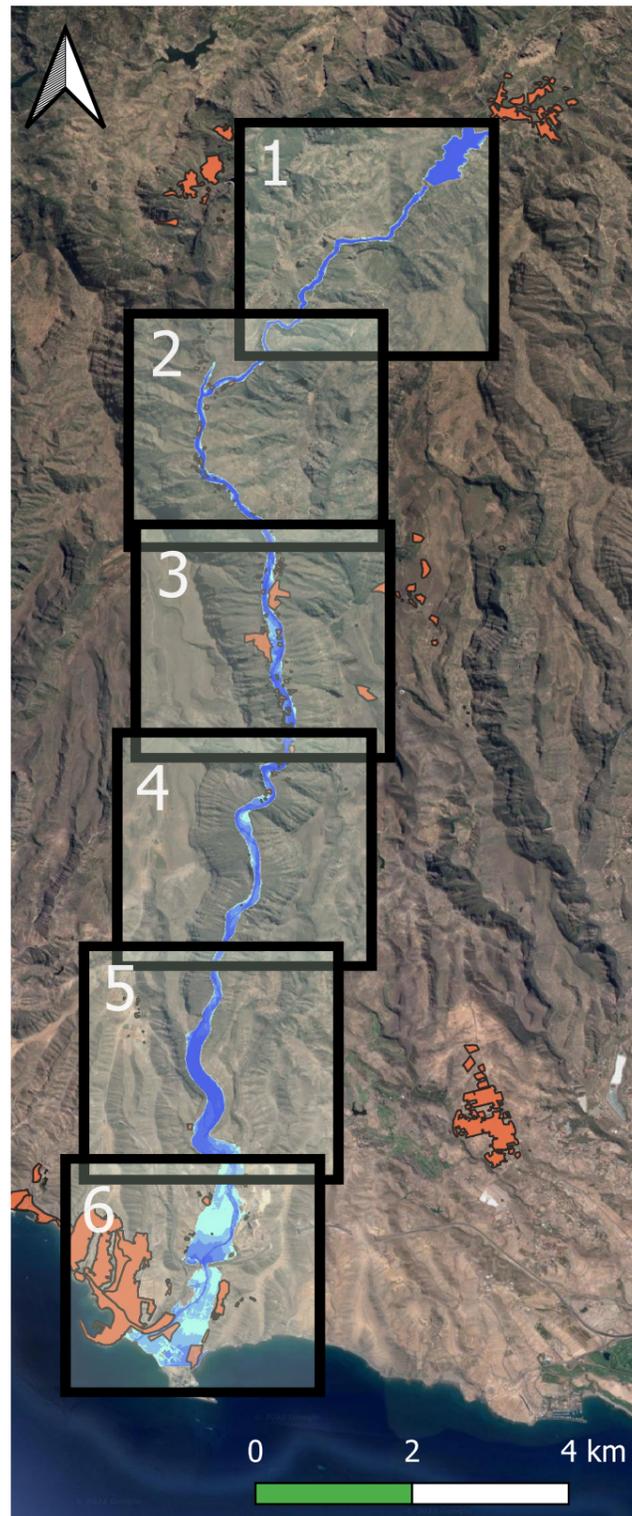
Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:
RED NATURA 2000

PLANO Nº:
04

HOJA:
1/1



LEYENDA

- Poblaciones
- Mancha inundación Calados (m)
- <= 1.6
- 1.6 - 3.1
- 3.1 - 5.5
- 5.5 - 8.5
- > 8.5



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

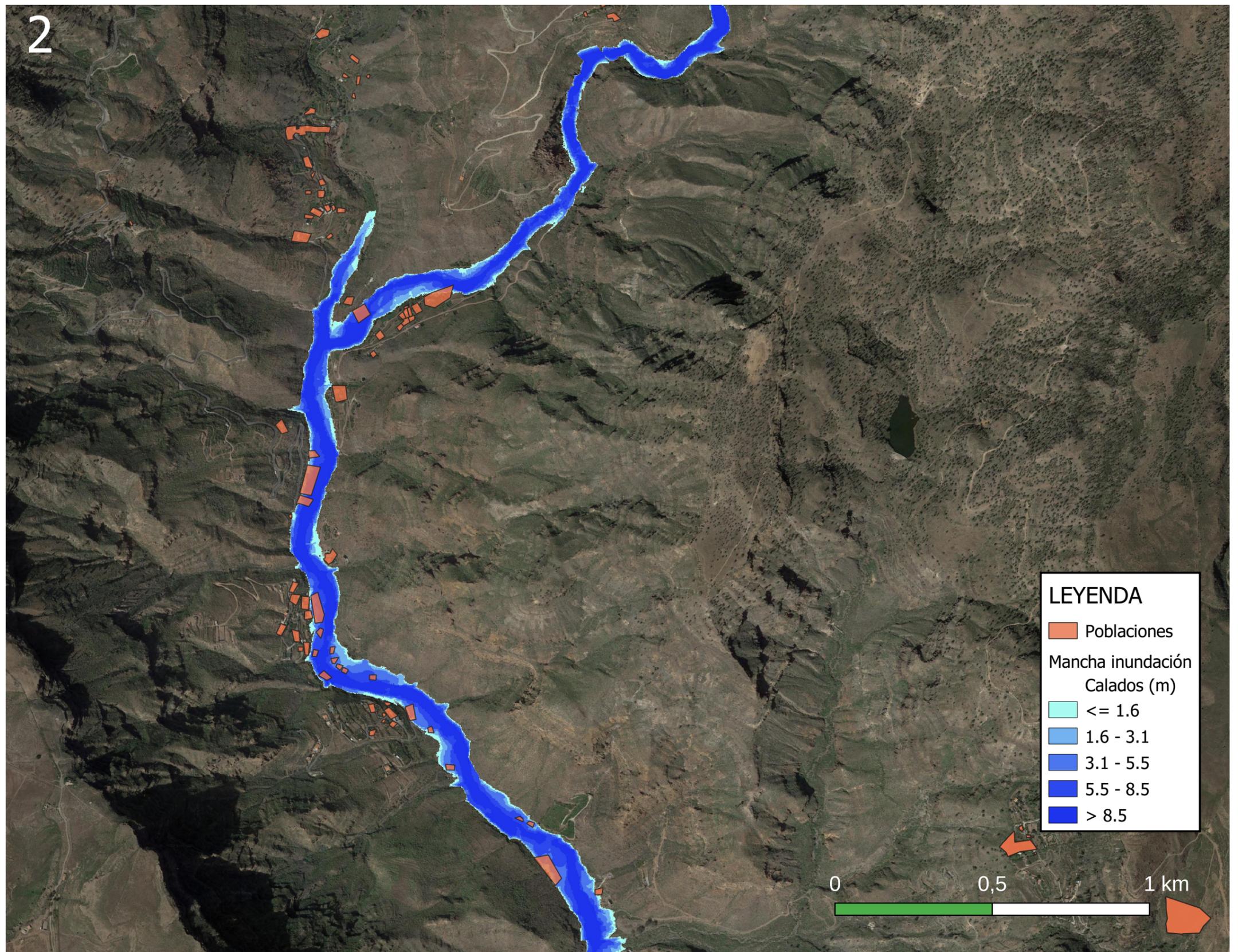
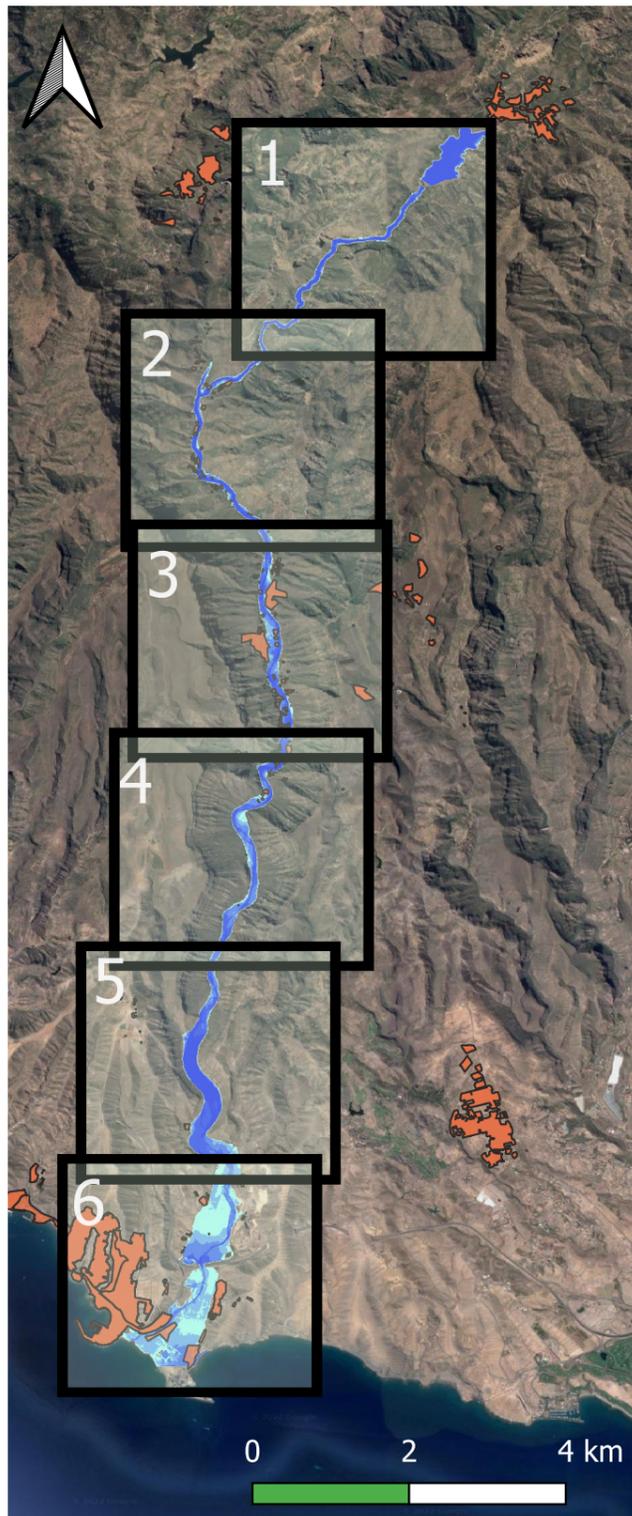
CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:
POBLACIÓN E INUNDACIÓN

ESCENARIO SIN AVENIDA, ROTURA 15 MINUTOS

PLANO Nº:
05

HOJA:
1/6



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN E INUNDACIÓN

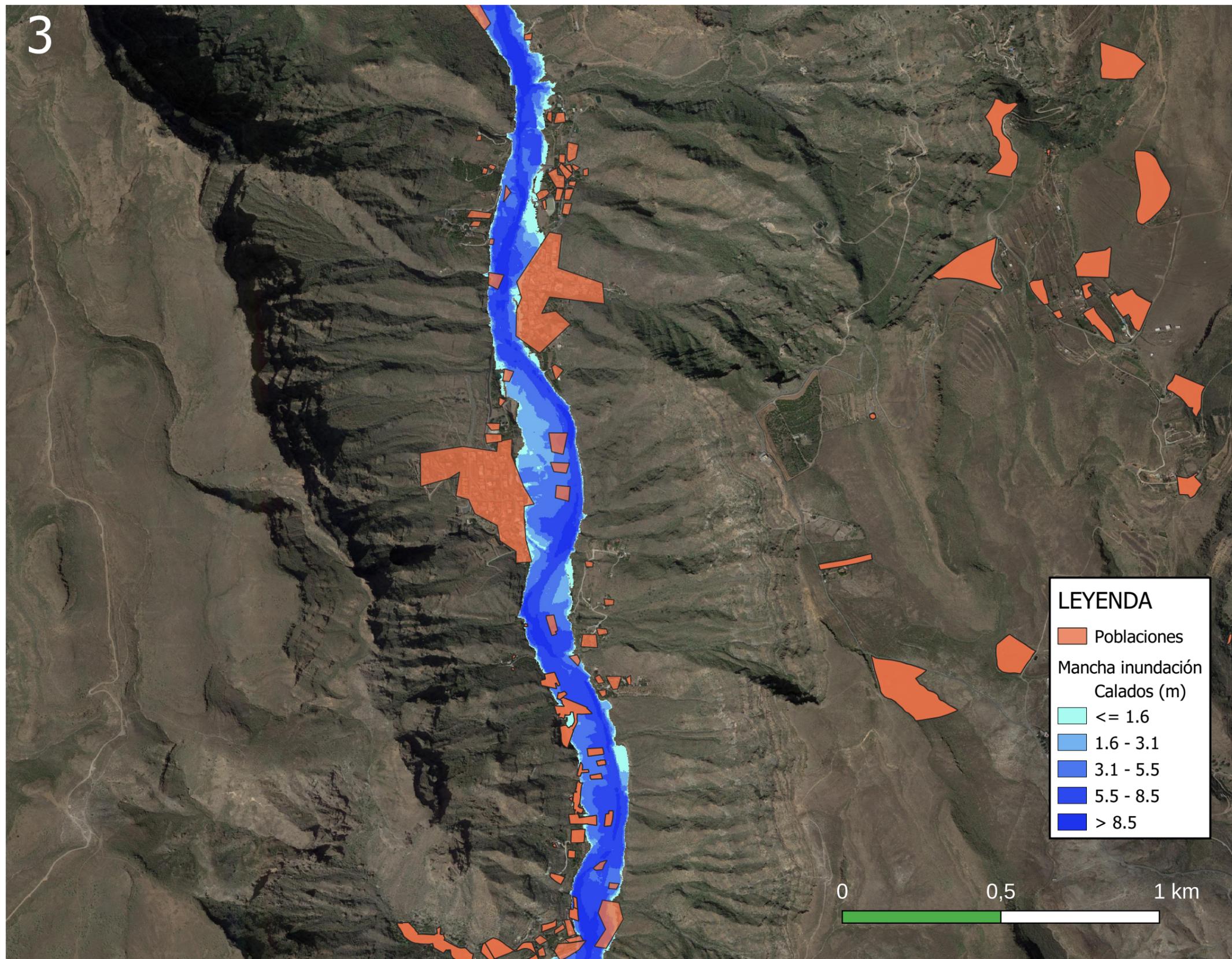
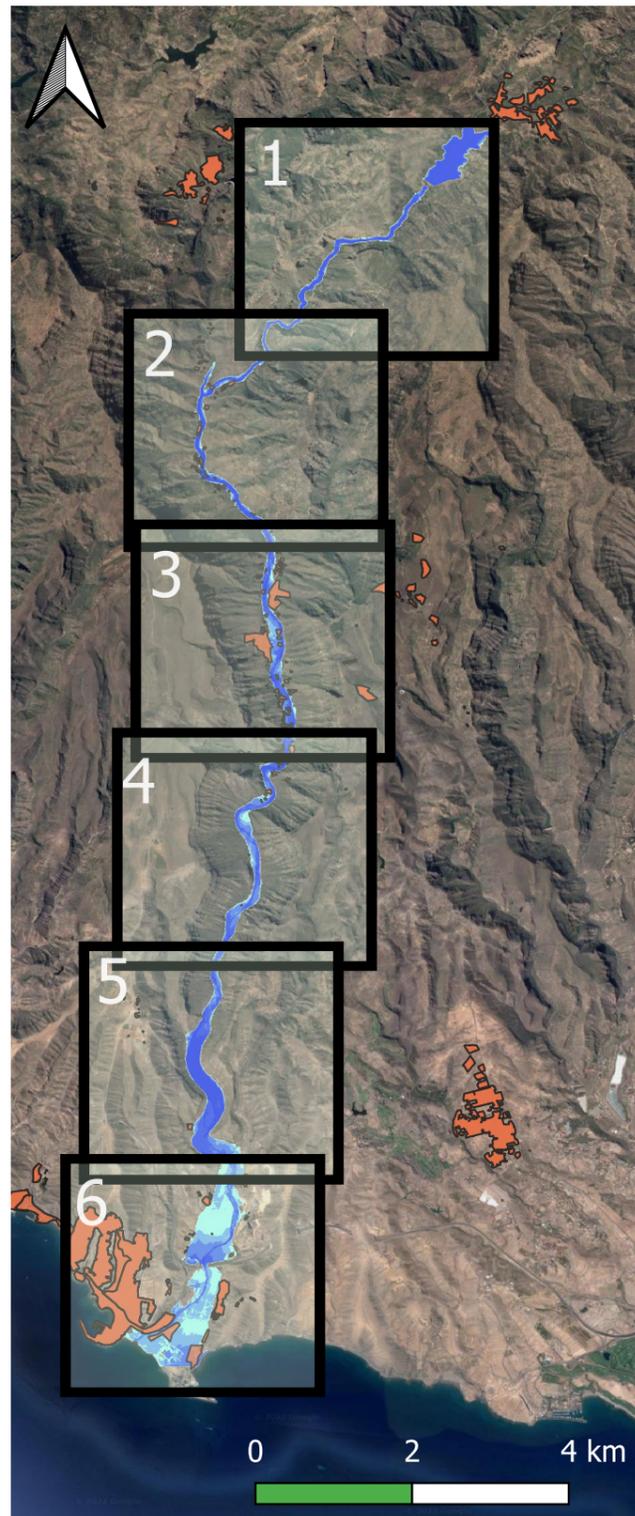
ESCENARIO SIN AVENIDA, ROTURA 15 MINUTOS

PLANO Nº:

05

HOJA:

2/6



LEYENDA

- Poblaciones
- Mancha inundación Calados (m)
- <= 1.6
- 1.6 - 3.1
- 3.1 - 5.5
- 5.5 - 8.5
- > 8.5



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:
POBLACIÓN E INUNDACIÓN

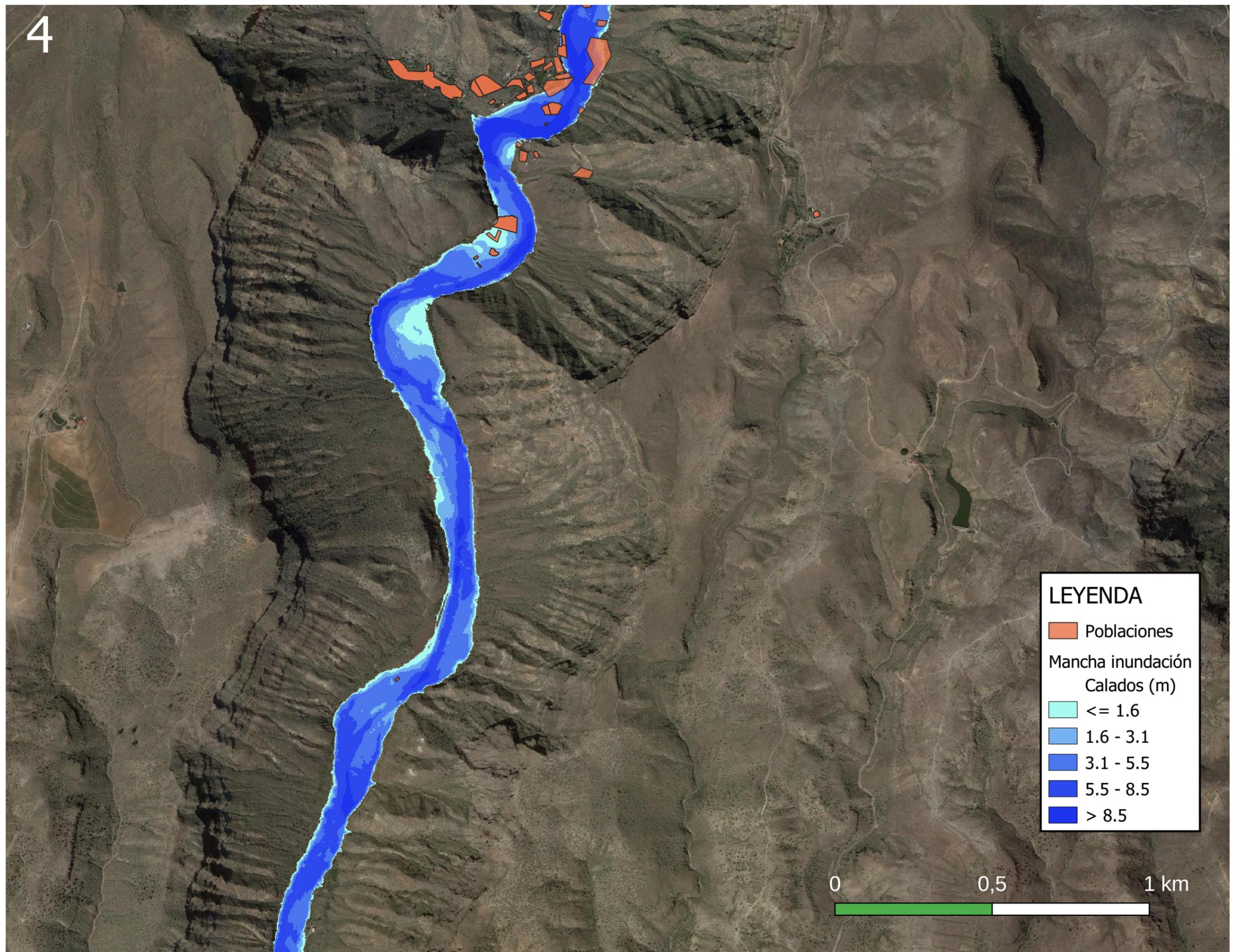
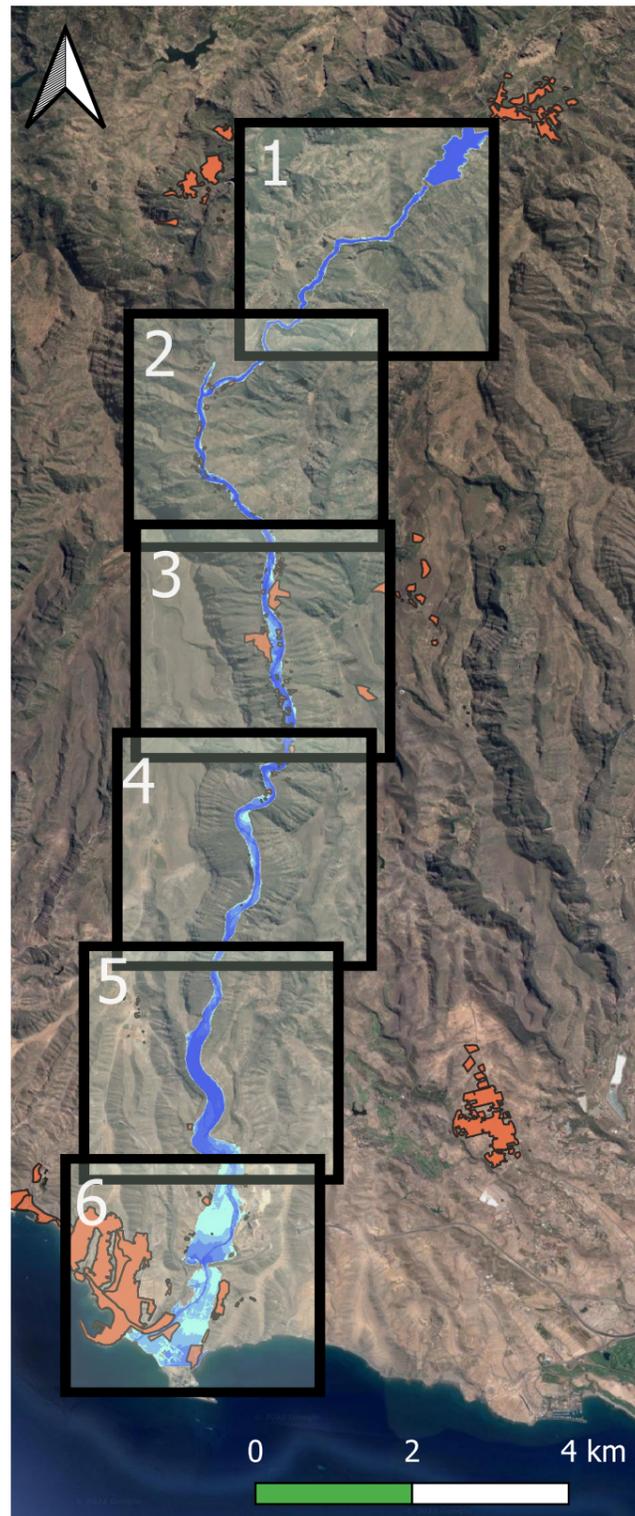
ESCENARIO SIN AVENIDA, ROTURA 15 MINUTOS

PLANO Nº:

05

HOJA:

3/6



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN E INUNDACIÓN

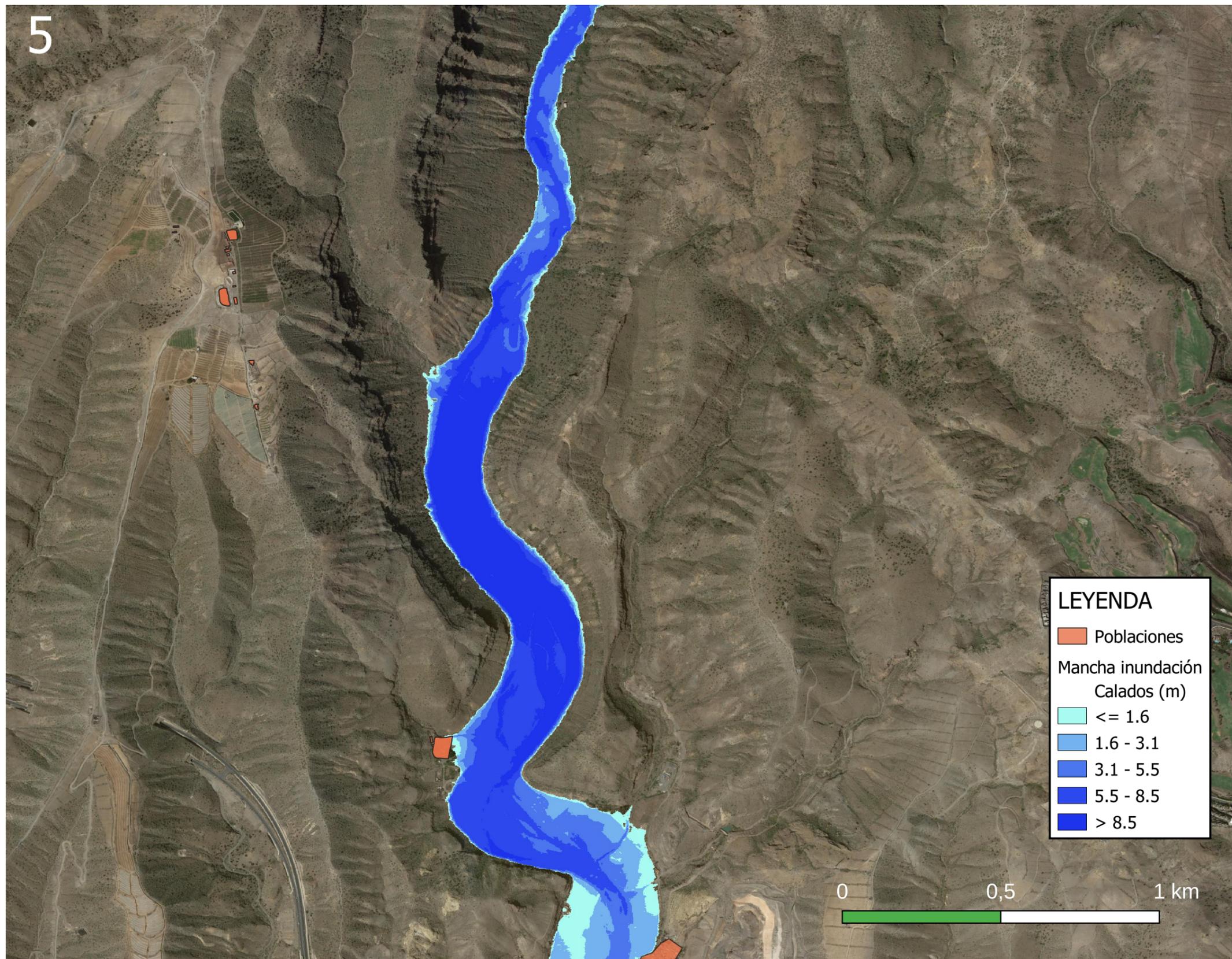
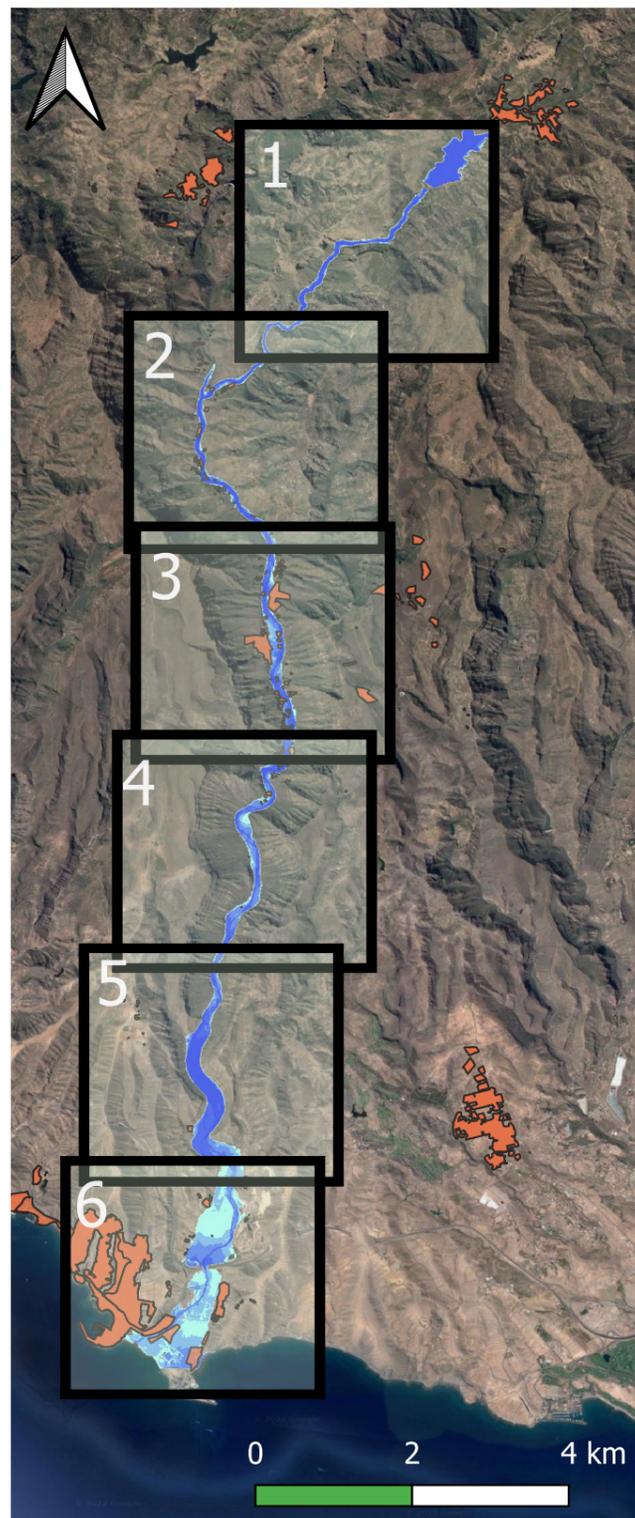
ESCENARIO SIN AVENIDA, ROTURA 15 MINUTOS

PLANO Nº:

05

HOJA:

4/6



LEYENDA

- Poblaciones
- Mancha inundación Calados (m)
- <= 1.6
- 1.6 - 3.1
- 3.1 - 5.5
- 5.5 - 8.5
- > 8.5



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:
POBLACIÓN E INUNDACIÓN

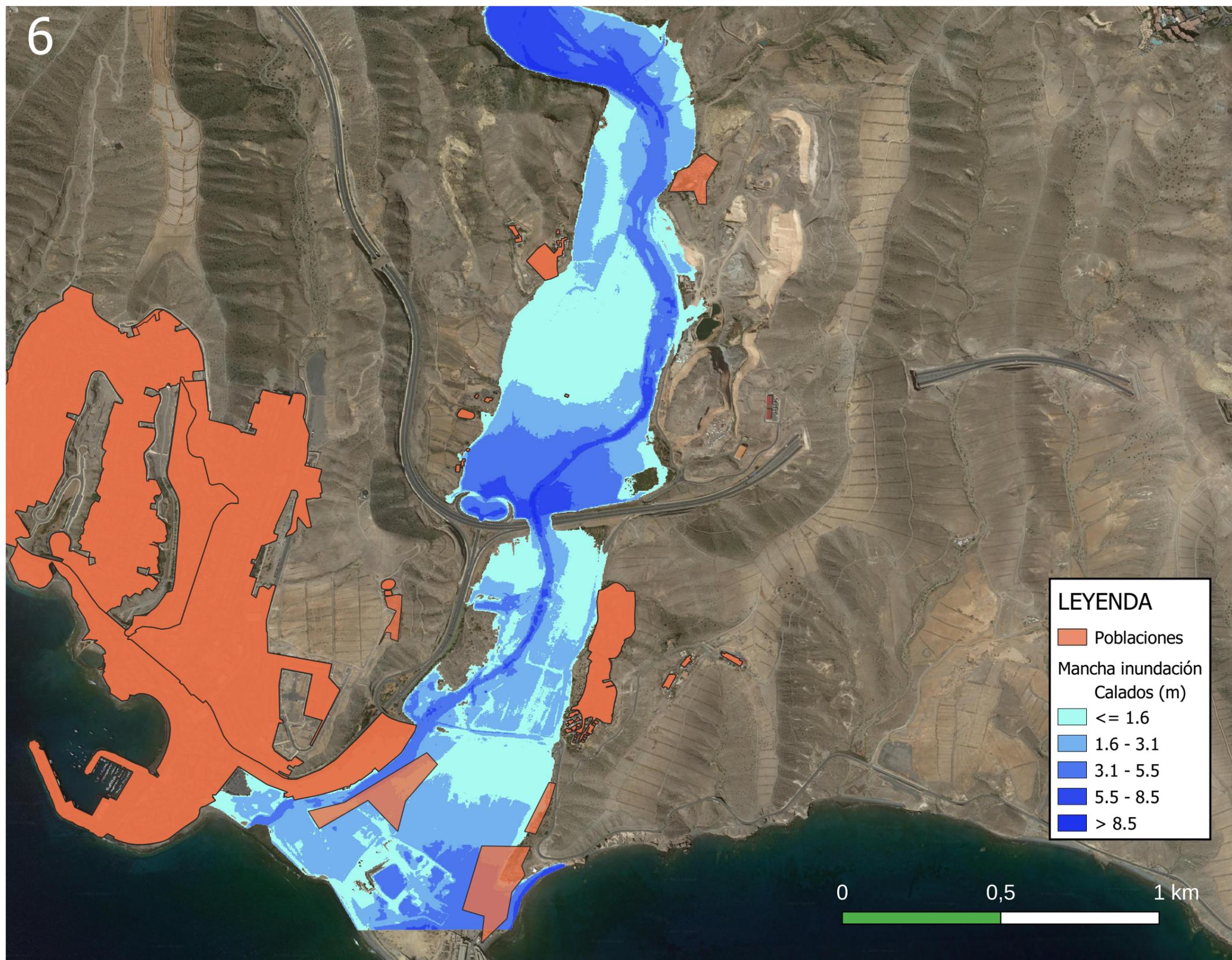
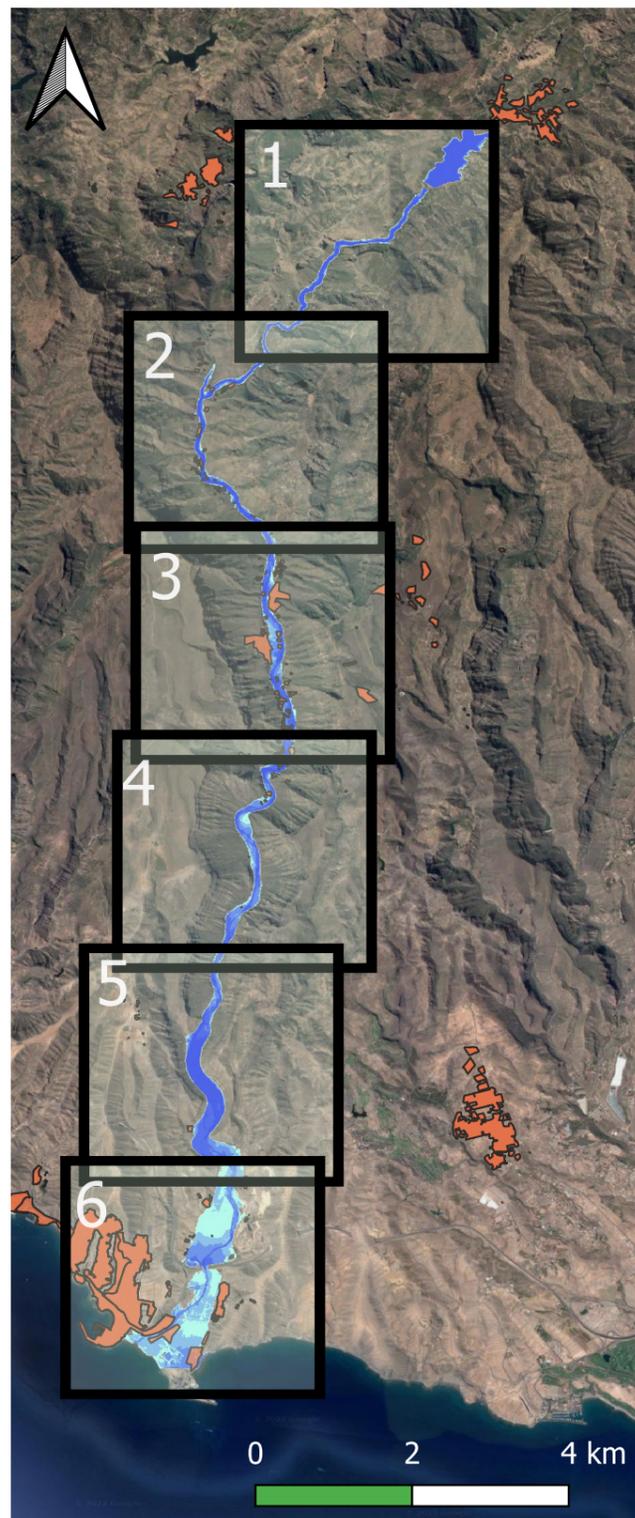
ESCENARIO SIN AVENIDA, ROTURA 15 MINUTOS

PLANO Nº:

05

HOJA:

5/6



LEYENDA

- Poblaciones
- Mancha inundación
- Calados (m)
- <= 1.6
- 1.6 - 3.1
- 3.1 - 5.5
- 5.5 - 8.5
- > 8.5



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN E INUNDACIÓN

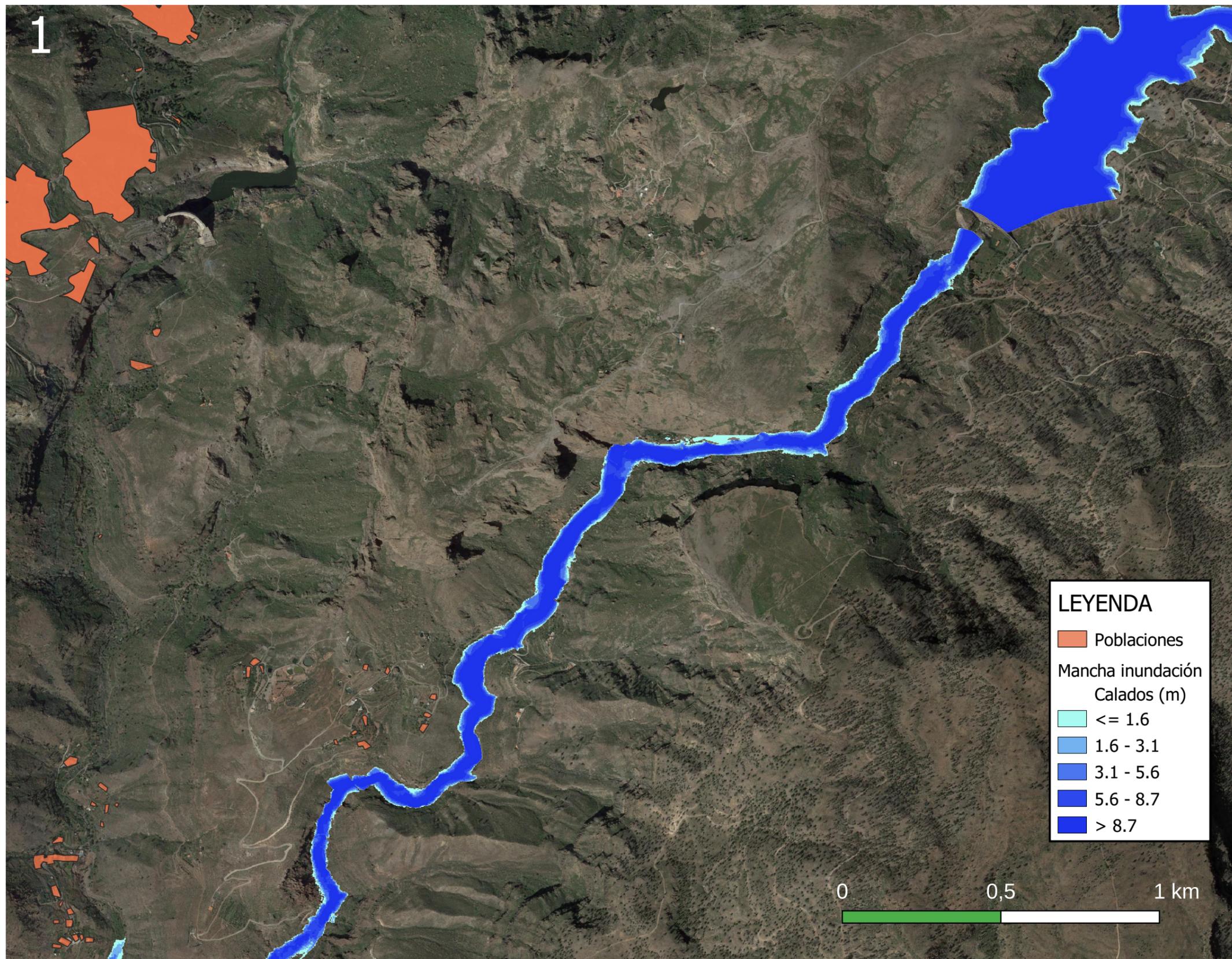
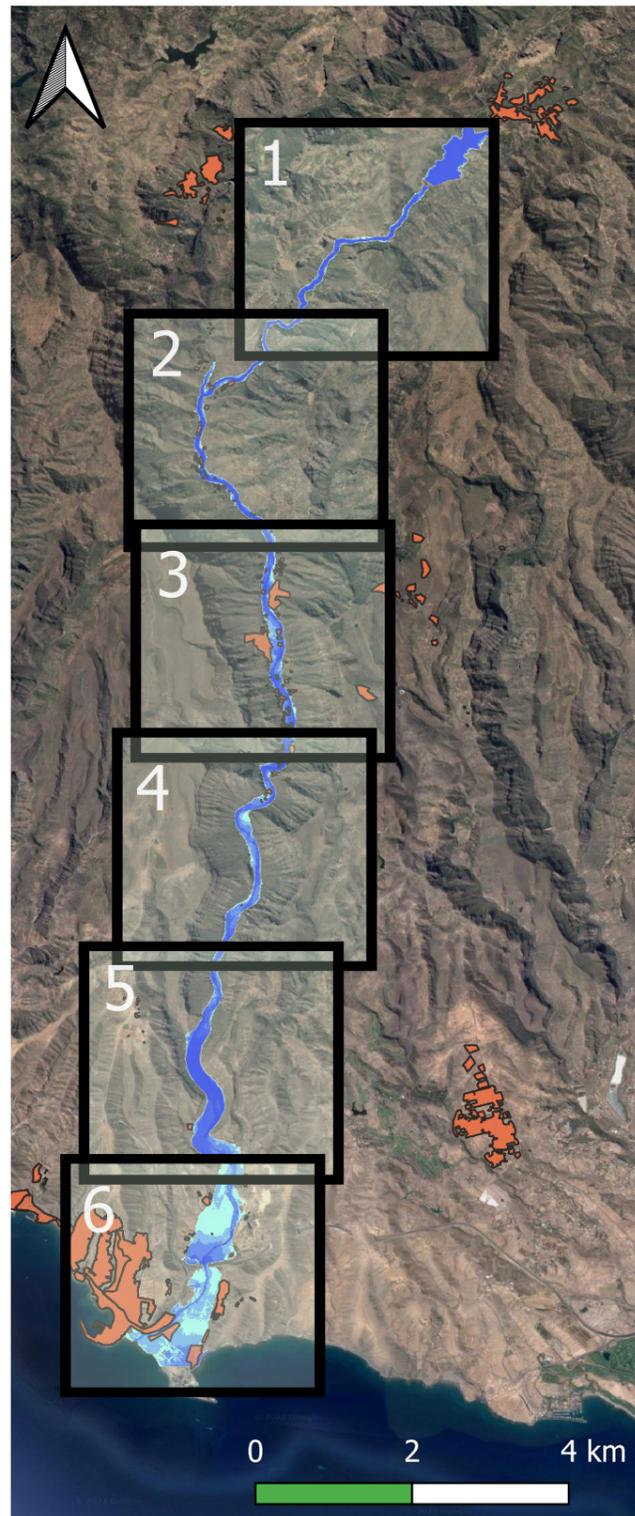
ESCENARIO SIN AVENIDA, ROTURA 15 MINUTOS

PLANO Nº:

05

HOJA:

6/6



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN E INUNDACIÓN

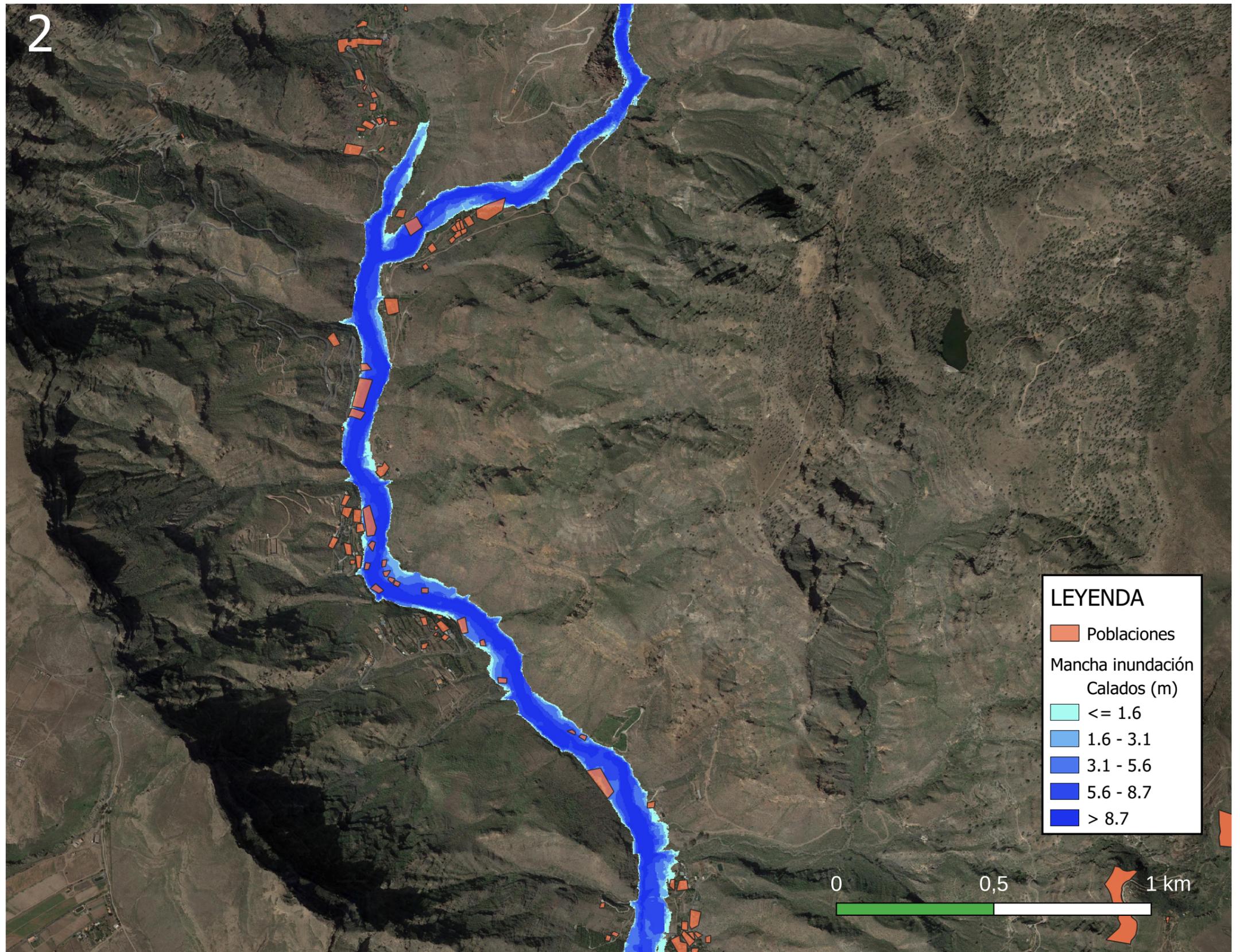
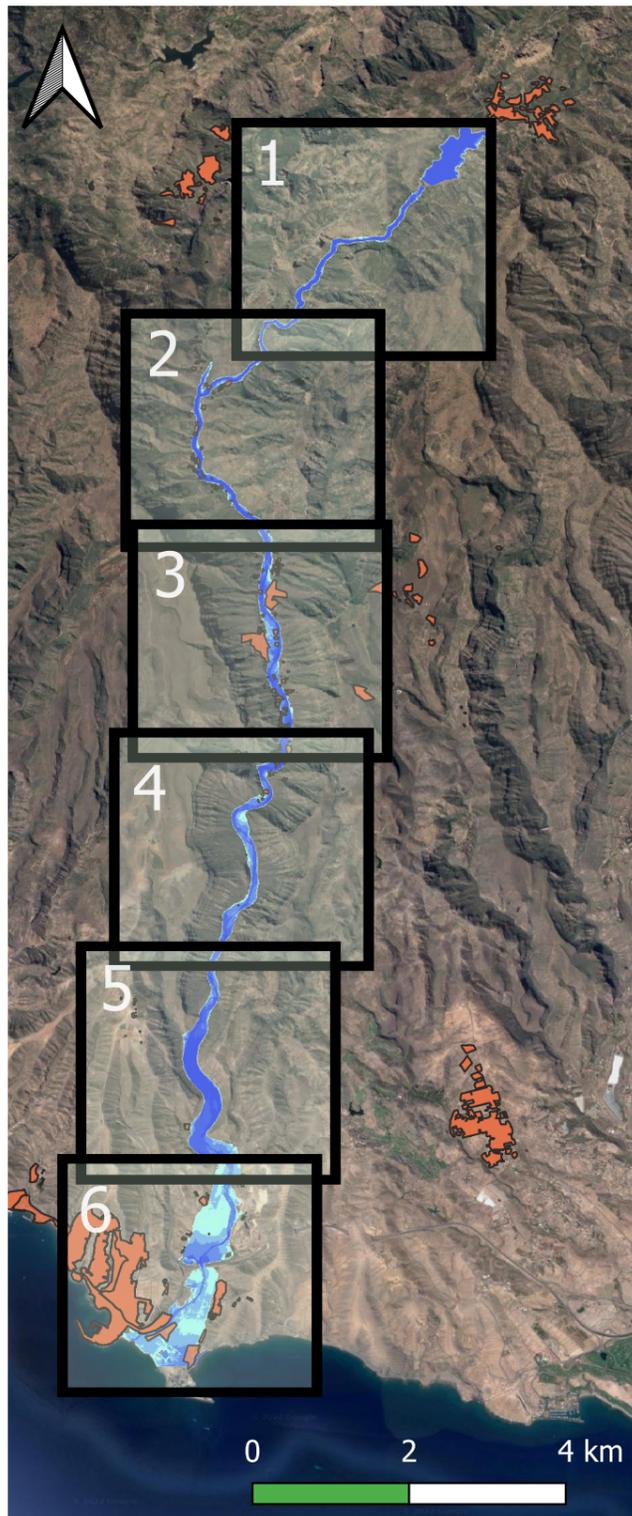
ESCENARIO SIN AVENIDA, ROTURA 10 MINUTOS

PLANO Nº:

06

HOJA:

1/6



LEYENDA

- Poblaciones
- Mancha inundación Calados (m)
- <= 1.6
- 1.6 - 3.1
- 3.1 - 5.6
- 5.6 - 8.7
- > 8.7



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN E INUNDACIÓN

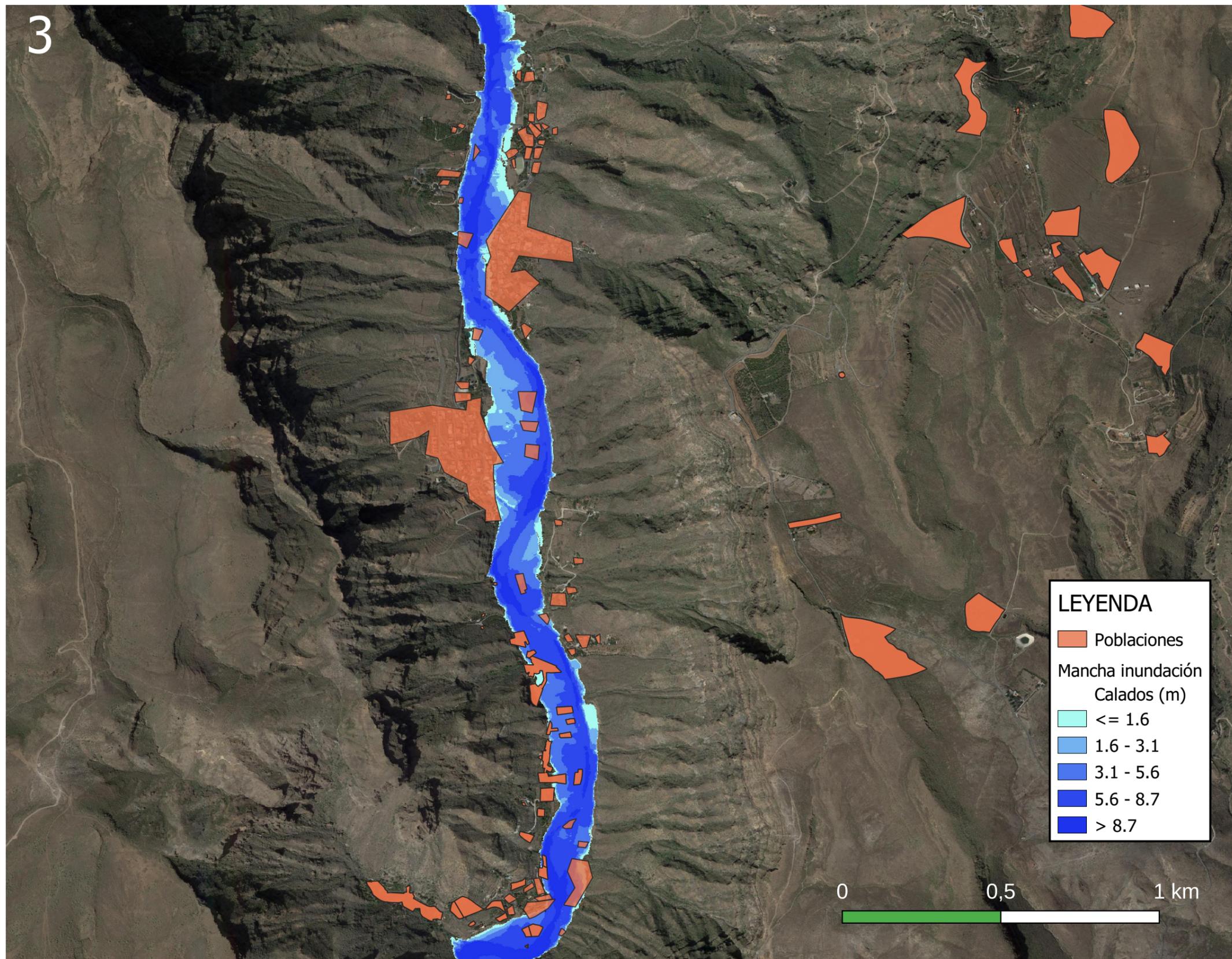
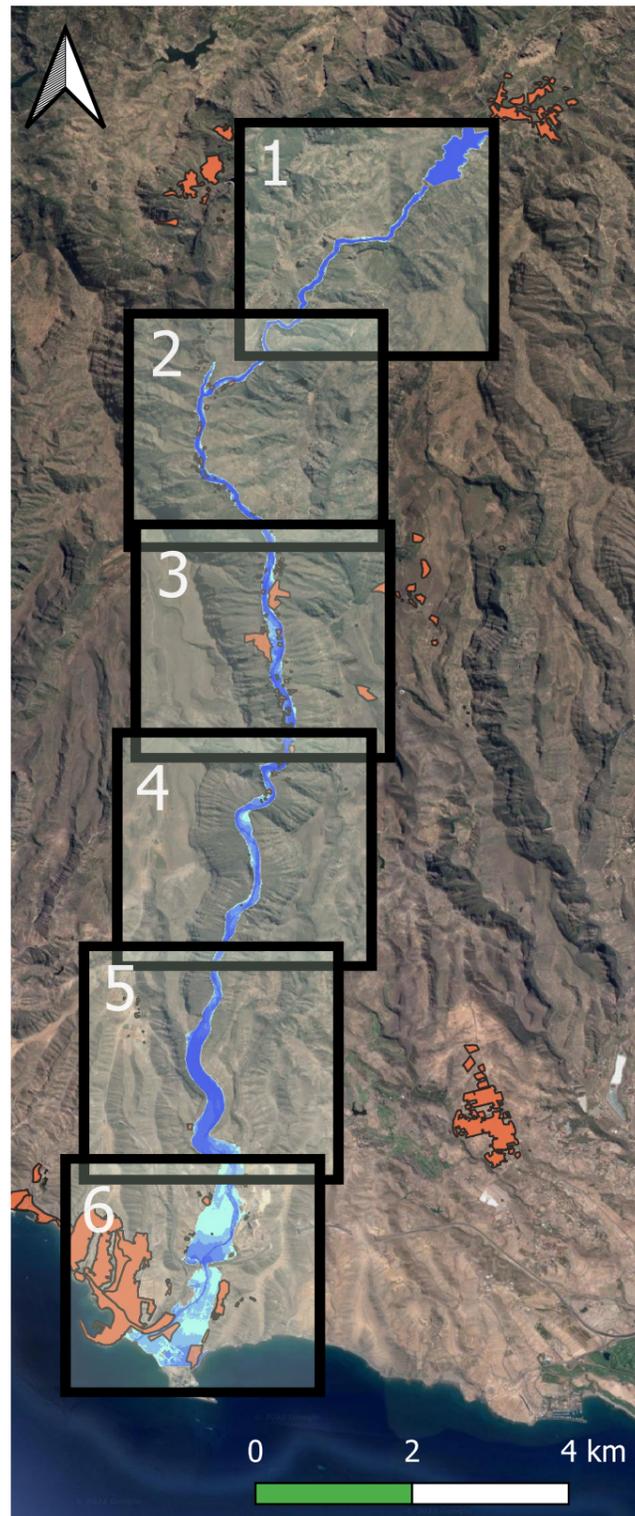
ESCENARIO SIN AVENIDA, ROTURA 10 MINUTOS

PLANO Nº:

06

HOJA:

2/6



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN E INUNDACIÓN

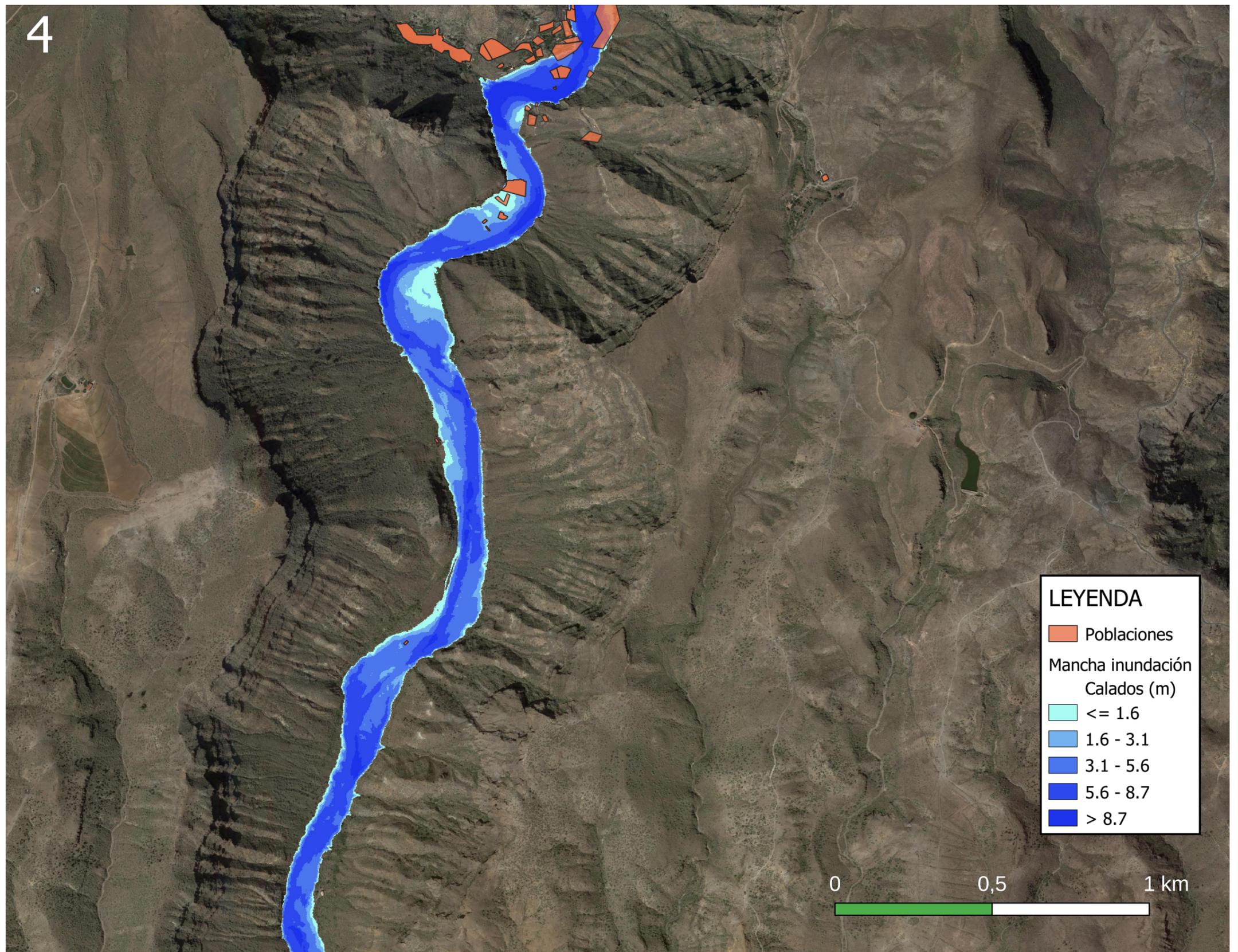
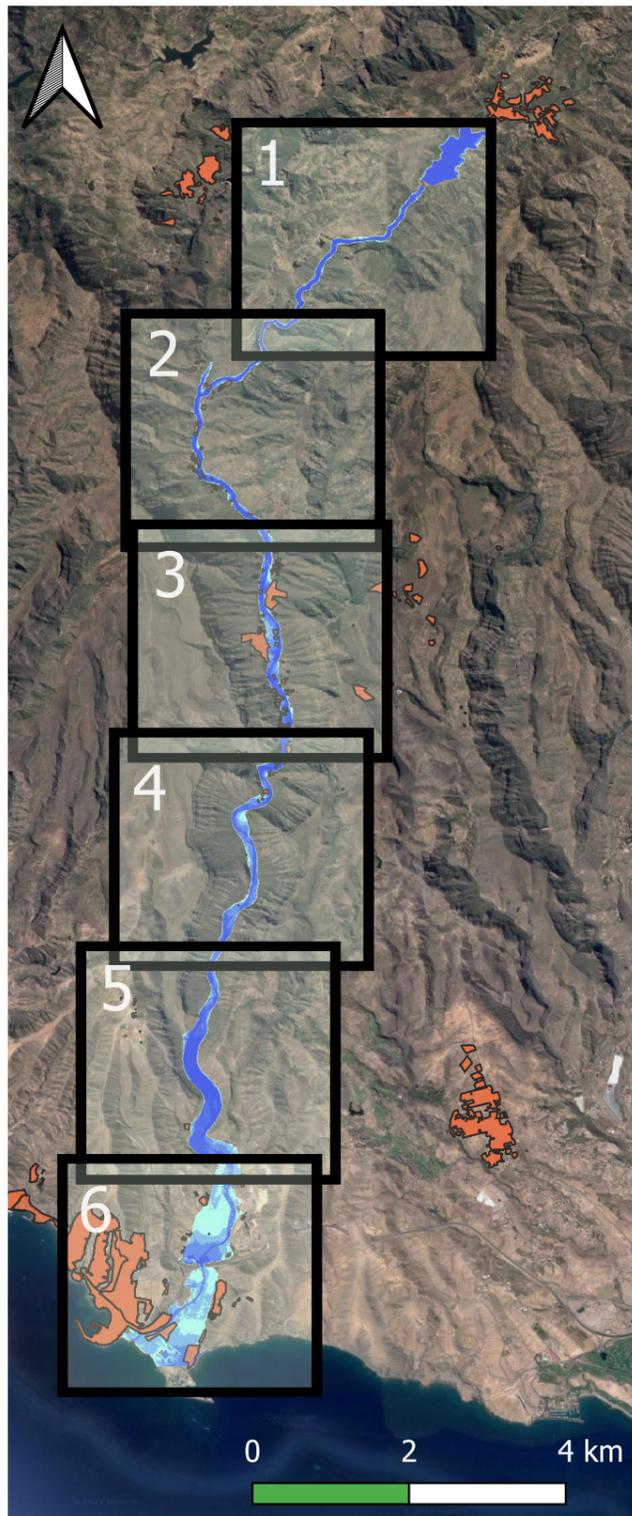
ESCENARIO SIN AVENIDA, ROTURA 10 MINUTOS

PLANO Nº:

06

HOJA:

3/6



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN E INUNDACIÓN

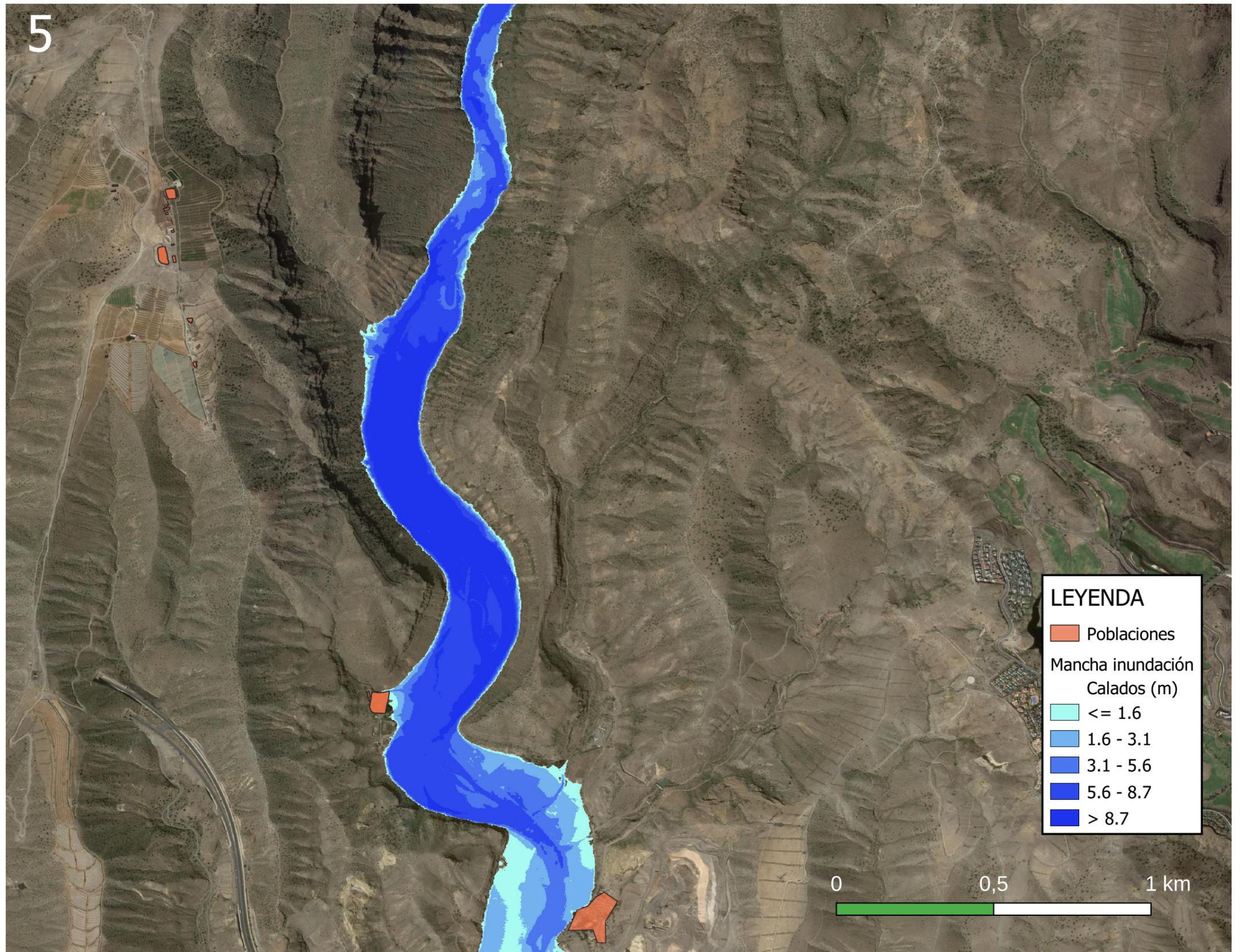
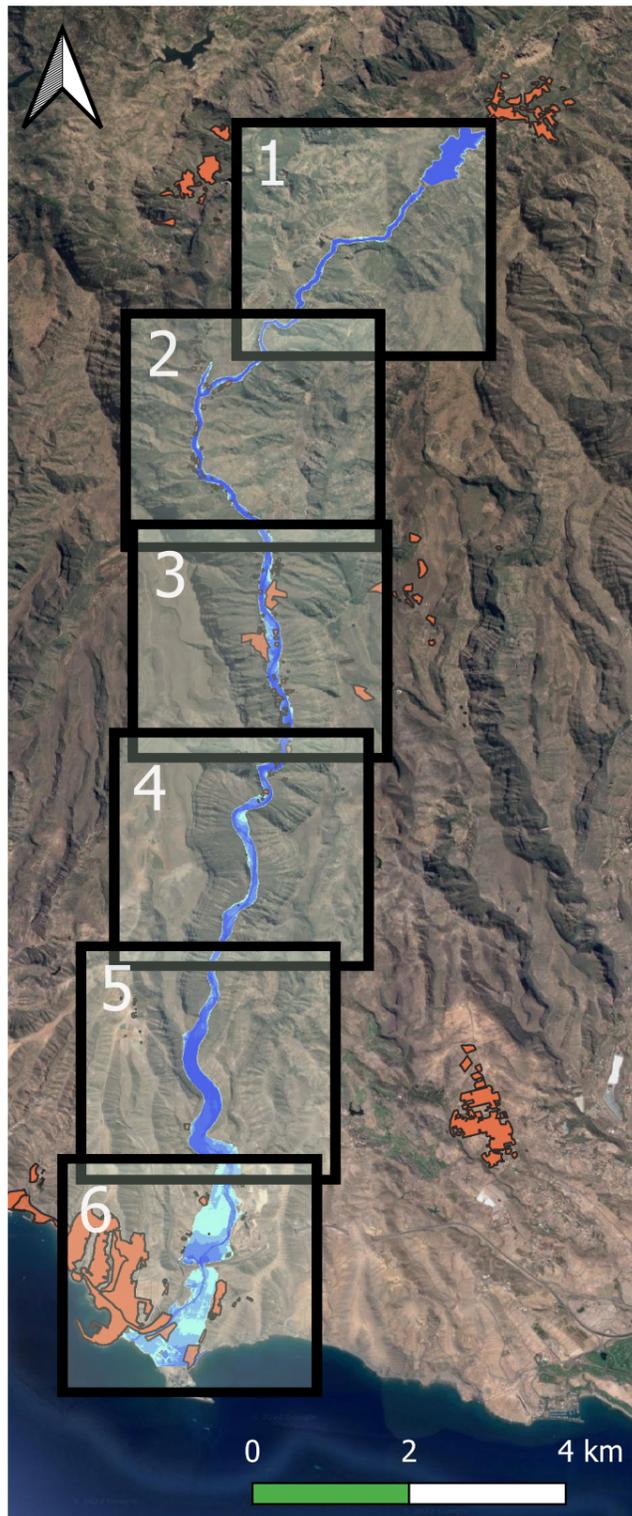
ESCENARIO SIN AVENIDA, ROTURA 10 MINUTOS

PLANO Nº:

06

HOJA:

4/6



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN E INUNDACIÓN

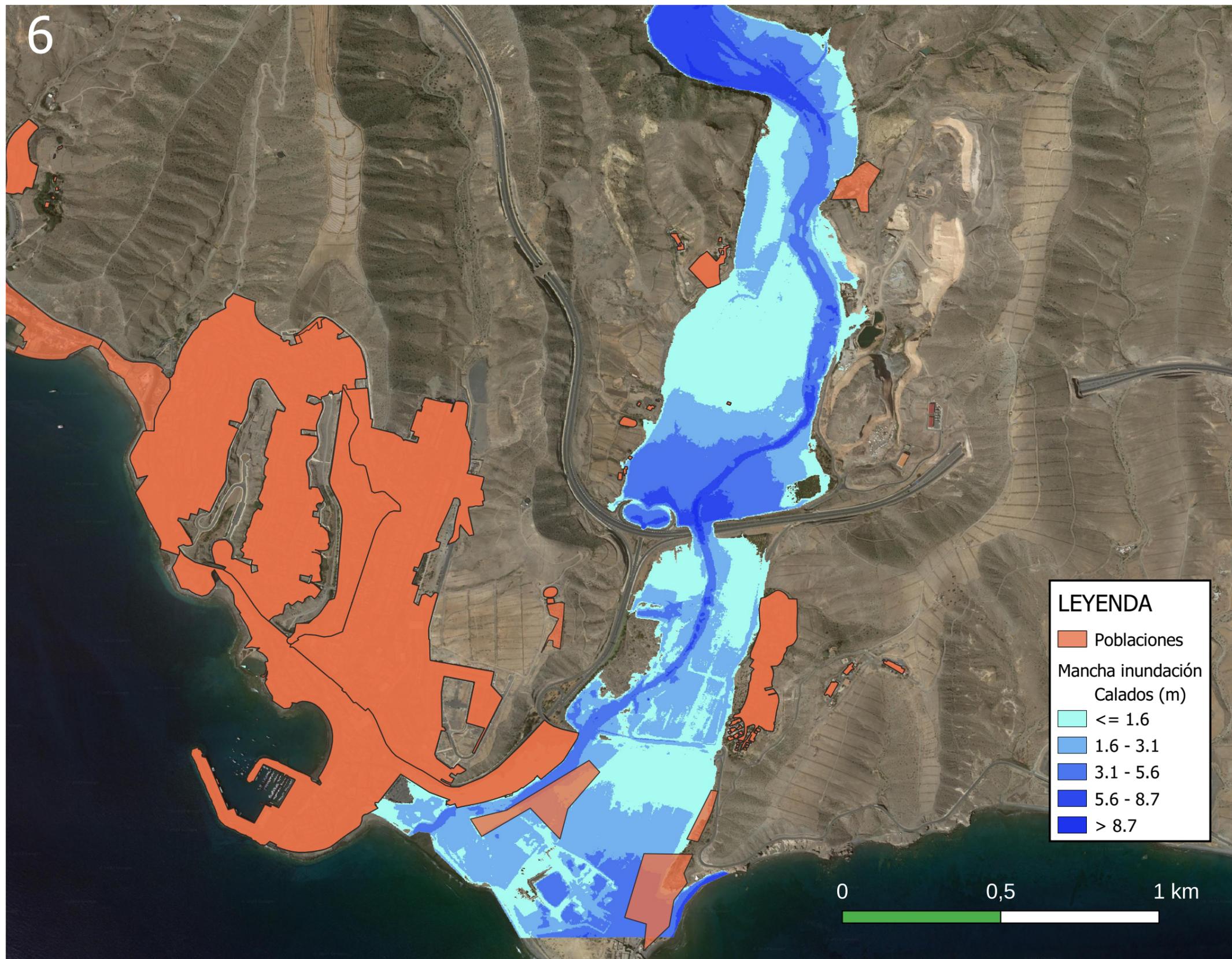
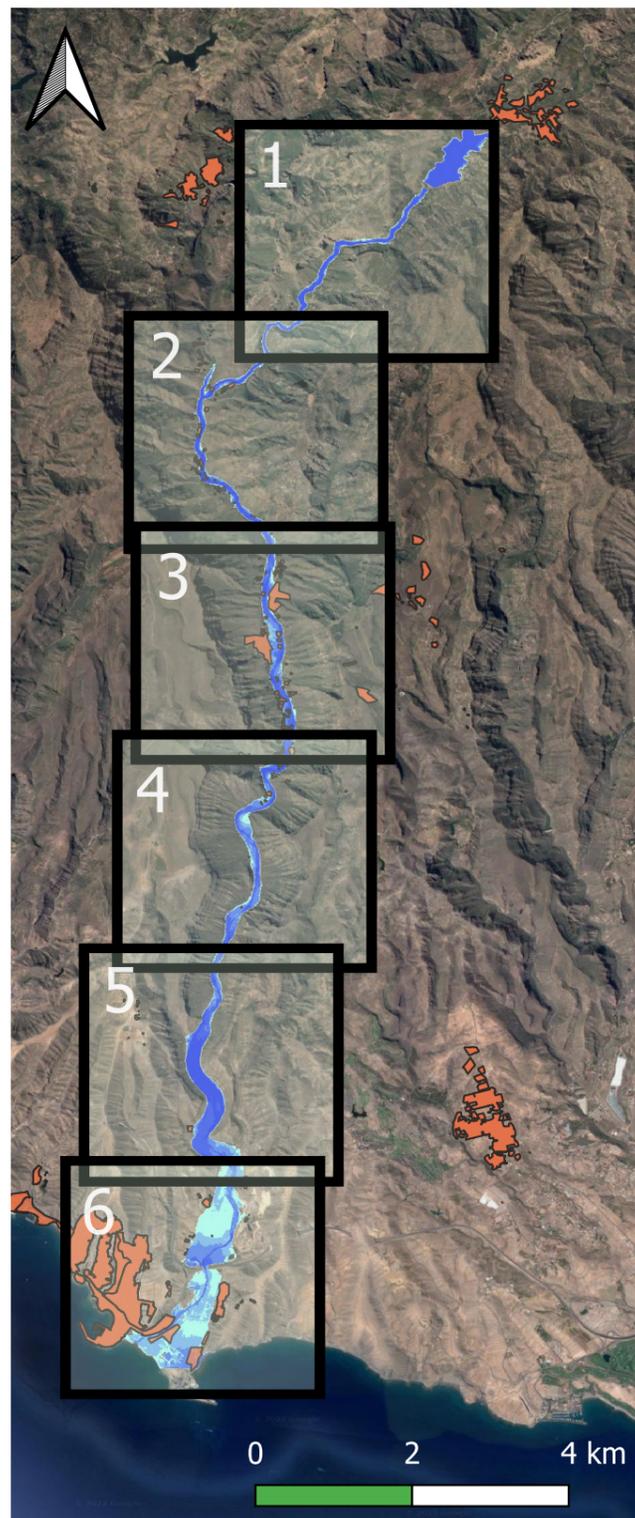
ESCENARIO SIN AVENIDA, ROTURA 10 MINUTOS

PLANO Nº:

06

HOJA:

5/6



LEYENDA

- Poblaciones
- Mancha inundación
- Calados (m)
- <= 1.6
- 1.6 - 3.1
- 3.1 - 5.6
- 5.6 - 8.7
- > 8.7



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN E INUNDACIÓN

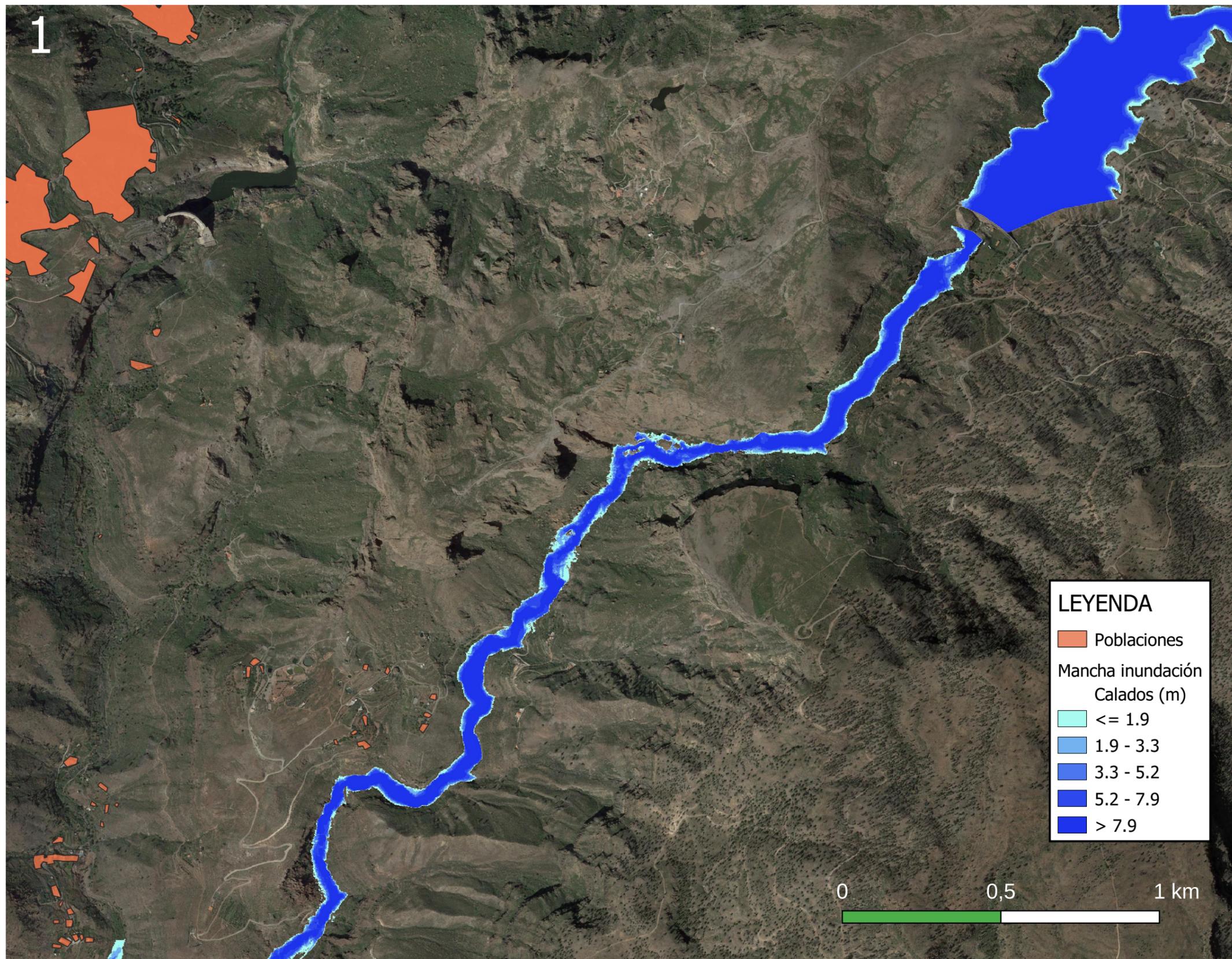
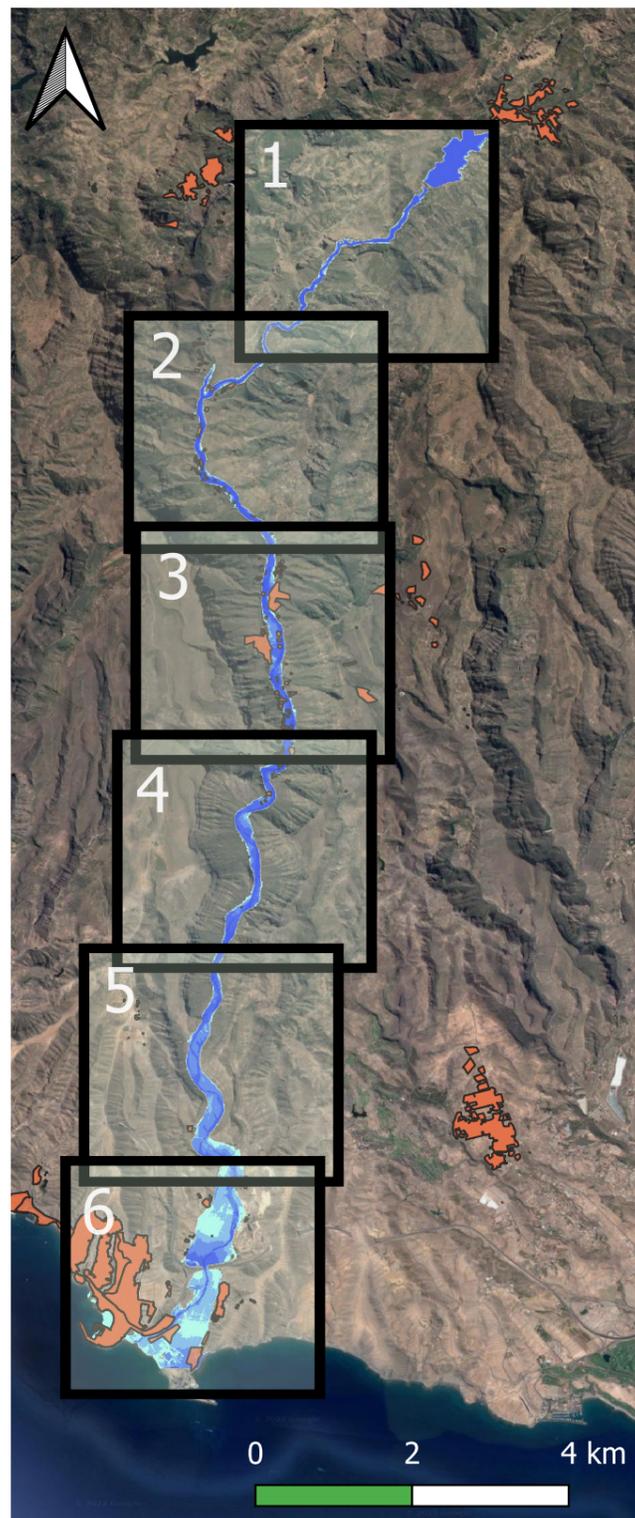
ESCENARIO SIN AVENIDA, ROTURA 10 MINUTOS

PLANO Nº:

06

HOJA:

6/6



LEYENDA

- Poblaciones
- Mancha inundación
- Calados (m)
- <= 1.9
- 1.9 - 3.3
- 3.3 - 5.2
- 5.2 - 7.9
- > 7.9



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN E INUNDACIÓN

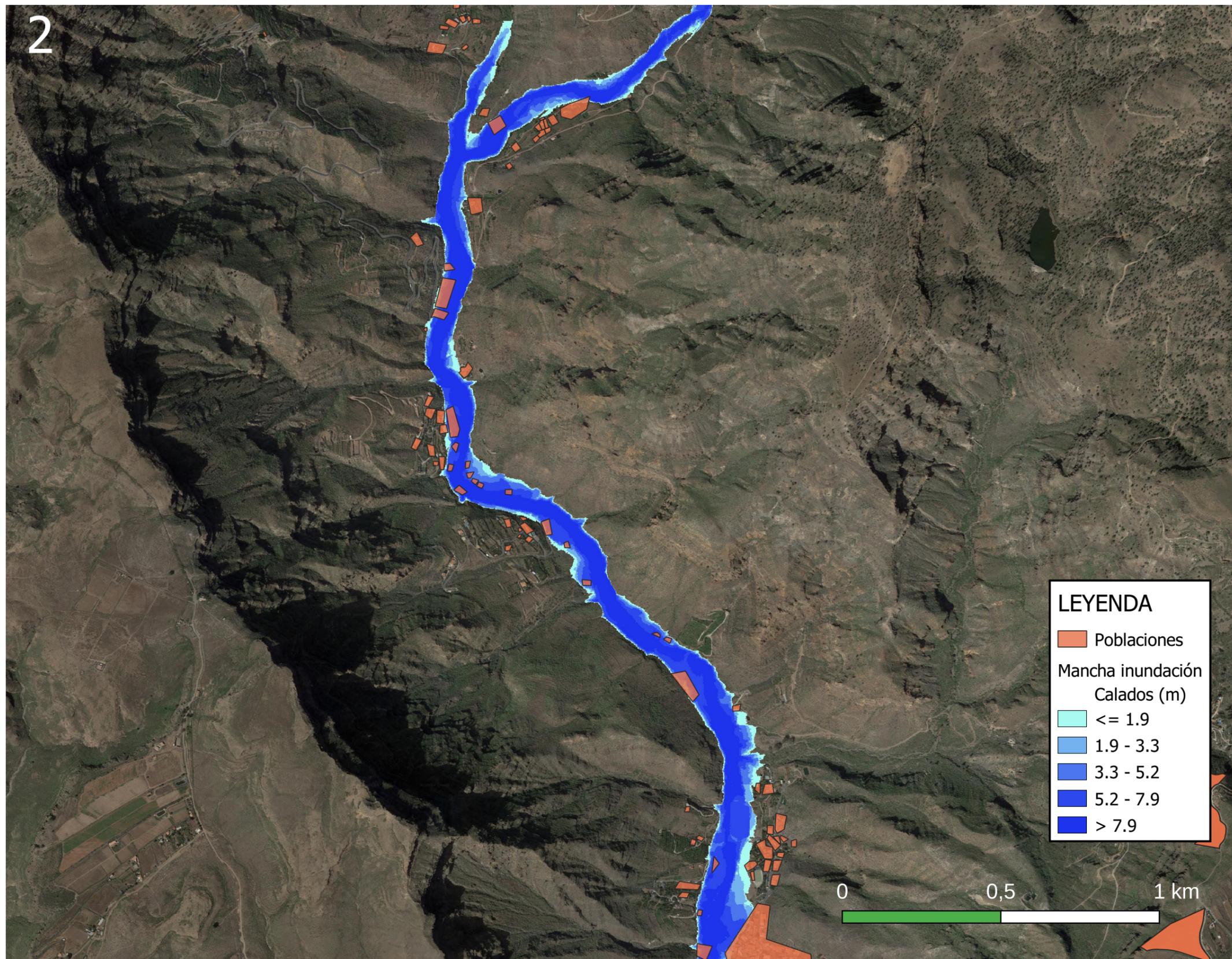
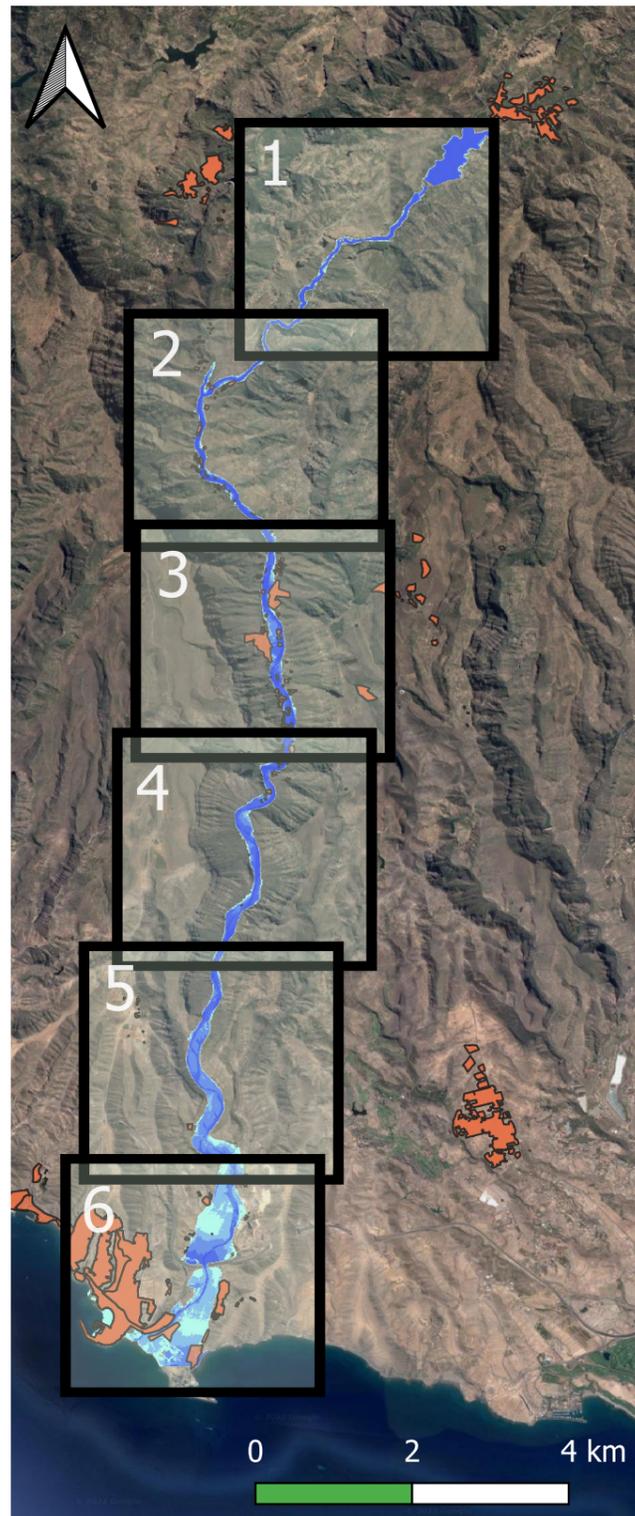
ESCENARIO CON AVENIDA, ROTURA 15 MINUTOS

PLANO Nº:

07

HOJA:

1/6



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN E INUNDACIÓN

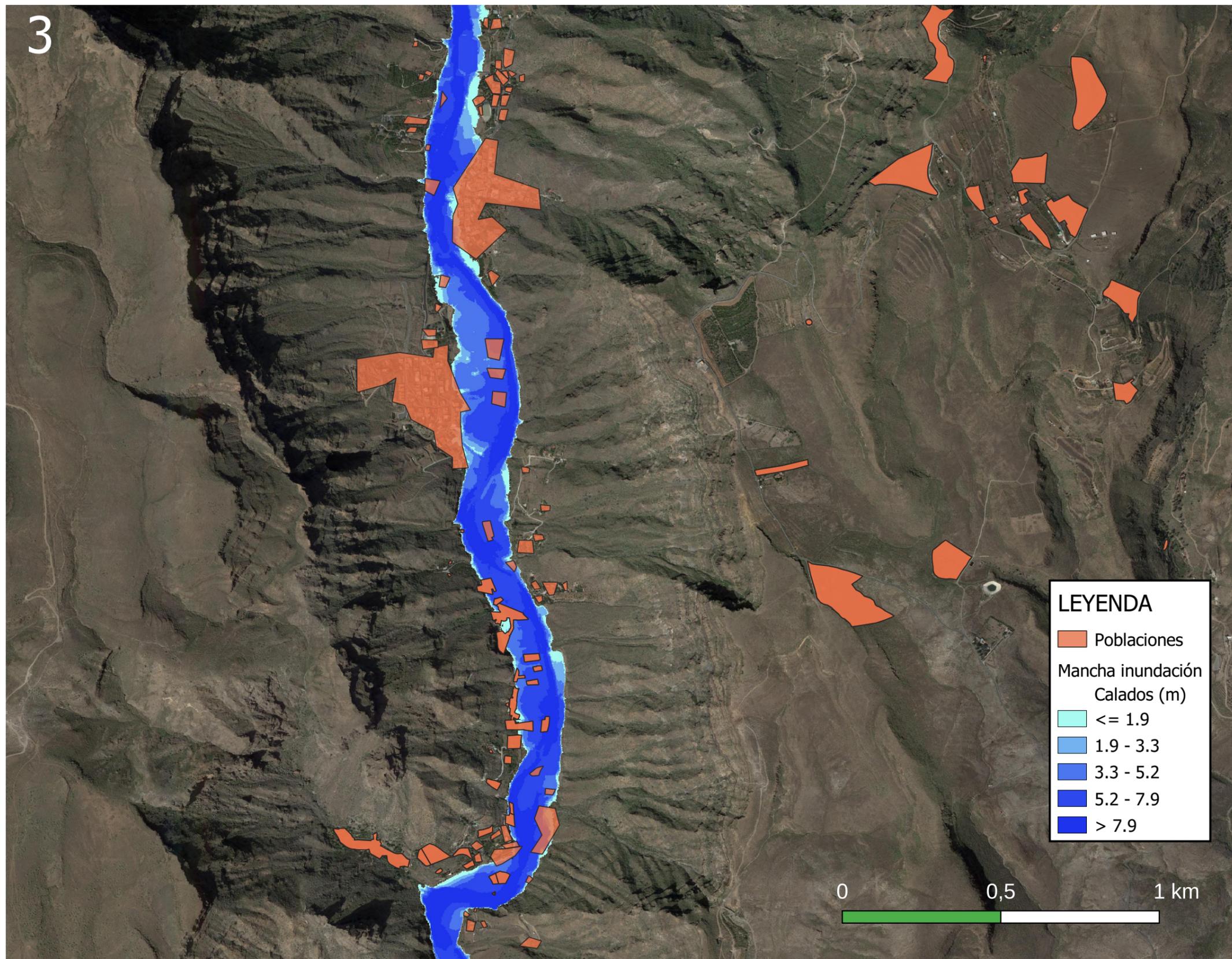
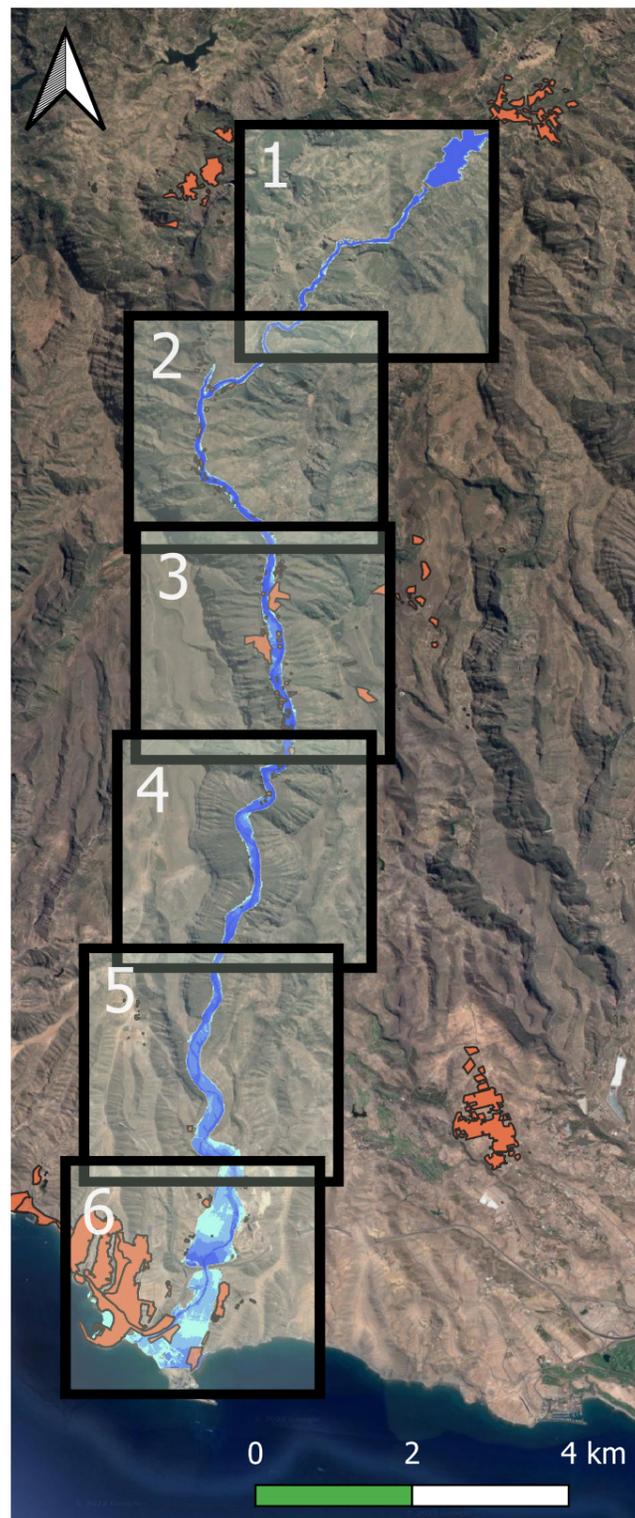
ESCENARIO CON AVENIDA, ROTURA 15 MINUTOS

PLANO Nº:

07

HOJA:

2/6



LEYENDA

- Poblaciones
- Mancha inundación
- Calados (m)
- <= 1.9
- 1.9 - 3.3
- 3.3 - 5.2
- 5.2 - 7.9
- > 7.9



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN E INUNDACIÓN

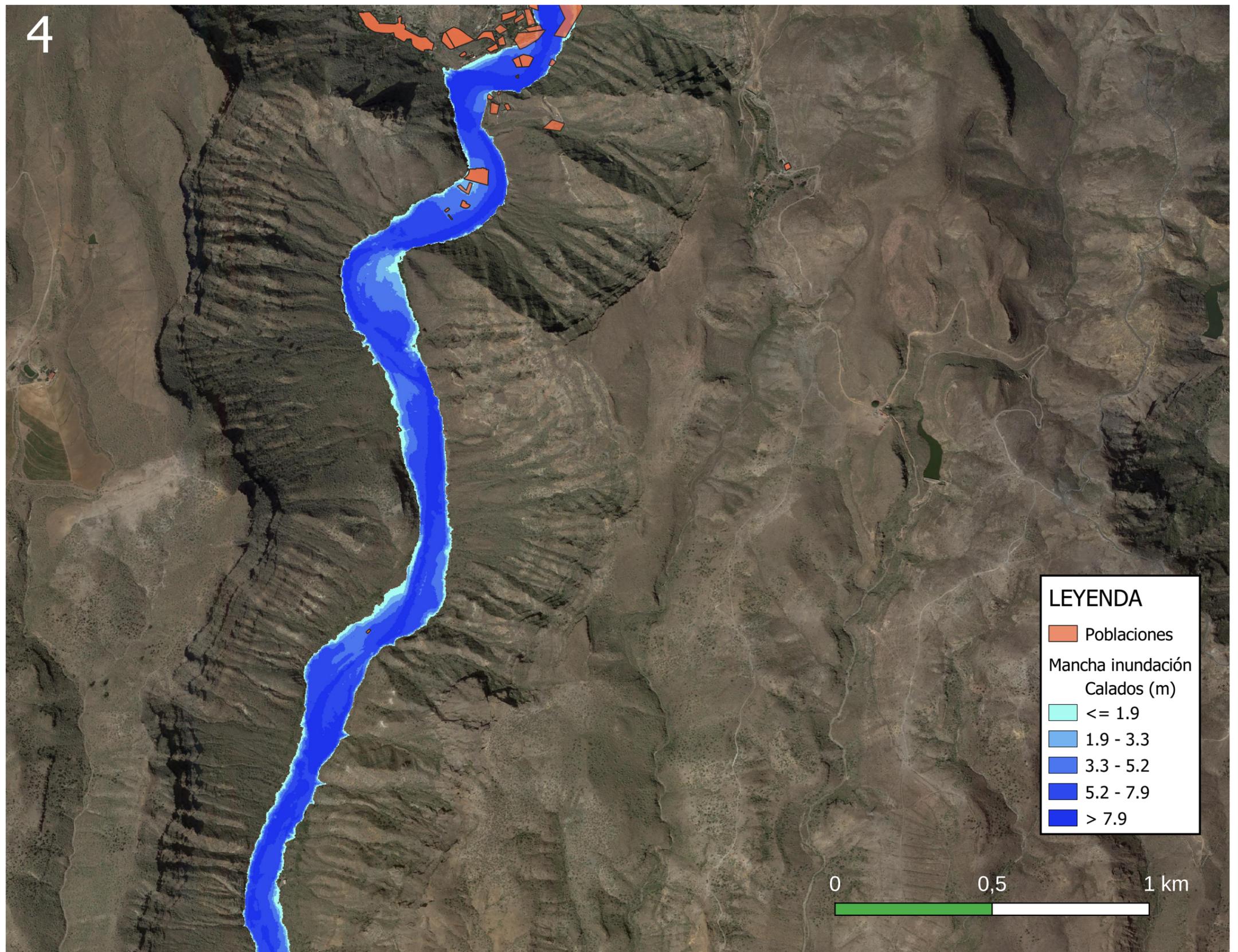
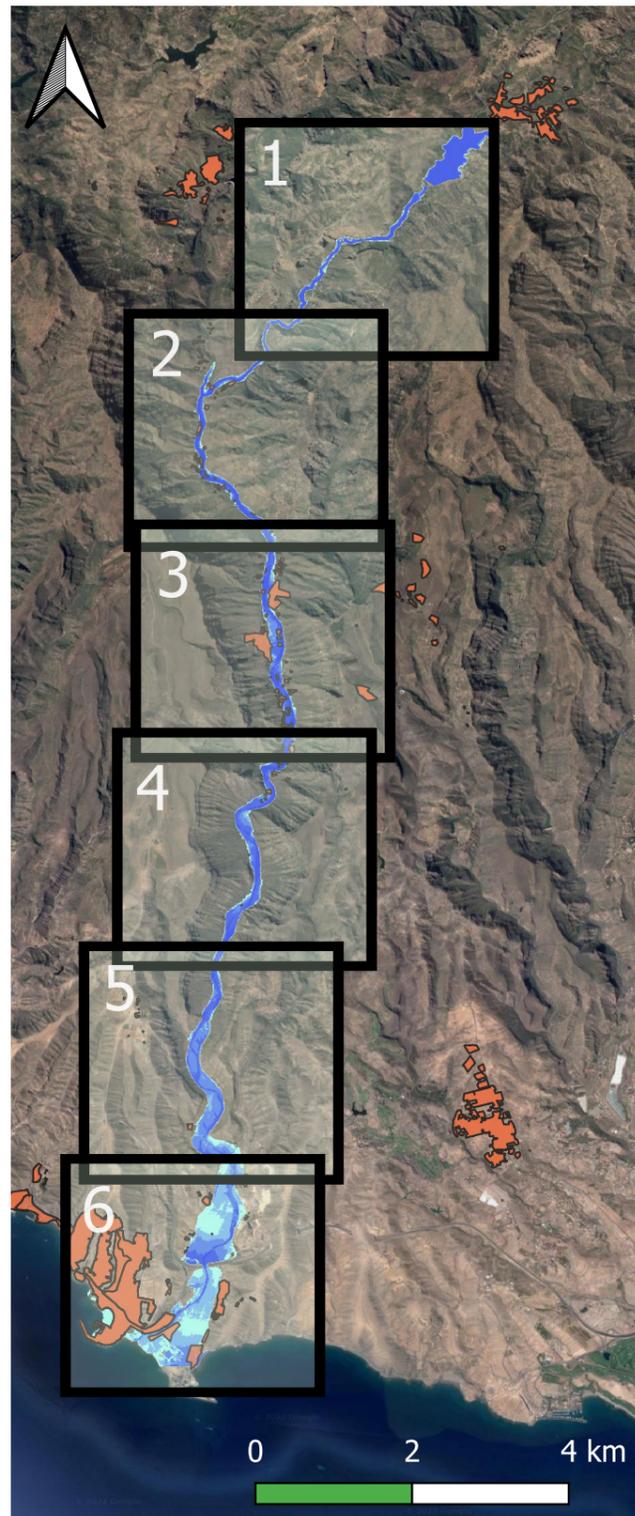
ESCENARIO CON AVENIDA, ROTURA 15 MINUTOS

PLANO Nº:

07

HOJA:

3/6



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN E INUNDACIÓN

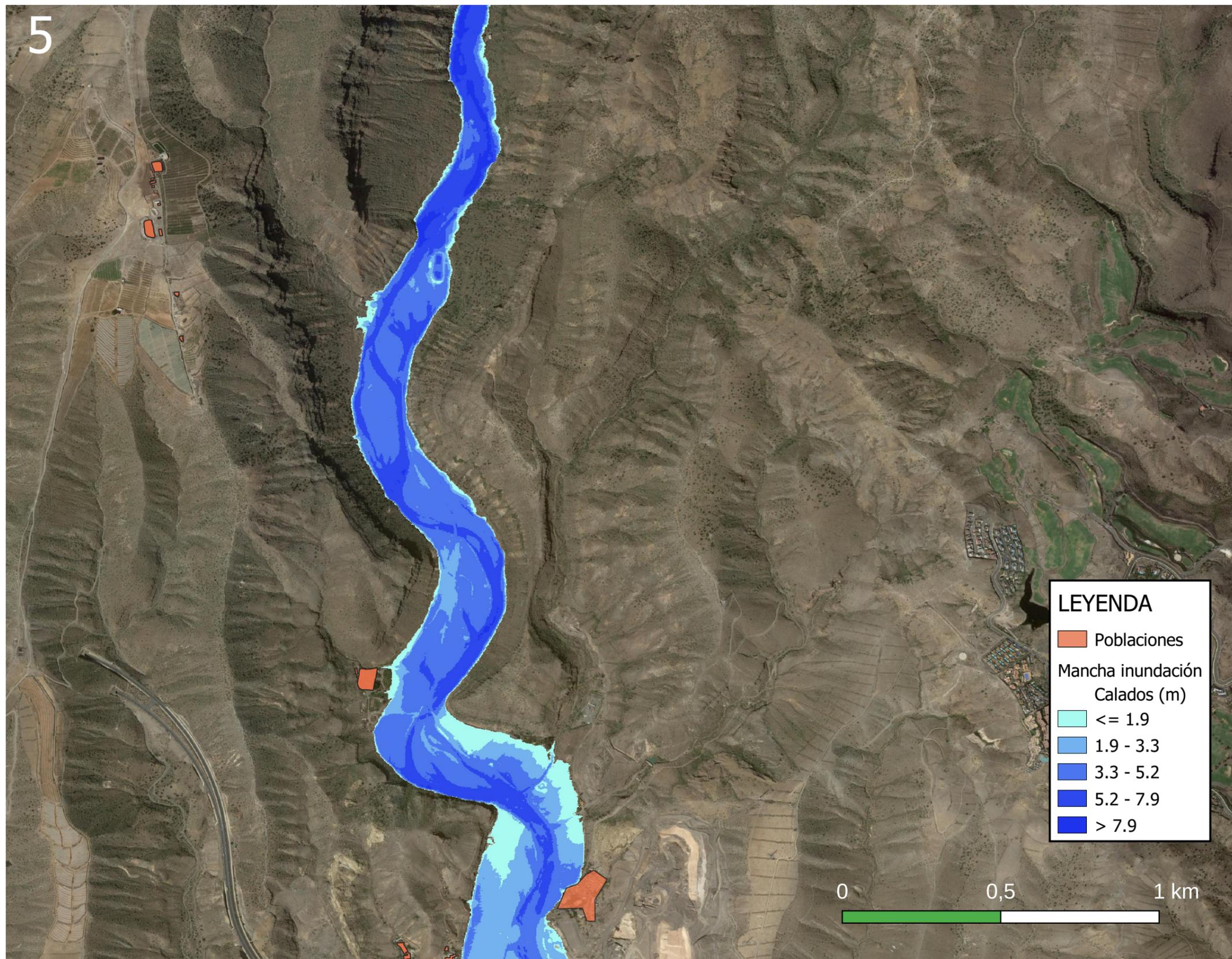
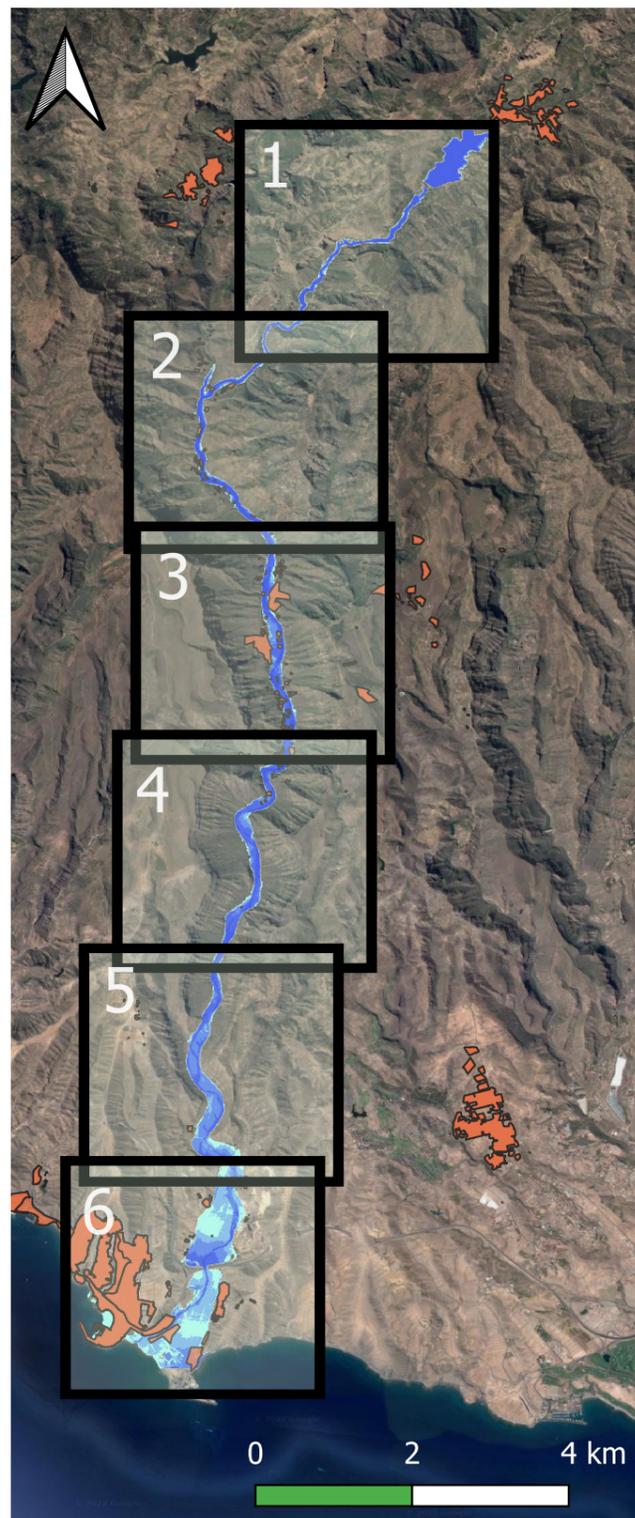
ESCENARIO CON AVENIDA, ROTURA 15 MINUTOS

PLANO Nº:

07

HOJA:

4/6



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN E INUNDACIÓN

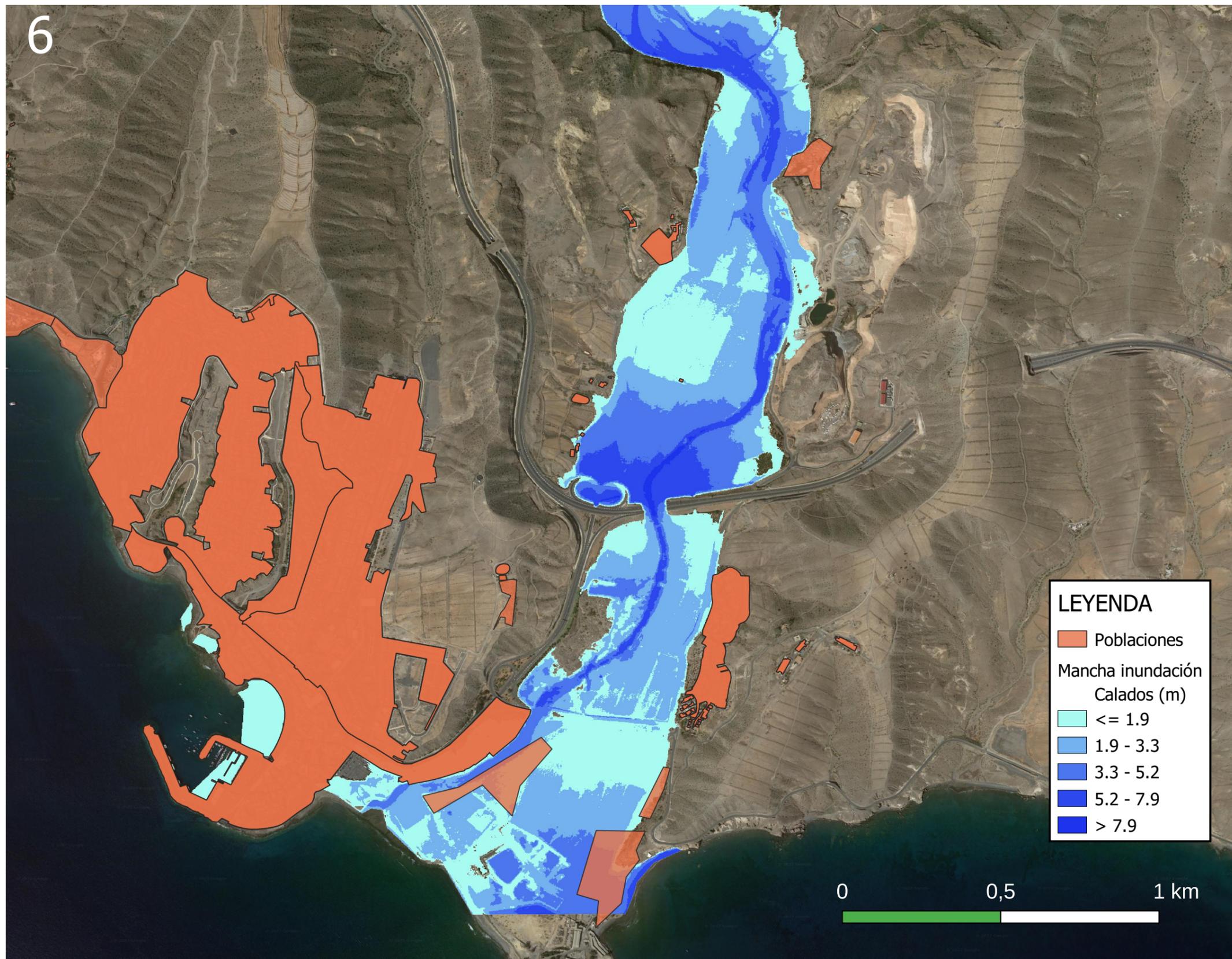
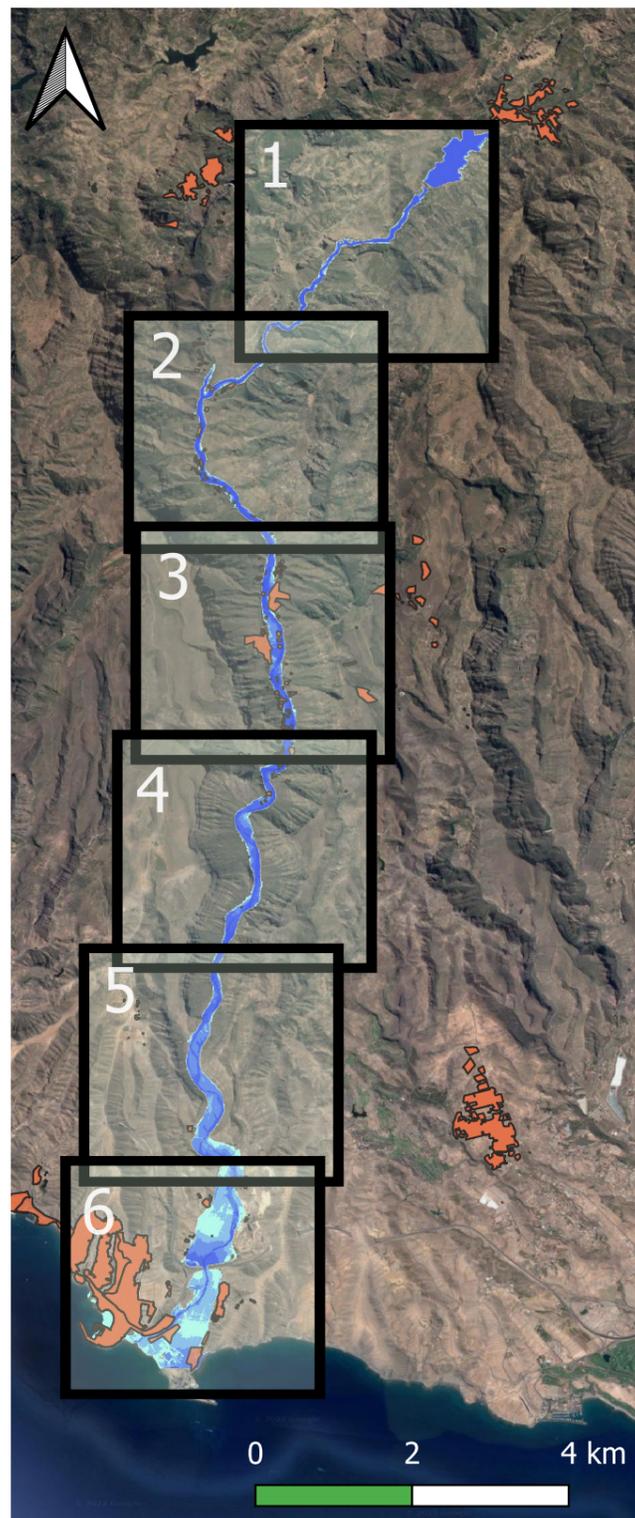
ESCENARIO CON AVENIDA, ROTURA 15 MINUTOS

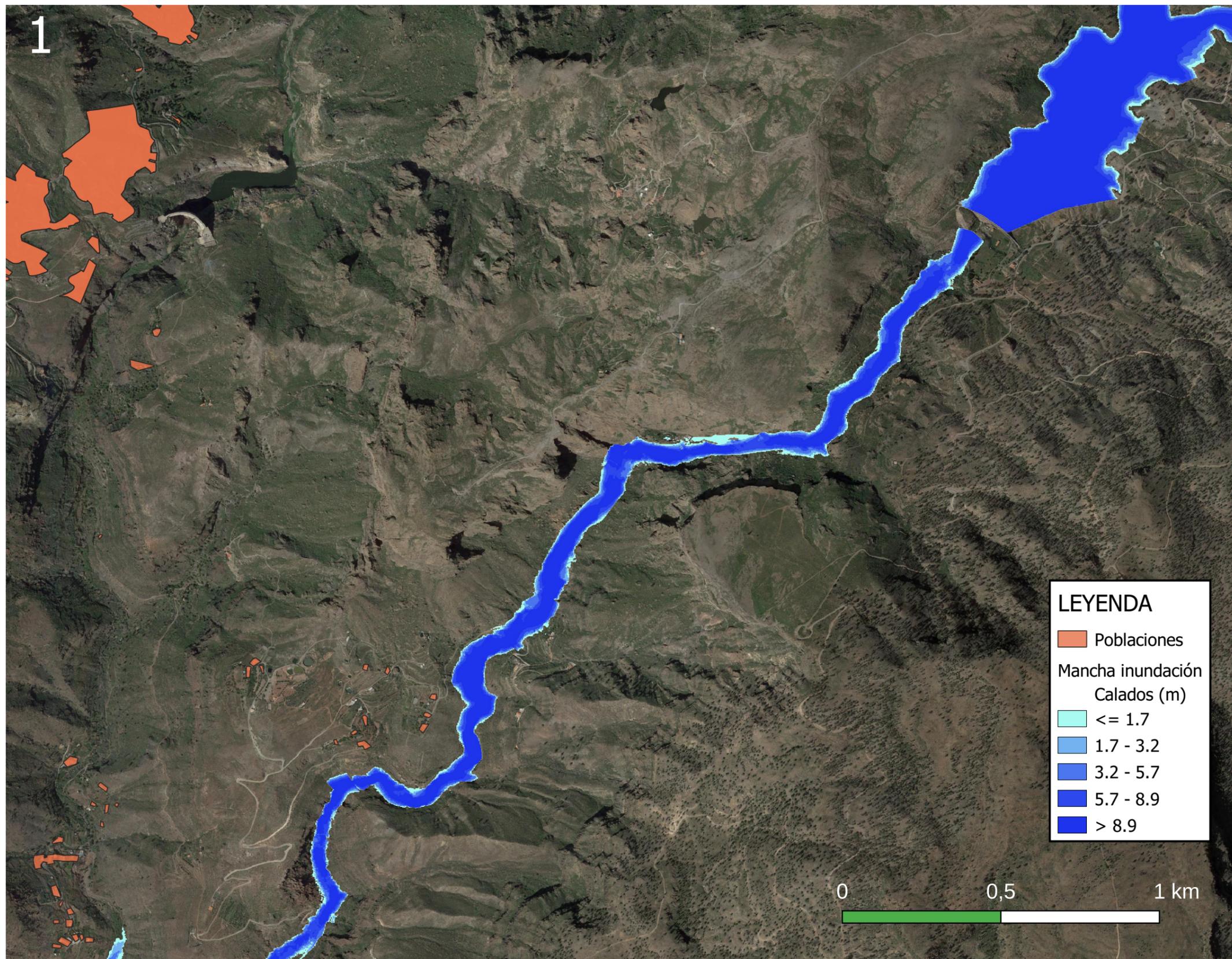
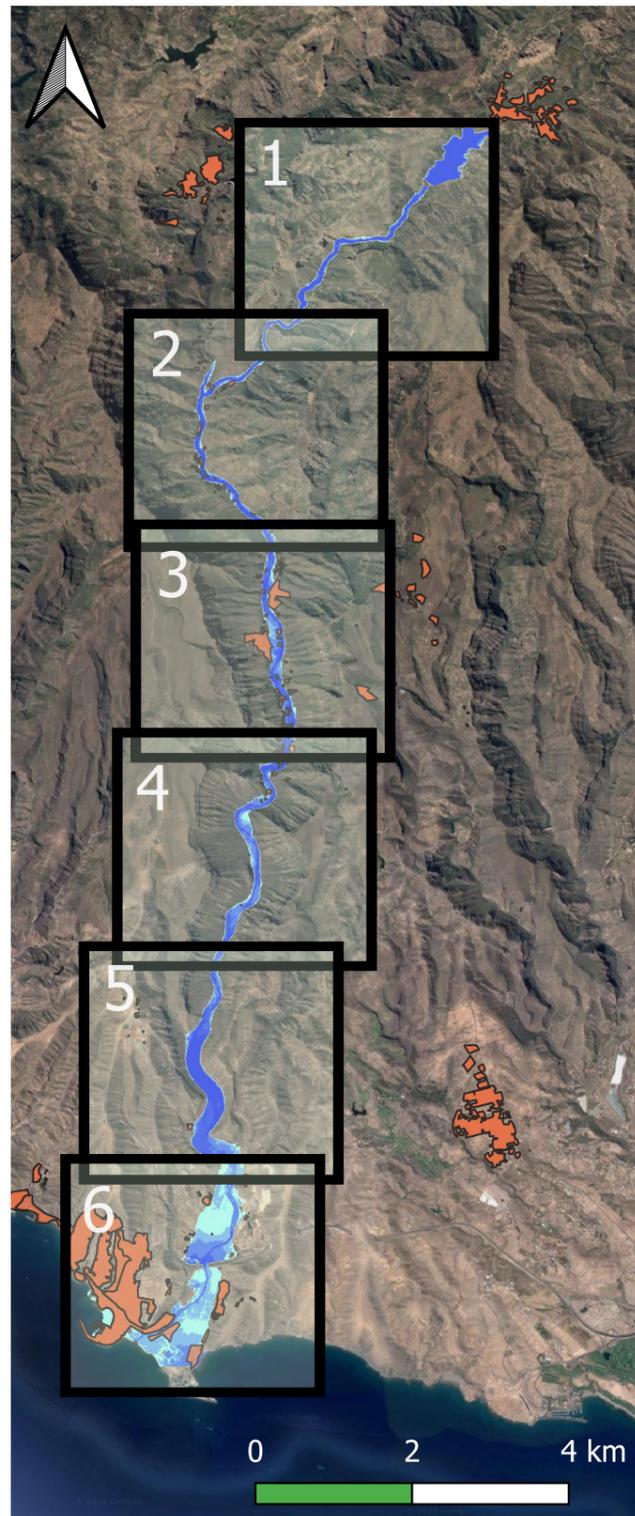
PLANO Nº:

07

HOJA:

5/6





LEYENDA

- Poblaciones
- Mancha inundación
- Calados (m)
- <= 1.7
- 1.7 - 3.2
- 3.2 - 5.7
- 5.7 - 8.9
- > 8.9



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN E INUNDACIÓN

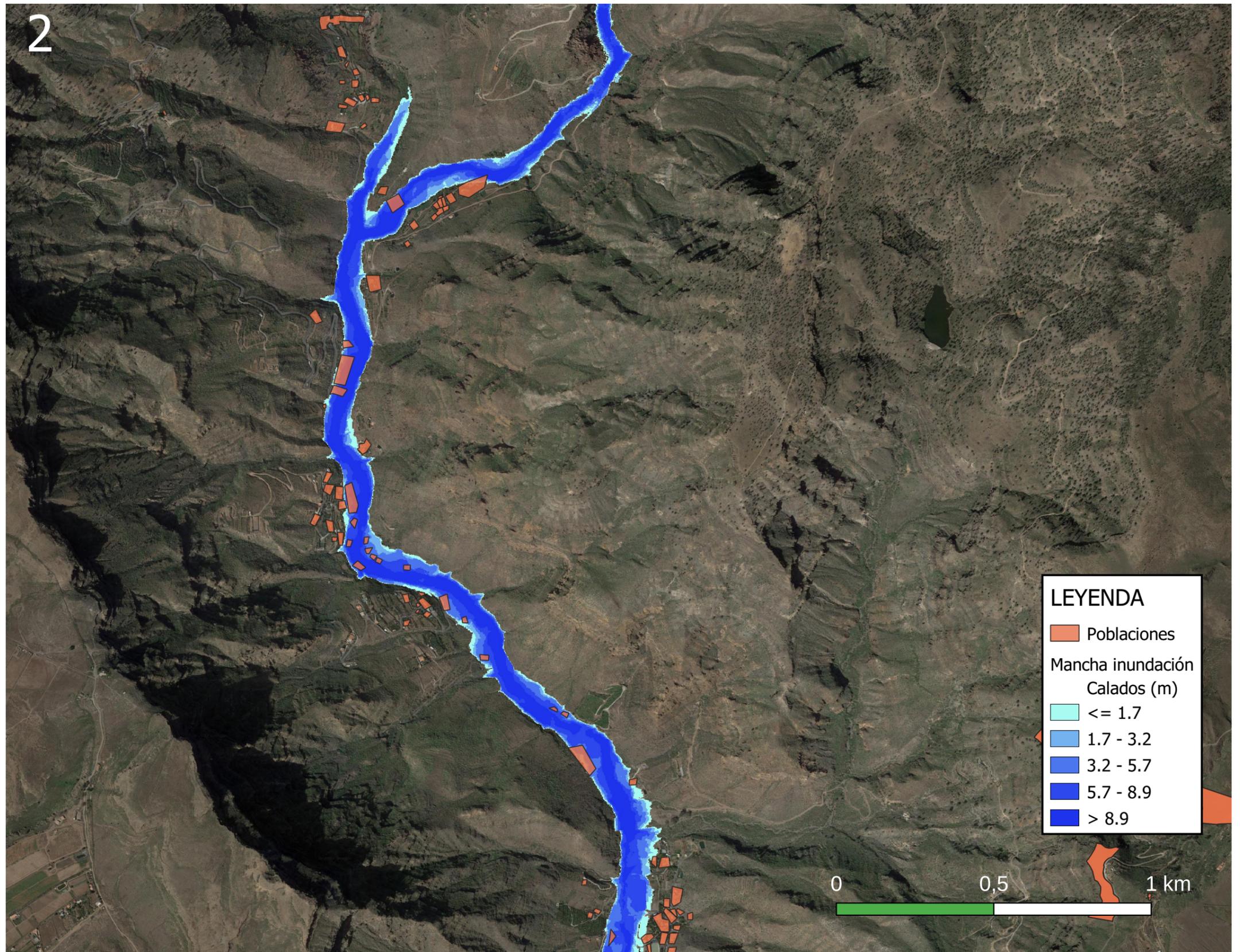
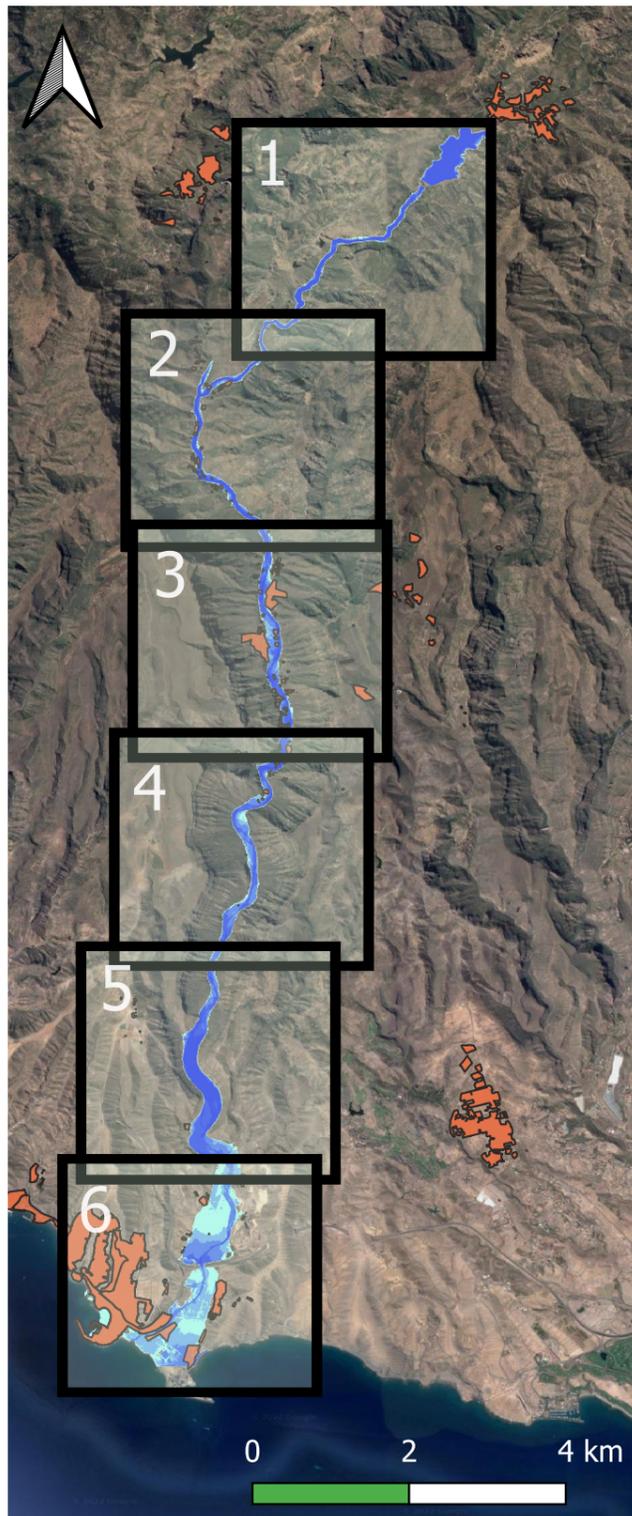
ESCENARIO CON AVENIDA, ROTURA 10 MINUTOS

PLANO Nº:

08

HOJA:

1/6



LEYENDA

- Poblaciones
- Mancha inundación Calados (m)
- <= 1.7
- 1.7 - 3.2
- 3.2 - 5.7
- 5.7 - 8.9
- > 8.9



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN E INUNDACIÓN

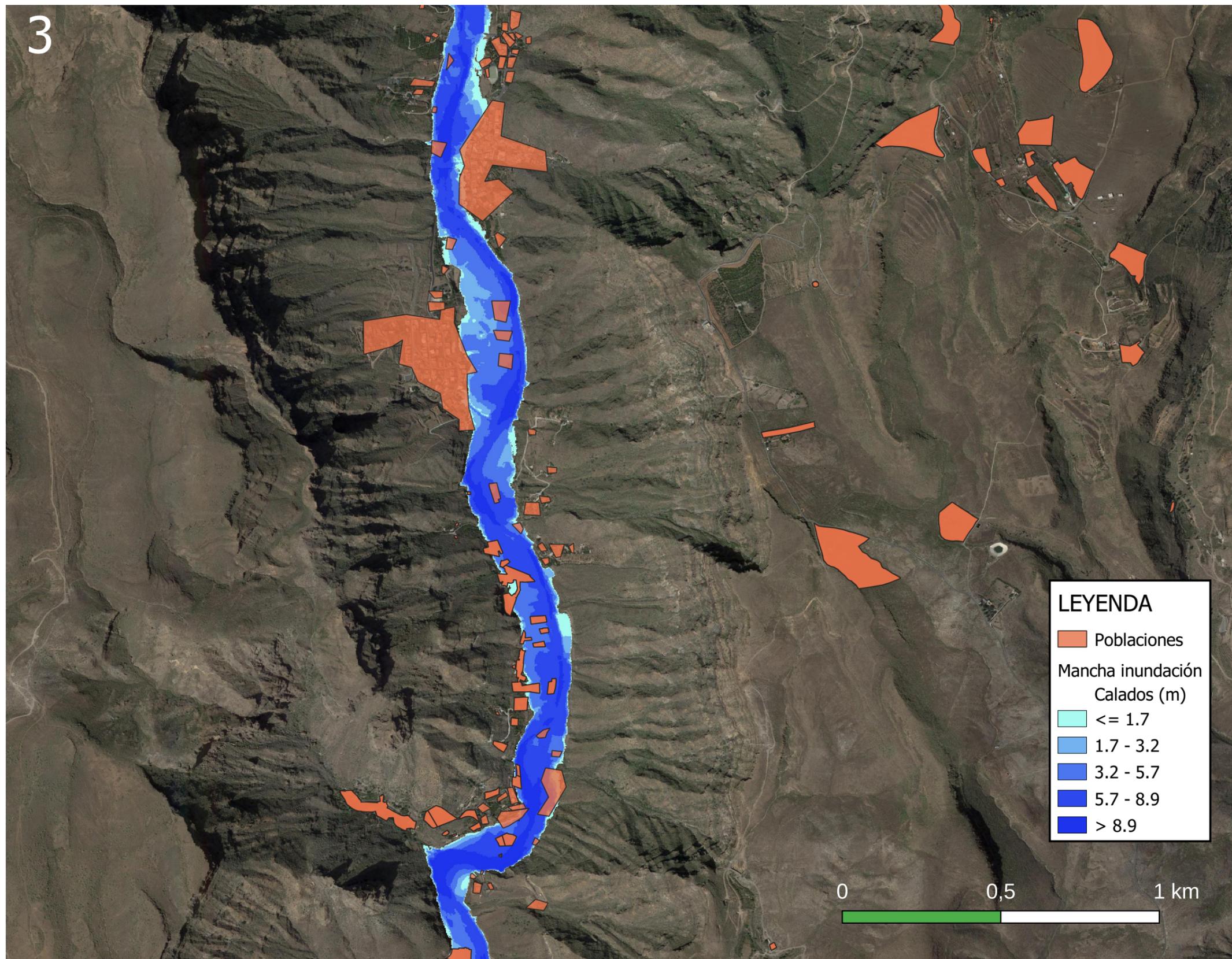
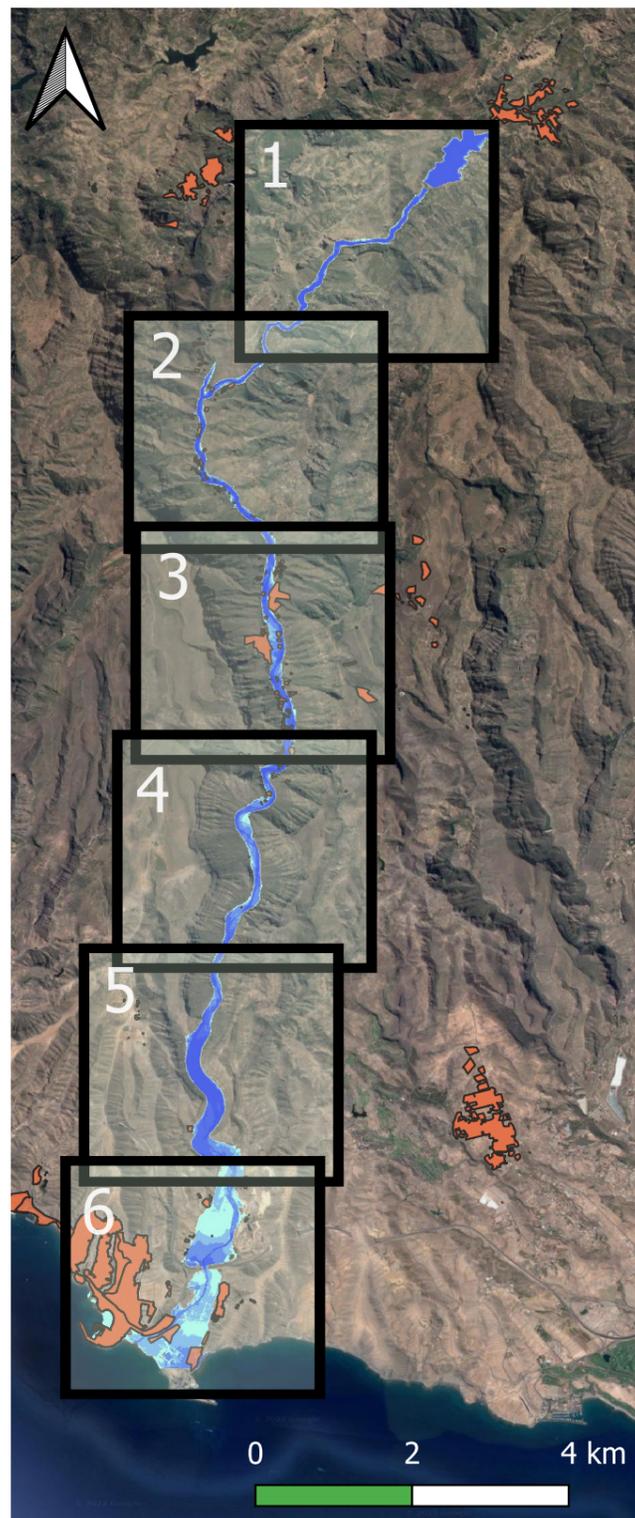
ESCENARIO CON AVENIDA, ROTURA 10 MINUTOS

PLANO Nº:

08

HOJA:

2/6



LEYENDA

- Poblaciones
- Mancha inundación Calados (m)
- <= 1.7
- 1.7 - 3.2
- 3.2 - 5.7
- 5.7 - 8.9
- > 8.9



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN E INUNDACIÓN

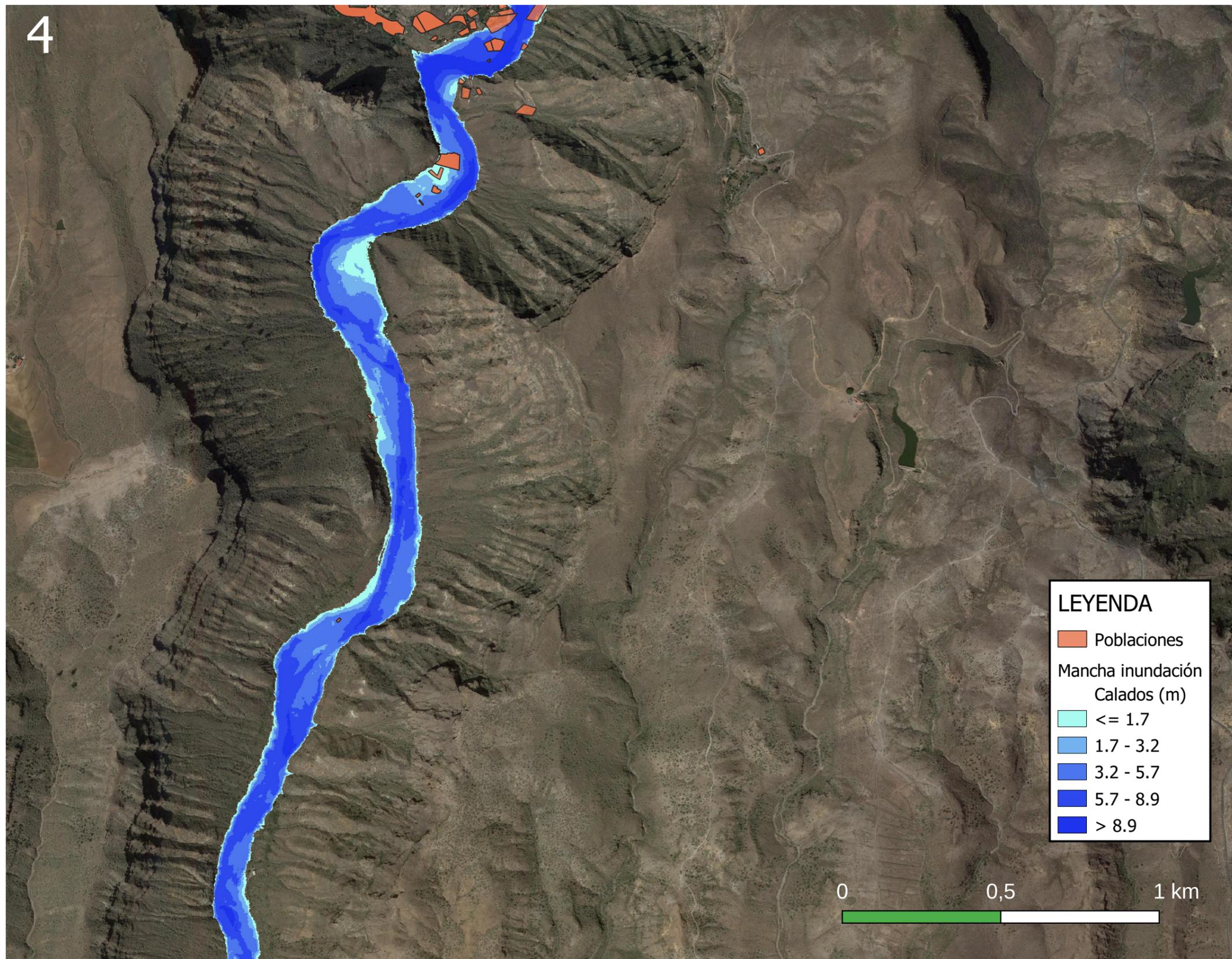
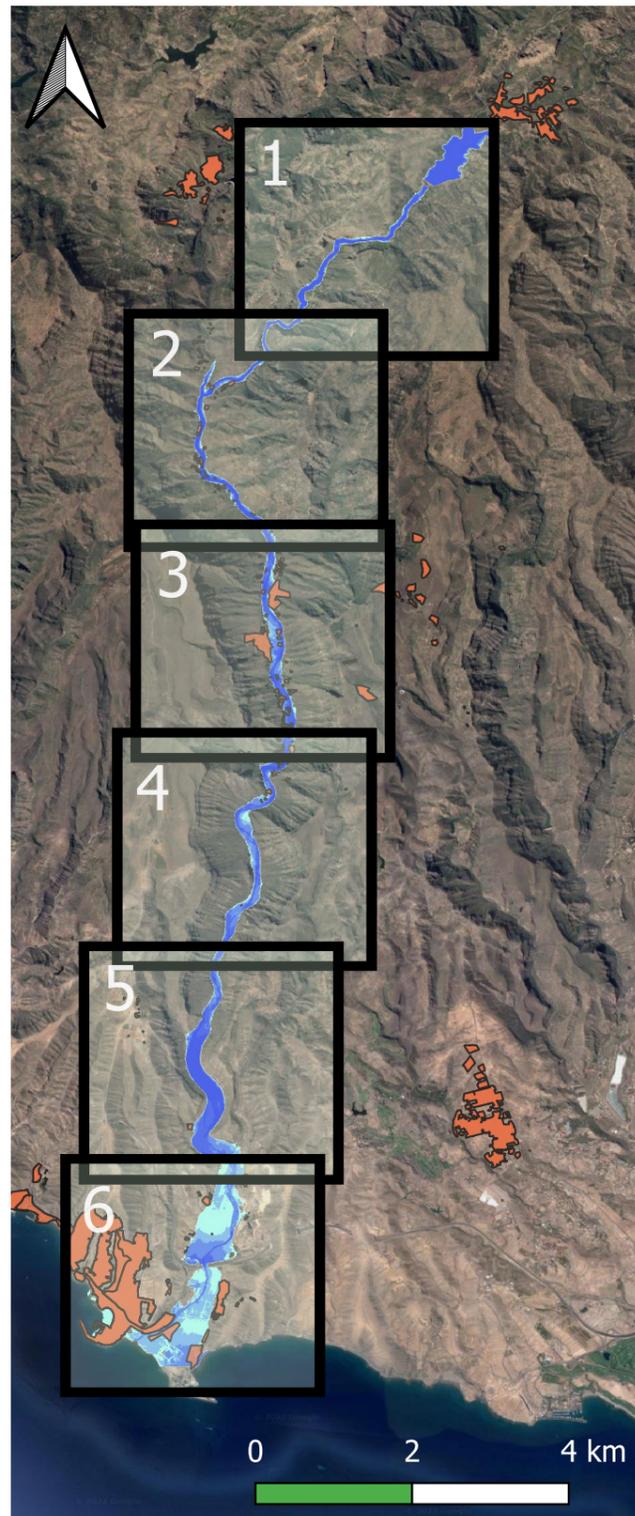
ESCENARIO CON AVENIDA, ROTURA 10 MINUTOS

PLANO Nº:

08

HOJA:

3/6



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN E INUNDACIÓN

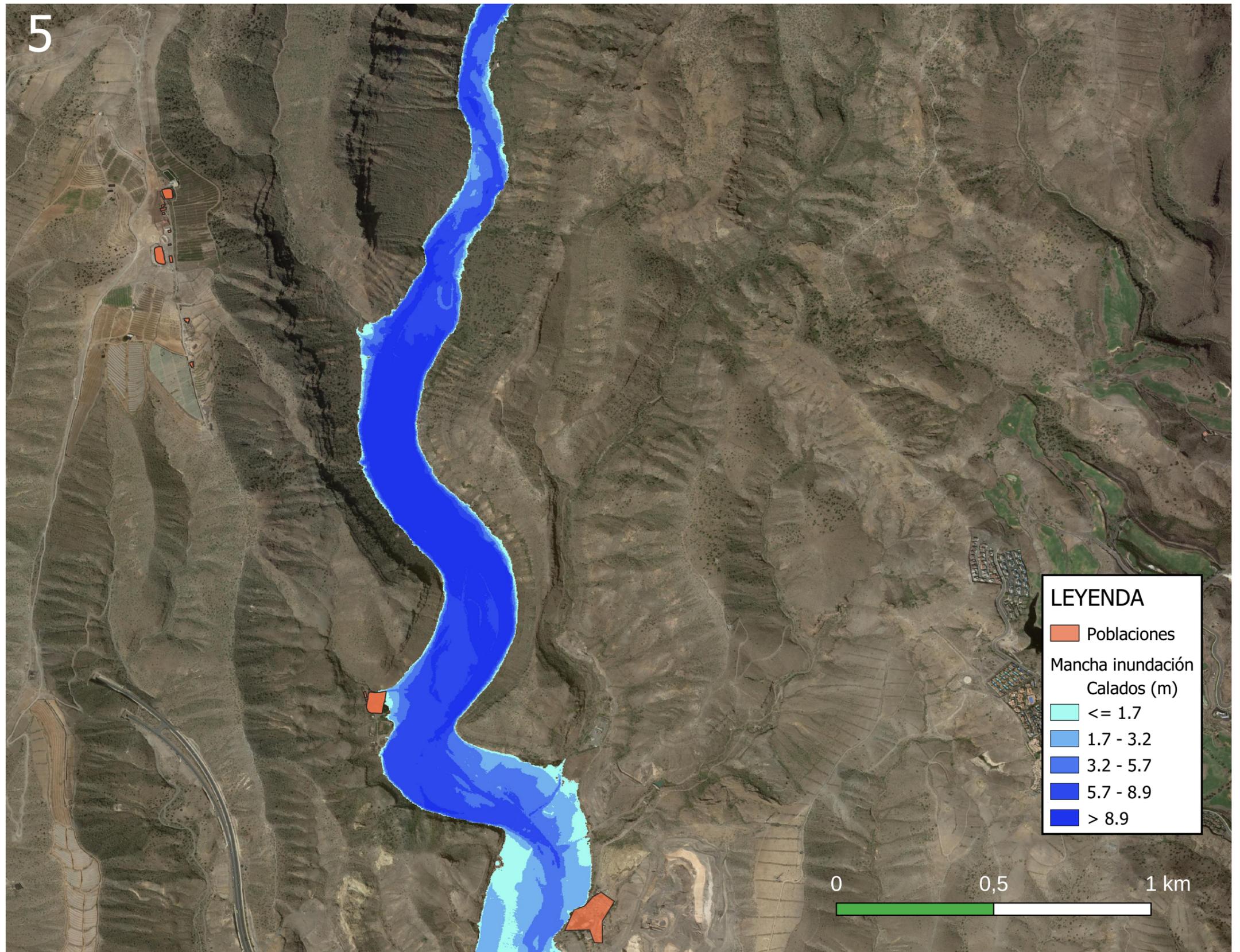
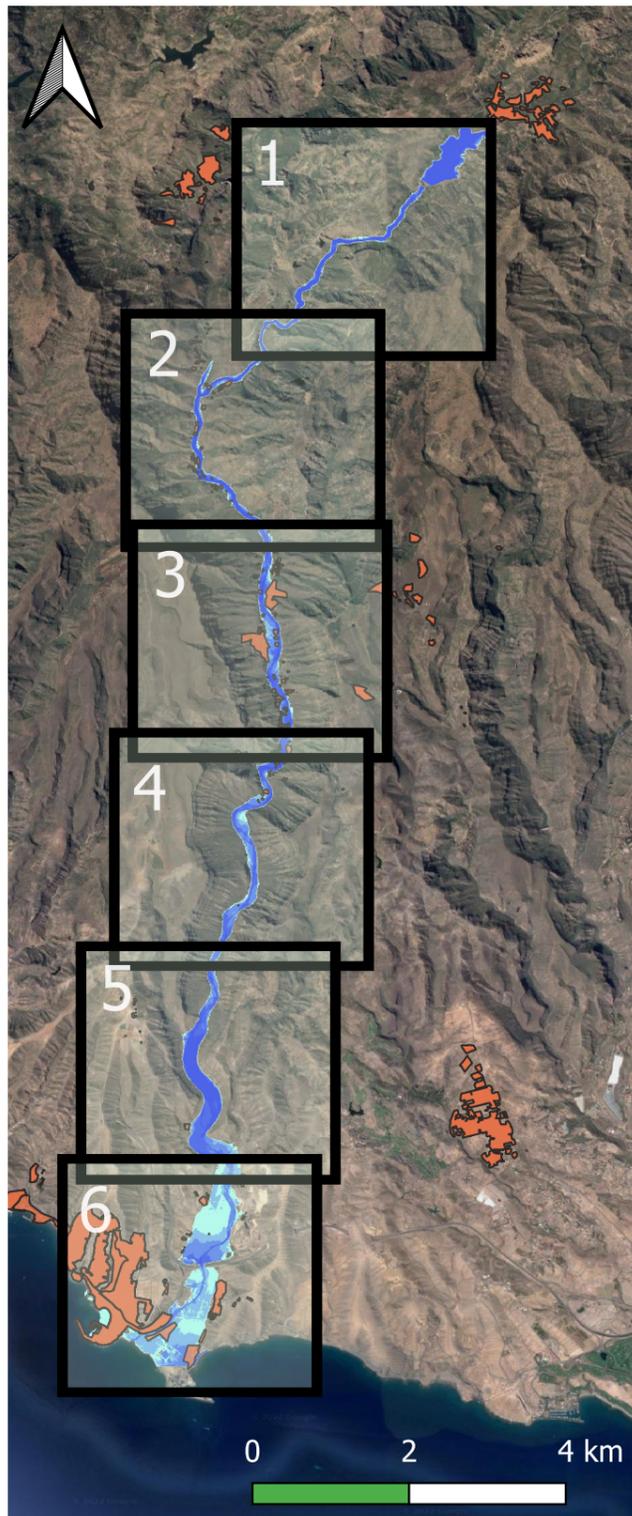
ESCENARIO CON AVENIDA, ROTURA 10 MINUTOS

PLANO Nº:

08

HOJA:

4/6



Firmado:
Aitor Pérez Poveda

Fecha:
Julio 2022

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE DEL RIESGO POTENCIAL DE
LA PRESA DE CHIRA (GRAN CANARIA)

TÍTULO DEL PLANO:

POBLACIÓN E INUNDACIÓN

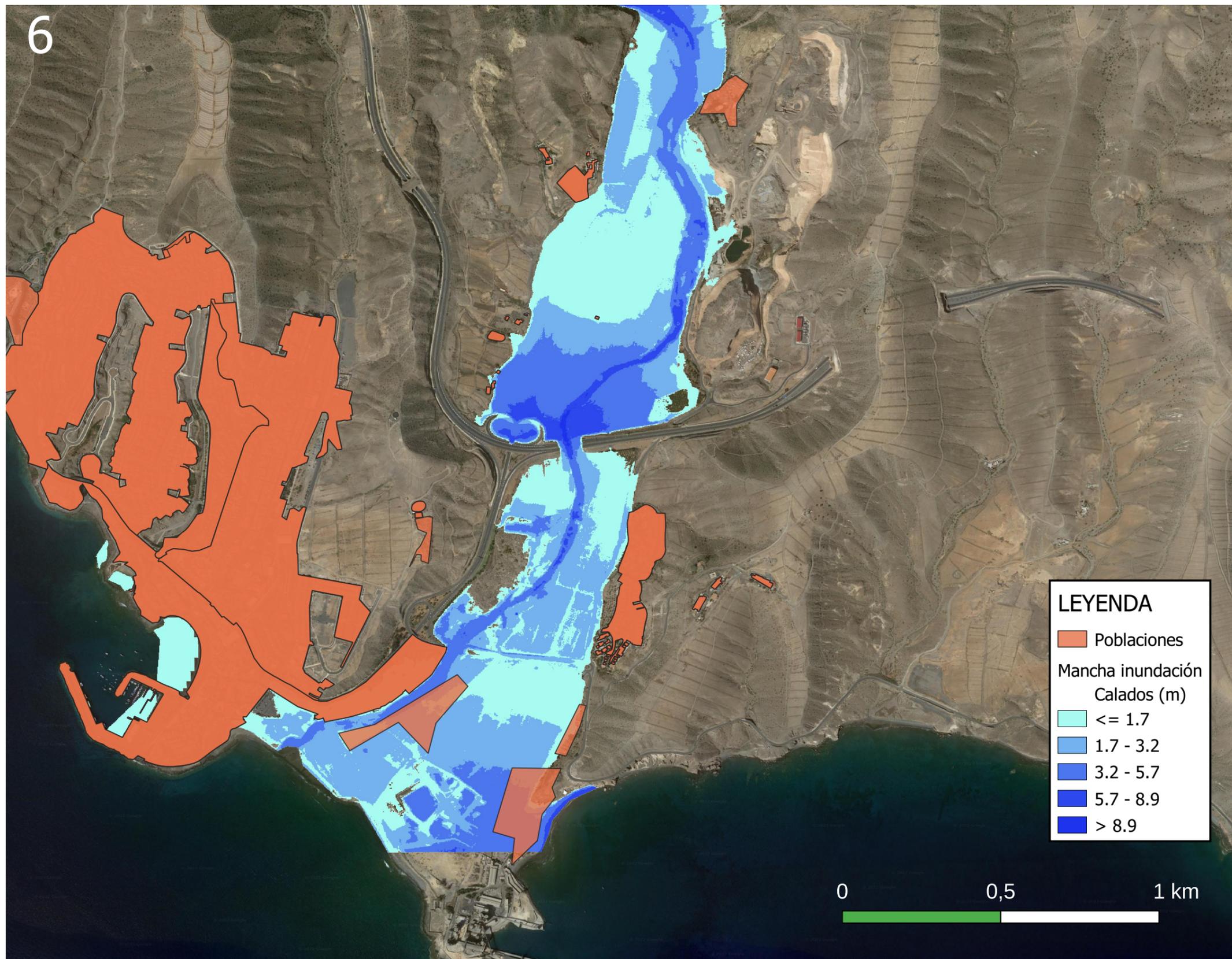
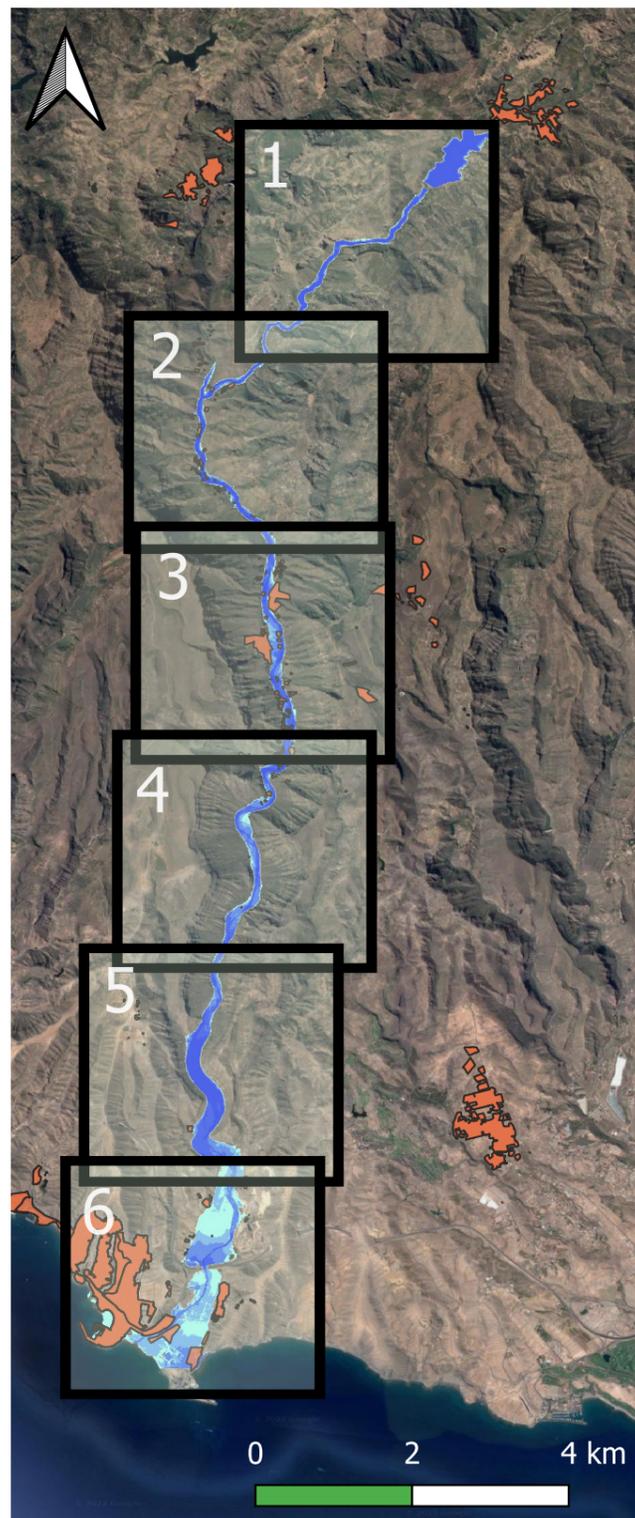
ESCENARIO CON AVENIDA, ROTURA 10 MINUTOS

PLANO Nº:

08

HOJA:

5/6



Anejo 3. ECUACIONES QUE RIGEN EL ANÁLISIS

1. Introducción

El software empleado en el presente proyecto para el cálculo bidimensional es el HEC-RAS versión 6.1.

El Sistema de Análisis de Ríos del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU. (HEC-RAS) desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica. Este software le permite realizar cálculos de flujo estacionario unidimensional, flujo no estacionario unidimensional y bidimensional, cálculos de lecho móvil/transporte de sedimentos y modelado de temperatura/calidad del agua.

En el presente caso se ha realizado el análisis bidimensional y para llevarlo adelante HEC-RAS presenta diversos sets de ecuaciones que son los siguientes:

- 2D Diffusion Wave equations
- Shallow Water equations (SWE-ELM) con una aproximación Euleriana-Lagrangiana para resolver por advección
- Shallow Water equation solver (SWE-EM) que emplea una aproximación de Euler para advección. Estas ecuaciones son nuevas.

Como líneas generales, las ecuaciones de difusión se ejecutan más rápidas y son más estables. Además, son ampliamente empleadas para casos de inundaciones.

El caso que aplica se han empleado el set de ecuaciones de SWE-ELM, en las siguientes líneas se desarrolla este set de ecuaciones en base a lo establecido en el manual de usuario específico de HEC-RAS.

2. Esquema discreto para SWE

Las ecuaciones Shallow Water expresan el volumen y la conservación de momento. La ecuación de continuidad es discretizada empleando aproximación de volúmenes finitos. Para la ecuación de momento, el tipo de discretización variará según el término. El método de Crank-Nicolson es empleado para conocer el peso de la contribución de las variable en los tiempos n y $n+1$. Sin embargo, la naturaleza distinta de las ecuaciones ve necesaria un esquema de solución más elaborado.

2.1. Conservación de masa

La ecuación que rige se formula como sigue:

$$\frac{\Omega_i^{n+1} - \Omega_i^n}{\Delta t} + \sum_{k \in K(i)} s_{i,k} u_{N,k}^{n+\theta} A_k = Q_i$$

Donde se considera un intervalo de tiempo y las velocidades han sido interpoladas por el método generalizado de Crank-Nicolson. El tratamiento de las caras es semimplícito. Esto permite humectación y secado de múltiples celdas en un solo paso de tiempo y mejora la precisión del modelo. Sin embargo, puede dificultar la solución y provocar un aumento de las iteraciones.

Las velocidades serán expresadas como combinación lineal de la elevación de agua y las celdas vecinas y los términos serán agrupados según sus índices temporales y espaciales. Aquellos términos en el tiempo n , serán llevado a la derecha de la ecuación.

2.2. Conservación de momento

Debido a que la velocidad de son calculadas en las caras las ecuaciones de momento no están ubicadas en una celda, sino en una cara. Las ecuaciones discretas están construidas basadas en un esquema sin implícito en el cual solo los términos de la aceleración, el gradiente de presiones para trópico y la fricción del suelo Contienen variables para la cual la ecuación se resuelve. otros términos de las ecuaciones de momento son calculados en el método, pero su contribución es mejor así que dichos términos son desplazados a la derecha en las ecuaciones.

Aceleración

Los términos de aceleración son decretados empleando una aproximación semilagrangiana. La forma lagrangiana de las ecuaciones de los términos de operación en la ecuación de momento es la siguiente:

$$\frac{DV}{Dt} = \frac{V^{n+1} - V_X^n}{\Delta t}$$

Donde V^{n+1} se ubica en la cara calculada y V_X^n se evalúa en la localización X. La ubicación de retroceso X se encuentra integrando el campo de velocidad en el tiempo a partir de la ubicación de la cara computacional. La ubicación X en general no corresponde a una cara, por lo que se debe aplicar una técnica de interpolación para calcular V_X^n . La interpolación en general no será lineal, porque no se requiere que las celdas satisfagan ninguna restricción en términos del número de aristas. Sin embargo, se requiere que el algoritmo de interpolación dé valores consistentes en los límites entre celdas, independientemente de qué celda se use para calcular la interpolación. Debido a esas condiciones se implementa una técnica de interpolación basada en coordenadas baricéntricas generalizadas.

La integración de la velocidad se realiza en pasos utilizando el campo de velocidad interpolado en cada celda. En la práctica, esto equivale a subdividir el paso de tiempo de integración en subpasos más pequeños con un número de Courant de uno o menos y aumentar la solidez del cálculo. En contraste con el marco euleriano explícito, el esquema semi-lagrangiano permite el uso de grandes pasos de tiempo sin limitar la estabilidad y con una difusión artificial muy reducida (considerada como el error de interpolación).

2.3. Gradiente de presión barotrópica

Recuerde que la ecuación de cantidad de movimiento se calcula en las caras, pero el término de elevación de la superficie del agua se calcula en las celdas. Esta cuadrícula escalonada hace que el gradiente de presión barotrópica sea ideal para utilizar la plantilla simple de dos puntos descrita anteriormente. Además, el tratado semi-implícitamente como:

$$g\nabla H \cdot \mathbf{n}_k = g \frac{\partial z_s^{n+\theta}}{\partial N}$$

donde $H^{n+\theta} = (1-\theta)H^n + \theta H^{n+1}$. Como consecuencia de la ponderación implícita, el gradiente de presión barotrópica consta de dos partes, un término implícito con peso θ y un término explícito con peso $(1-\theta)$. El gradiente cara-normal de la superficie del agua se calcula usando las elevaciones de la superficie del agua de la celda vecina.

2.4. Difusión de cantidad de movimiento

La difusión de cantidad de movimiento representa la suma de la mezcla molecular y de turbulencia, y la dispersión de cantidad de movimiento. Hay dos enfoques disponibles para representar la difusión del impulso en HEC-RAS. La primera se conoce como la formulación no conservativa que se basa en el Laplaciano del campo de velocidad. El segundo calcula la divergencia de los flujos de difusión y se denomina formulación conservadora. En HEC-RAS 5.0.7 y versiones anteriores, solo estaba disponible la formulación no conservadora. En general, se recomienda utilizar la formulación conservadora para modelos nuevos. Sin embargo, la formulación no conservadora se incluye con fines de compatibilidad con versiones anteriores.

En ambas formulaciones, las velocidades actuales se tratan explícitamente y, por lo tanto, estos términos se calculan al comienzo de un paso de tiempo utilizando las velocidades y profundidades del agua del paso de tiempo anterior.

La formulación de difusión de cantidad de movimiento basada en el Laplaciano de la velocidad actual se discretiza como:

$$(\nu_t \nabla^2 u_N)_f \approx \nu_{t,f}^n (\nabla^2 \mathbf{V})_X^n \cdot \mathbf{n}_f$$

donde $\nu_{t,k}^n$ es la viscosidad de remolino de cara explícita en la cara k, $(\nabla^2 \mathbf{V})_X^n$ es el laplaciano en la ubicación X, y \mathbf{n}_k es el vector unitario de la cara. El laplaciano se calcula en los nodos y se interpola espacialmente en la ubicación X obtenida de la advección de aceleración. El campo laplaciano es explícito en la solución numérica, por lo que dependerá solo de los valores calculados para el paso de tiempo anterior. Los términos laplacianos se calculan utilizando un enfoque estándar de volumen finito. Dado que se conoce la velocidad en las caras, los gradientes se pueden calcular para las celdas mediante una simple aplicación del teorema de la divergencia de Gauss en las celdas de la cuadrícula. Una vez que se conocen los gradientes de las celdas, se aplica nuevamente el teorema de la divergencia de Gauss en la cuadrícula dual para obtener una velocidad laplaciana en las caras. La velocidad laplaciana de la cara en los nodos se calcula con una ponderación de distancia inversa simple del valor de las caras vecinas. Una vez que se conoce el laplaciano del campo de velocidades en caras y nodos, el término laplaciano se interpola espacialmente usando coordenadas baricéntricas generalizadas para obtener $(\nabla^2 \mathbf{V})_X^n$. La ubicación X es la misma que en el término de aceleración.

La ecuación discretizada es la siguiente:

$$\frac{1}{h} \nabla \cdot (\nu_t h \nabla \mathbf{V}) \Big|_f \approx \frac{\alpha_f^L}{\bar{h}_f A_L} \sum_{\substack{k \in \mathbf{K}(\mathbf{L}(f)) \\ l \in \mathbf{N}(\mathbf{L}(f))}} A_k \nu_{t,k} \frac{\mathbf{n}_f \cdot (\mathbf{V}_l - \mathbf{V}_L)}{\Delta x_{L,j}} + \frac{\alpha_f^R}{\bar{h}_f A_R} \sum_{\substack{k \in \mathbf{K}(\mathbf{R}(f)) \\ l \in \mathbf{N}(\mathbf{R}(f))}} A_k \nu_{t,k} \frac{\mathbf{n}_f \cdot (\mathbf{V}_l - \mathbf{V}_R)}{\Delta x_{R,j}}$$

Donde:

$$\bar{h}_f = \alpha_f^L h_L + \alpha_f^R h_R$$

$$\alpha_f^L = \frac{\Delta x_f^L}{\Delta x_f^L + \Delta x_f^R}$$

$$\alpha_f^R = 1 - \alpha_f^L$$

A_k = face vertical area

A_L = left cell horizontal area

A_R = right cell horizontal area

\mathbf{V}_j = cell-average current velocity vector

$\nu_{t,k} = \nu_{t,k} \mathbf{n}_k \cdot \mathbf{n}_{ij}$ = face eddy viscosity

$$\nu_{t,k} = \begin{bmatrix} \nu_{t,xx} & 0 \\ 0 & \nu_{t,yy} \end{bmatrix} = \text{eddy viscosity tensor}$$

\mathbf{n}_k = face-normal unit vector

\mathbf{n}_{ij} = unit vector for the direction between cell centroids i and j neighboring face k

$\Delta x_{i,j}$ = distance between cell centroids j and i neighboring face k

El gradiente de cara normal se aproxima mediante el esquema de aproximación de flujo de dos puntos (TPFA) lineal (Edwards y Rogers 1998). El esquema TPFA es robusto y monótono. El esquema se reduce al esquema de diferencia central de primer a segundo orden para mallas K-ortogonales.

La viscosidad del remolino turbulento se aproxima usando los componentes longitudinal y transversal como:

$$\nu_{t,k} = \nu_{t,L} + (\nu_{t,L} - \nu_{t,T}) \frac{(\mathbf{n}_k \cdot \mathbf{V}_k)^2}{\|\mathbf{V}\|_2}$$

Donde:

$\nu_{t,L}$ = longitudinal turbulent eddy viscosity [L^2/T]

$\nu_{t,T}$ = transverse turbulent eddy viscosity [L^2/T]

$\|\cdot\|_2$ = Euclidean norm operator

2.5. Fricción del suelo

El coeficiente de fricción del fondo no lineal c_f se calcula usando el coeficiente de rugosidad de Manning como se describe en Conservación del momento. Como en el apartado anterior, este término también dependerá de otras magnitudes, como la aceleración de la gravedad, el radio hidráulico, la n de Manning y la velocidad.

Sin embargo, se debe tener especial cuidado con la fricción del fondo debido al hecho de que el término se usa implícitamente en las ecuaciones. Dado que se utiliza un tipo de esquema de Crank-Nicolson, el coeficiente c_f se calcula a partir de variables promediadas ubicadas en el tiempo y , por lo tanto, es un promedio ponderado de θ de los valores correspondientes en los tiempos n y $n+1$. Por lo tanto, el coeficiente de fricción inferior c_{fi} no se calcula una vez por paso de tiempo, sino tantas veces como iteraciones se requieran para la convergencia, a través del proceso de iteración de los pasos 6-10, como se verá en la descripción del algoritmo a continuación. En cada una de esas iteraciones, se calcula un nuevo término de fricción inferior $-c_f V^{n+1}$ de manera similar a otros términos implícitos. La velocidad V utilizada en la fórmula de fricción del fondo está completamente implícita para propósitos de estabilidad.

2.5.1. Efecto Coriolis

El término de Coriolis suele ser el término de menor magnitud en las ecuaciones de cantidad de movimiento, pero también es el más fácil de calcular. El parámetro de Coriolis f es una constante precalculada que no cambia entre pasos de tiempo y no depende de la batimetría de subcuadrícula. De acuerdo con la fórmula generalizada de Crank-Nicolson a lo largo de una línea de corriente, el término de Coriolis se reduce a la Ecuación en el sistema orientado cartesiano utilizado para las velocidades.

$$f_c \mathbf{k} \times \mathbf{V} \approx \begin{pmatrix} f_c [(1 - \theta)v_X^n + \theta v^{n+1}] \\ f_c [(1 - \theta)u_X^n + \theta u^{n+1}] \end{pmatrix}$$

El lugar donde se interpola esta cantidad, se obtiene a partir de la advección de la aceleración. Al igual que con otros términos implícitos en la ecuación de momento, este vector se calcula una vez por iteración.

2.5.2. Método de pasos fraccionarios

La solución de la ecuación del momento utiliza una técnica de pasos fraccionarios. El primer paso fraccionario contiene solo aceleración y términos de Coriolis. Las fórmulas de discretización descritas anteriormente producen una ecuación vectorial para la velocidad. Si los coeficientes están rezagados, esta ecuación es lineal en los términos de velocidad V^n y V^{n+1} en los términos de elevación de la superficie del agua z^n_s y z^{n+1}_s . La ecuación de cantidad de movimiento contiene algunos términos cruzados de velocidad que surgen de la fuerza de Coriolis. Agrupar los términos de velocidad produce la fórmula:

$$\begin{pmatrix} 1 & \theta f_c \Delta t \\ \theta f_c \Delta t & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u^* \\ v^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_X^n + (1 - \theta) f_c \Delta t v_X^n \\ v_X^n + (1 - \theta) f_c \Delta t u_X^n \end{pmatrix}$$

donde el lado derecho es una fórmula lineal en términos de las velocidades y las elevaciones de la superficie del agua. Una fórmula explícita para V^* sin términos cruzados se obtiene mediante:

$$\mathbf{V}^* = \begin{pmatrix} u^* \\ v^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \theta f_c \Delta t \\ \theta f_c \Delta t & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} u_X^n + (1 - \theta) f_c \Delta t v_X^n \\ v_X^n + (1 - \theta) f_c \Delta t u_X^n \end{pmatrix}$$

El segundo paso fraccionario agrega los términos de aceleración, gradiente de presión, viscosidad de remolino y fricción de fondo de acuerdo con las fórmulas de discretización desarrolladas anteriormente.

3. Proceso de solución

La forma semidiscreta del segundo paso fraccionario se puede escribir como:

$$\frac{Du_{N,f}}{Dt} = \frac{u_{N,f}^{n+1} - u_N^*}{\Delta t} = -g \frac{\partial z_s^{n+\theta}}{\partial N} + M_X^D - c_{f,f} u_{N,f}^{n+1} + \frac{\tau_{s,N}}{\rho h_f}$$

Donde $u_N^* = V^* \cdot \mathbf{n}_f$, es la velocidad de retroceso el efecto borealis desde el primer paso fraccionario y el término de mezcla se calcula la ubicación X. el término representa el término de difusión de momento conservativo o no conservativo dado por:

$$M_X^D = \nu_{t,f}^n (\nabla^2 \mathbf{V})_X^n \cdot \mathbf{n}_f \text{ for the non-conservative formulation}$$

$$M_X^D = \left[\frac{1}{h} \nabla \cdot (\nu_t h \nabla u_N) \right]_X^n \text{ for the conservative formulation}$$

Por lo tanto la ecuación anterior puede ser reformulada como sigue, para la velocidad en un tiempo n+1.

$$u_{N,f}^{n+1} = - \frac{\Delta t \theta g}{1 + \Delta t c_{f,f}^{n+\theta}} \frac{\partial z_s^{n+1}}{\partial N} + F_f$$

Donde:

$$F_f = \frac{B_f^n}{1 + \Delta t c_{f,f}^{n+\theta}}$$

$$B_f^n = u_N^* + \Delta t \left(M_X^D + \frac{\tau_s}{\rho h_f^n} \right)$$

Para conocer la ecuación implícita para el volumen de agua como la ecuación anterior se implementa en la ecuación discreta continuidad y se obtiene:

$$\Omega_i^{n+1} + \sum_{j \in C(i)} a_{i,j} z_{s,j}^{n+1} = b_i$$

Donde:

$$a_{i,j} = - \frac{\Delta t^2 \theta^2 g A_k}{(1 + \Delta t c_{f,f}^{n+\theta}) \Delta x_N}, j \in N(i)$$

$$a_{i,i} = - \sum_{j \in N(i)} a_{i,j}$$

$$b_i = \Omega_i^n + \Delta t Q_i - \frac{1-\theta}{\theta} \sum_{j \in C(i)} a_{i,j} z_{s,j}^n - \Delta t \sum_{k \in K(i)} s_{i,k} \left[\theta F_k + (1-\theta) u_{N,k}^n \right] A_k$$

El sistema de ecuaciones se resuelve utilizando las mismas iteraciones de tipo Newton utilizada para resolver las ecuaciones de difusión.

4. Estabilidad

Cuando no hay flujos en una celda, la ecuación de conservación de masa se convierte en $h = 0$, por lo que la elevación de agua de la superficie es idéntica al paso anterior. En particular, las celdas secas permanecen secas hasta que el agua fluye en ellos.

En la ecuación de cantidad de movimiento, a medida que la profundidad del agua se reduce a cero, todas las fuerzas tienden a cero. Sin embargo, la fricción del fondo es la fuerza dominante, por lo que las velocidades también llegan a cero en el límite. Como consecuencia, es consistente suponer que las celdas secas tienen una velocidad de flujo de cero. La ecuación de cantidad de movimiento para caras secas se convierte en $\partial V/\partial t=0$ y las caras secas siguen teniendo velocidad cero hasta que el agua fluye hacia ellas.

Como se vio en las secciones anteriores, las ecuaciones de masa y momento son no lineales. De manera similar a la DSW solver, se debe aplicar un proceso iterativo. Esta idea se presenta en los pasos 6 a 9 a continuación.

En contraste con un esquema euleriano explícito, el esquema semilagrangiano para el cálculo de la aceleración tiene la ventaja de evitar una condición CFL basada en la velocidad.

5. Condiciones de contorno discretas

Las condiciones de flujo también son discretizadas:

- Elevación de la superficie de agua: Esta se implementa como sigue: $z_s^{n+1} = z_{s,b}$
- Calado normal: La pendiente de fricción, $S_{f,b}$, se especifica y se utiliza para calcular un flujo en cada cara de cálculo como $Q=K \cdot S_{f,b}^{1/2}$. Los flujos de cara límite se incluyen en las celdas internas como un término fuente en el lado derecho del sistema de ecuaciones.
- La condición de frontera de flujo se puede implementar directamente. Una rotación del local sistema de coordenadas es necesario ya que en general la dirección normal a la frontera no coincide con las direcciones cartesianas

6. Algoritmo de solución

El algoritmo es el que sigue:

1. Los datos de geometría, ortogonalidad local y batimetría de subcuadrícula se obtienen o se calculan previamente.
2. La solución comienza con H^0 y como la condición inicial provista en el paso de tiempo $n=0$.
3. Se proporcionan condiciones de contorno para el siguiente paso de tiempo $n+1$.
4. Suposición inicial $z^{n+1}_s = z^n_s$ y $u^{n+1}_N = u^n_N$.
5. Calcule términos explícitos que permanezcan constantes a lo largo del cálculo de pasos de tiempo, como el campo de difusión laplaciano.
6. Calcule θ : la elevación promedio de la superficie del agua y las cantidades de batimetría de la subcuadrícula que dependen de la elevación calculada (áreas de la cara, áreas de la superficie del fluido, radios hidráulicos, n de Manning, etc.).
7. Se ensambla un sistema de ecuaciones para la continuidad en las celdas como se describe en las secciones anteriores.
8. El sistema de ecuaciones se resuelve iterativamente usando el algoritmo tipo Newton con las condiciones de contorno dadas para obtener una solución candidata H^{n+1} .
9. Las velocidades u^{n+1}_N se calculan con base en la ecuación de momento discreto.
10. Si el residuo (o alternativamente, la corrección) es mayor que una tolerancia dada (y no se ha alcanzado el número máximo de iteraciones), regrese al paso 6; De lo contrario, continúe con el siguiente paso.
11. Se acepta la solución calculada.
12. Incremento n . Si hay más pasos de tiempo, vuelva al paso 3, de lo contrario finalice.

El bucle proporcionado por los pasos 6 a 10 tiene el propósito de actualizar los coeficientes del sistema de ecuaciones, de modo que se obtenga la solución del sistema no lineal (en lugar de su linealización) en cada paso de tiempo. Como era de esperar, una solución totalmente no lineal tiene propiedades muy deseables, como mojar varias celdas y propagar ondas a través de varias celdas en un solo paso de tiempo.

REFERENCIAS

Proyecto de adecuación de la presa de Chira. Consejo Insular de aguas de Gran Canaria, Granell Ingenieros Consultores, Sistema Ingeniería.

Inventario de Presas, Volumen I Grandes presas. Consejo Insular de aguas de Gran Canaria.

Guía Técnica para la Clasificación de Presas de la Dirección General del Agua del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Pliero de prescripciones técnicas para la redacción de la propuesta de clasificación de la presa de Chira.

Real Decreto 264/2021, de 13 de abril, por el que se aprueban las normas técnicas de seguridad para las presas y sus embalses.

La Norma Técnica de Seguridad 1 (NTS1), para la clasificación de las presas y para la elaboración e implantación de los planes de emergencia de presas y embalses.

Centro de descargas.