PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN PÁJARA

APROBACIÓN INICIAL

ESTUDIO AMBIENTAL ESTRATÉGICO

ANEXO II

Estudio Básico de Riesgos

marzo 2023

EQUIPO DIRECTOR:

Jorge Coderch Figueroa	Arquitecto
Alejandro Afonso Coderch	Arquitecto. Máster en Derecho Urbanístico.
Juan Lima Coderch	Técnico Medioambiental - Arquitecto y Paisajista. Máster en Derecho Urbanístico.

EQUIPO BASE:

Cristina Bilbao Ruiz	Asesora Jurídica. Lcda. en Derecho
Rufino García Fernández	Ingeniero de Caminos Canales y Puertos
Carlos Diaz Rivero	Asesor economista (Lcdo. en Ciencias Económicas)

EQUIPO TÉCNICO:

Enrique Rodríguez Granados	Arquitecto. Máster en Arquitectura Sostenible y Eficiencia Energética
Florentín Rodríguez González	Técnico en Desarrollo de Proyectos Urbanísticos, Operaciones Topográficas y Especialista en Delineación
Jose Juan González Asunción	Técnico especialista en Delineación (adscrito a la oficina de Pájara)
Elisa Tapia Ortega	Informática
Conchy Franchy de Castro	Diseño Gráfico

EQUIPO AMBIENTAL

Constantino Criado Hernández	Doctor. en Geografía.
David Prieto Rodríguez	Lcdo. en historia y técnico en Gestión Ambiental
Ricardo González González	Lcdo. en Biología
Romina Martín Reyes	Lcda. en Biología
Alejandro Larraz Mora	Lcdo. en Geografía e Historia. Máster en Restauración de Patrimonio Edificado
Vicente Valencia Afonso	Lcdo. en Geografía e Historia
José Acaymo Pérez Díaz	Lcdo. en Ciencias Ambientales. Máster en Gestión Ambiental

EQUIPO INGENIERÍA

Alejandro Barrera Delgado	Ingeniero de Caminos Canales y Puertos
Anatael Meneses Llanos	Ingeniero de Caminos Canales y Puertos

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN....1

1.1. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO....1
1.2. METODOLOGÍA DE TRABAJO....2
1.3. DEFINICIÓN DE RIESGO....3

2. RIESGO SÍSMICO....5

2.1. INTRODUCCIÓN....5
2.2. SUSCEPTIBILIDAD DEL RIESGO SÍSMICO....11
2.3. CONCLUSIONES DEL RIESGO SÍSMICO....12

3. RIESGO VOLCÁNICO....13

3.1. INTRODUCCIÓN....13
3.2. SUSCEPTIBILIDAD DEL RIESGO VOLCÁNICO....13
3.2.1. Susceptibilidad frente a sismos volcánicos....16
3.2.2. Susceptibilidad frente a coladas lávicas....16
3.2.3. Susceptibilidad frente a caída de piroclastos....17
3.3. CONCLUSIONES DEL RIESGO VOLCÁNICO....17

4. RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES....19

4.1 INTRODUCCIÓN....19
4.2. SUSCEPTIBILIDAD DEL RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES....19
4.3. CONCLUSIONES DEL RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES....20

5. RIESGO TECNOLÓGICO....21

5.1. INTRODUCCIÓN....21
5.2. SUSCEPTIBILIDAD DEL RIESGO TECNOLÓGICO....21
5.3. CONCLUSIONES DEL RIESGO TECNOLÓGICO....22

6. RIESGO ASOCIADO A LA DINÁMICA DE VERTIENTES....25

6.1. INTRODUCCIÓN....25
6.2. SUSCEPTIBILIDAD DEL RIESGO DE DINÁMICA DE VERTIENTES....25
6.3. CONCLUSIONES DEL RIESGO DE DINÁMICA DE VERTIENTES....31

7. RIESGO HIDROLÓGICO....33

7.1. INTRODUCCIÓN Y MARCO SECTORIAL....33
7.2. ESTUDIO DE RIESGOS A ESCALA MUNICIPAL....34
7.3. ANÁLISIS DE PUNTOS CONFLICTIVOS DETECTADOS....38
7.4. RIESGO POR INUNDACIÓN MARINA....86
7.5. CONCLUSIONES DEL RIESGO HIDROLÓGICO....90

8. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS FINALES....91

9. BIBLIOGRAFÍA....93

1. INTRODUCCIÓN

1.1. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El Anexo sobre Contenido, Criterios y Metodología de la Evaluación Ambiental Estratégica del Decreto 181/2018, de 26 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Planeamiento de Canarias, en su sección primera referida al Documento Inicial Estratégico indica los aspectos ambientales que deberán tenerse en cuenta, entre los que específicamente no cita la variable riesgo.

> *d) Potenciales impactos ambientales tomando en consideración el cambio climático: se relacionarán los impactos ambientales que puedan surgir como consecuencia de la aplicación de las diferentes opciones de ordenación sugeridas. Para ello, y con carácter general se tendrán en cuenta los siguientes aspectos: geología y geomorfología, flora y fauna, población con incorporación de la perspectiva de género, paisaje, edafología, hidrología e hidrogeología, factores climáticos, patrimonio cultural, así como cualquier otro aspecto relacionado con los objetivos del instrumento de ordenación.*

No obstante, más adelante, en su capítulo I, sección segunda “Estudio Ambiental Estratégico”, entre los criterios para el análisis de aspectos ambientales se incluye la necesidad de abordar el análisis de los procesos naturales relacionados con los riesgos:

> ***Análisis de riesgos:*** *cuando proceda se deben aportar los análisis de los procesos naturales relacionados con los riesgos. Como referencia, se tendrán en cuenta los riesgos por inundaciones, los riesgos por deslizamientos (estos dos últimos vinculados al análisis de las variables geología e hidrología), riesgos por terremotos, riesgos asociados al vulcanismo, riesgos asociados a la dinámica litoral, etc. El análisis de peligrosidad aportará los datos necesarios para conocer la capacidad de cada uno de estos procesos de causar daño. El análisis de la exposición indica los elementos susceptibles de verse afectados por los efectos de estos procesos. El análisis de vulnerabilidad representa el grado en que los bienes o personas pueden verse afectados por el peligro. Se parte de la base de que la existencia de riesgo depende de la convergencia de estas tres componentes. La representación gráfica de estas variables lleva a la elaboración de mapas de riesgo, en el que convergen los tres componentes del riesgo (peligrosidad, exposición y vulnerabilidad). En los Mapas de Riesgos se deben señalar las zonas geográficas que, teniendo en cuenta las propuestas del instrumento de planeamiento, pueden verse afectadas por los fenómenos naturales. Se mostrarán las consecuencias adversas potenciales asociadas al peligro natural en los escenarios y alternativas de planeamiento, expresadas teniendo en cuenta con carácter básico los parámetros siguientes:*
>
> *a) superficie por clases de suelo y número indicativo de habitantes que pueden verse afectados;*
>
> *b) catálogo de urbanizaciones, poblaciones y edificios afectados por zonas de alto riesgo;*
>
> *c) tipo de actividad económica de la zona que puede verse afectada;*
>
> *d) cualquier otra información que se considere útil, como la indicación de zonas en las que puedan producirse inundaciones con alto contenido de sedimentos transportados y flujos de derrubios, e formación sobre otros riesgos tecnológicos inducidos o accidentes graves.*

Por último, tal y como el propio Anexo establece en el apartado de *Contenidos, criterios y metodología de la Evaluación Ambiental Estratégica*:

> *La mayor parte de los conceptos y métodos que se proponen para los documentos ambientales toman como referencia la bibliografía específica sobre la Evaluación Ambiental Estratégica. No obstante se entiende posible el uso de metodologías alternativas que difieran de forma parcial o total con los métodos propuestos, siempre y cuando se justifique que el análisis alternativo realizado cumple con los requisitos establecidos en la normativa aplicable.*

1.2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

En el presente Estudio Básico de Riesgos se ha utilizado una metodología de trabajo empleada por el equipo redactor en trabajos de planeamiento general, con elaboración de información para cada una de las amenazas consideradas y abarcando el espectro de variables de riesgo referidos en el Anexo del Reglamento de Planeamiento requeridos para el Estudio Ambiental Estratégico.

El archipiélago canario es una zona donde las amenazas naturales son limitadas pero una densa ocupación humana del territorio genera un constante incremento de los riesgos (en el caso específico de Pájara, el volumen poblacional que existe en el municipio es de 21.093 habitantes en 2019 según datos del ISTAC, a los que habría que sumar la población transeúnte derivada de la actividad turística). En el presente anexo se hace una descripción generalizada de las amenazas y unas recomendaciones básicas, con el objetivo de minimizar los riesgos naturales.

La realización de este informe básico ha seguido los siguientes pasos:

- *Recogida de documentación previa*. Con objeto de contar con base amplia de información previa, que sirva para un primer análisis de las amenazas que se estudian.

- *Consulta de bibliografía específica*. Se estudiaron trabajos y normativas que facilitarán la comprensión de los problemas.

- *Recogida de la información y salidas de campo*. Se ha recabado toda la información considerada relevante, y que haya estado disponible para la realización de este estudio.

- *Utilización de Cartografía, Ortofotos, Sistemas de Información Geográfica, vuelo helicóptero y datos de campo.* Para la realización de comprobaciones de los fenómenos.

- *Análisis de los datos* y confrontación de los mismos con la realidad cuando ha sido posible.

- *Conclusiones* sobre las amenazas, definición de áreas susceptible de riesgo y enumeración de medidas correctoras o mitigadoras.

No obstante, es necesario aclarar que el objetivo de este trabajo, no es resolver cuestiones técnicas, ni entrar en precisiones propias de problemas puntuales, sino definir las principales amenazas que pudieran incidir en el municipio, así como las áreas afectadas por los mismos (para que puedan ser tenidas en cuenta a la hora de la planificación); sin embargo se esbozan algunas medidas ambientales para la mitigación de dichos riesgos naturales a través de las posibilidades de intervención que tiene el PGO, sin perjuicio de su mayor desarrollo en ulteriores fases de tramitación.

Ofrece además la información de partida para que, en caso de que fuera necesaria, sirva de base en estudios más detallados de espacios concretos con riesgo que permitan dar las soluciones técnicas adecuadas cuando estas no sean suficientes con la clasificación y categorización de suelo y la ordenación pormenorizada prevista, a abordar en los correspondientes instrumentos de ejecución de planeamiento.

1.3. DEFINICIÓN DE RIESGO

Es importante diferencia el concepto de amenaza del de riesgo.

a) La Amenaza o Peligro, se define como un peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural o tecnológico que puede presentarse en un sitio específico y en un tiempo determinado produciendo efectos adversos en las personas, los bienes y/o ecosistemas

b) El Riesgo, sería definible como el daño, destrucción o pérdida esperada derivada de ocurrencia de eventos peligrosos y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos a tales amenazas.

Un proceso potencialmente peligroso puede ser definido como un riesgo para las poblaciones concernidas a partir del momento donde es previsible bien porque el riesgo emite signos precursores, bien en razón de la repetitividad del proceso que conduce a establecer la frecuencia. A contrario, en materia de seguros, un evento donde la ocurrencia es muy frecuente no es asegurable, porque los costes de reembolso serían muy elevados.

Los datos obtenidos deben de interpretarse a la luz del contexto científico que los produce y del objeto al que se destinan. La dificultad y la prudencia necesarias en el manejo de las cifras, reconstruidas o medidas, se ilustran perfectamente con el ejemplo difícil del cálculo de los periodos de retorno de los fenómenos de fuerte intensidad.

Las series de observación frecuentemente son excesivamente breves para permitir una estimación precisa de la probabilidad de aparición de lluvias extremas y de las inundaciones que pueden engendrar, pues son varios los elementos determinantes del cálculo de los periodos de retorno: la escala de trabajo (un evento excepcional a la escala de una estación puede ser corriente cuando se sitúa a la escala regional), los datos disponibles raramente sobrepasan el siglo (en Canarias sólo la estación de Izaña tiene una serie superior a 100 años; para Fuerteventura la serie más larga es la del aeropuerto del Matorral con 50 años). Cuando las medidas no están disponibles hay que extrapolar datos lo que conduce a errores, especialmente en los valores extremos. Las cifras son en ocasiones indicaciones cualitativas a veces utilizadas con fines de clasificación.

2. RIESGO SÍSMICO

2.1. INTRODUCCIÓN

Según enuncia el Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por Riesgo Sísmico en la Comunidad Autónoma de Canarias (PESICAN[1]):

> *"El riesgo sísmico en la Comunidad Autónoma de Canarias constituye un riesgo natural cuya probabilidad de ocurrencia no es muy elevada, si se compara con otras regiones del mundo. Esto es debido a que las islas se encuentran en una posición intraplaca dentro de la placa africana, de carácter pasivo (tectónicamente estable)".*

Por tanto, el Archipiélago Canario no se encuentra enclavado en una zona considerada de peligrosidad sísmica y los antecedentes de seísmos conocidos han estado asociados a actividades volcánicas.

El plan PESICAN tiene como objetivo prioritario establecer la organización y procedimientos de actuación de los recursos y servicios públicos y privados para hacer frente a las emergencias.

Este marco organizativo deberá definir, prever y establecer una serie de elementos entre los que podemos enumerar los siguientes:

- Desarrollar la estructura organizativa y funcional para la intervención en emergencias por terremotos ocurridos en el territorio de la Comunidad Autónoma.
- Los mecanismos y procedimientos de coordinación con el Plan Estatal de Protección Civil ante Riesgo Sísmico, para garantizar su adecuada integración.
- Establecer los sistemas de articulación con las organizaciones de las Administraciones Locales su correspondiente ámbito territorial.
- **La Zonificación del territorio en función del peligro sísmico**, delimitar áreas según posibles requerimientos de intervención y localizar la infraestructura utilizable, en apoyo de las actuaciones de emergencia, ante supuestos de terremotos.

El riesgo sísmico, en nuestro caso, viene definido por el Mapa de Peligrosidad Sísmica elaborado por el Instituto Geográfico Nacional, elaborado a partir de la sismicidad instrumental registrada desde el año 1975 junto a los eventos anteriores para los que se dispone de información de ubicación, en ocasiones también de intensidad.

[1] *Aprobado mediante Decreto 113/2018, de 30 de julio (BOC N.º 155 de 10.08.18).*

Gráfico 1. Mapa del IGN (Instituto Geográfico Nacional) de Peligrosidad Sísmica en el periodo de retorno de 500 años, donde se representa la intensidad prevista.

En el caso de Canarias uno de los orígenes más frecuentes es el volcánico producido por la presión que ejerce el magma sobre su entorno fracturando las rocas y generando inestabilidad, estos terremotos son generalmente de baja intensidad con la excepción de erupciones muy explosivas y los entornos próximos a las bocas eruptivas. Según el mapa de peligrosidad sísmica de la Directriz Básica del 2004, todas las islas del archipiélago canario pueden sufrir sismos de intensidad VI para un periodo de retorno de 500 años.

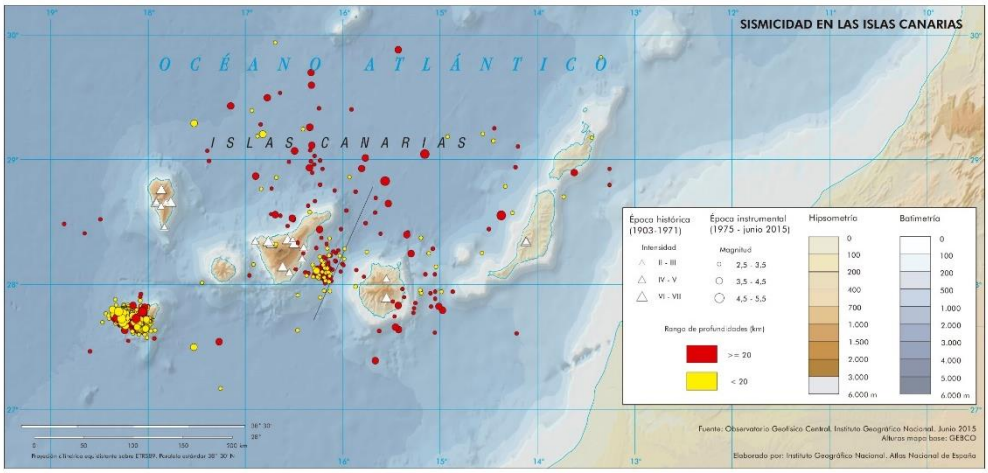


Gráfico 2. Mapa de sismicidad de Canarias incluyendo mediciones del periodo pre-instrumental (1903-1971) y del periodo instrumental hasta el año 2015. Fuerteventura, Pájara en concreto, sufrió varios eventos sísmicos que alcanzaron la intensidad VI en 1915.

Esta nueva consideración implica una revisión de las condiciones que en apariencia consideraban a Canarias como de muy bajo riesgo (en la norma de construcción sismorresistente anterior la NCSE-94 no se incluía a Canarias), sin embargo, en la nueva norma NCSE-02 se establecen valores de 0,04 g de aceleración sísmica y tratando de manera a todo el territorio del archipiélago, según mapa adjunto a continuación (cuya zonificación se ajusta al antecitado mapa del IGN si bien estableciendo un rango suplementario para las zonas de mayor intensidad).

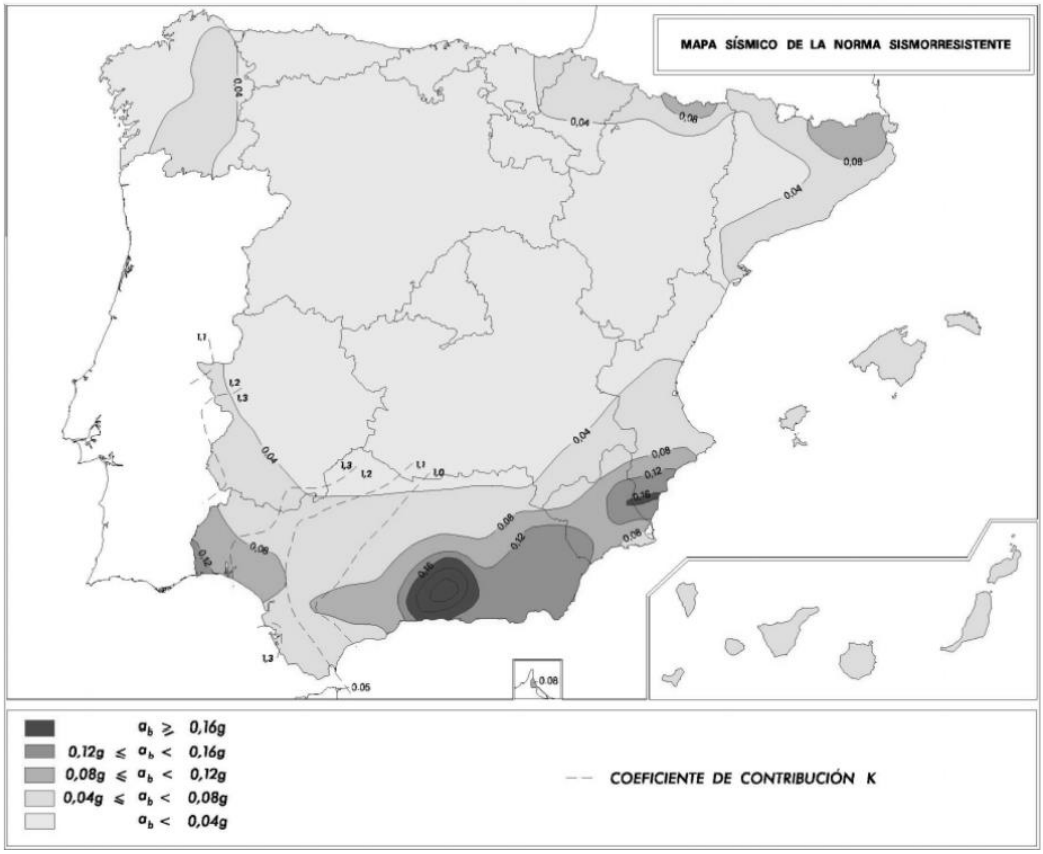


Gráfico 3A. Mapa de peligrosidad sísmica según la NCSE-02

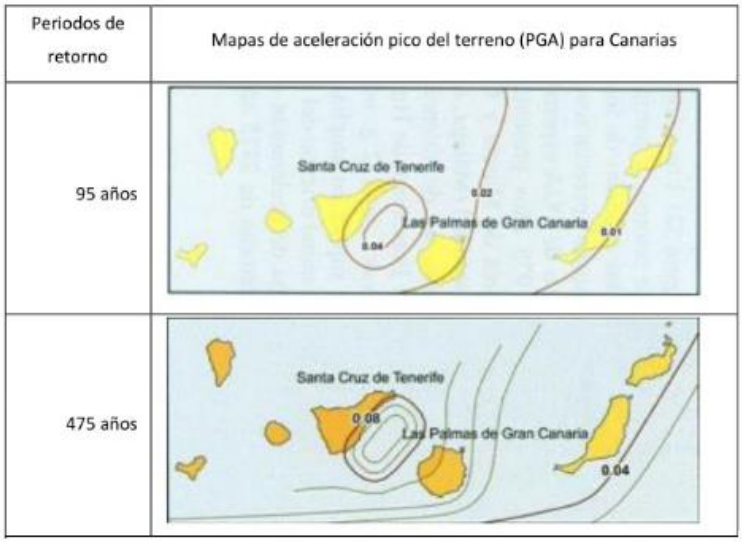


Gráfico 3B. Mapas de aceleración del terreno (PGA) para un periodo de retorno de 95 años y 475 años.

Hasta fechas muy recientes, se disponía de datos que parecían confirmar como la fuente principal de la actividad sísmica, que podría afectar a las islas, se encontraba en exclusiva asociada a la supuesta zona de fractura entre Tenerife y la isla de Gran Canaria y a los sismos relacionados con la actividad volcánica histórica (p.e. Chinyero en Tenerife en 1909, San Juan y Teneguía en la Palma en 1949 y 1971 respectivamente y Tagoro en El Hierro en 2011-12). Sin embargo, la ampliación de la Red Sísmica del Instituto Geográfico Nacional ha puesto de manifiesto la existencia de eventos de pequeña magnitud en otras zonas del archipiélago lo que hace necesario replantear los posibles escenarios sísmicos en el futuro. Estos eventos, que pueden tener cierta intensidad a nivel local, podrían reactivar en algunos casos la dinámica de vertientes, provocando colapsos gravitacionales de importancia relativa, en

función del volumen de materiales implicados, con incidencia o no en infraestructuras o en asentamientos poblacionales.

Además, la actividad sísmica relevante relacionada con el contacto entre la placa africana y la euroasiática localizada en el Atlántico, al norte de Canarias, supone que, en determinadas circunstancias, pudieran alcanzar la costa tsunamis de origen sísmico como el que afectó a Lisboa y al litoral atlántico de Portugal y Andalucía en 1755.

Los principales terremotos de los que se tiene noticia en Fuerteventura están recogidos en la tabla 1. Los que aparecen recogidos en el Catálogo de Sismos del IGN[2] se pueden ver en el gráfico 4.

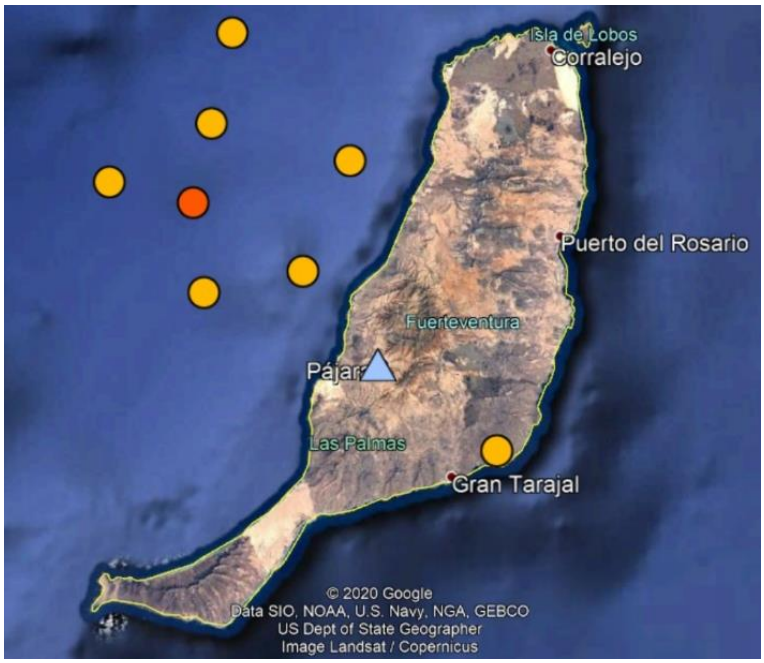


Gráfico 4. Localización de algunos de los principales sismos acaecidos en Fuerteventura y proximidades desde 1915 hasta hoy. El triángulo azul señala los eventos de Pájara de 1915 (VII), 1917 (VI) y 1943 (V).

[2] https://www.ign.es/web/ign/portal/sis-catalogo-terremotos

Sismo	Fecha Hora	Longitud	Latitud	Magnitud (mglb)	Intensidad	Sentido	Localización
1	16/6/1915	14º 12' W	28º 35' N		VII	S	Pájara.
2	20/6/1915	14º 12' W	28º 35' N				Pájara.
3	8/7/1915	14º 12' W	28º 35' N				Pájara.
4	13/7/1915	14º 12' W	28º 35' N				Pájara.
5	15/3/1916	14º 12' W	28º 35' N				Pájara.
6	16/3/1916	14º 12' W	28º 35' N				Pájara.
7	17/3/1916	14º 12' W	28º 35' N				Pájara.
8	22/3/1916	14º 12' W	28º 35' N				Pájara.
9	20/5/1917	14º 12' W	28º 35' N		VI	S	Pájara.
10	3/6/1921	14º 12' W	28º 35' N				Pájara.
11	3/12/1943	14º 12' W	28º 35' N		V	S	Pájara.
12	8/2/1946	14º 12' W	28º 35' N				Pájara.
8604	1/8/1987	14º 57' W	28º 25´ N	´2,3			W. Fuerteventura
8604	30/5/1994	14º 50´W	28º 25´N	3,4			W. Fuerteventura
100073	1/6/1998	14º 35´W	28º 44´N	3,4		S	W. Fuerteventura
216262	1/6/1998	14º 34´W	28º 65´N	2,8			W. Fuerteventura
101069	6/6/1998	13º 37´W	28º 59´N	3,6		S	W. Fuerteventura
101045	6/6/1998	14º 35´W	28º 44´N	2,0		S	W. Fuerteventura
101046	6/6/1998	14º 29´W	28º 58´N	3,0		S	W. Fuerteventura
116737	28/10/1998	14º 21´W	28º 62´N	2,5		S	W. Fuerteventura
174599	27/12/1999	13º 96´W	28º 24´N	2,5		S	Gran Tarajal
Es2017dkjdl	26/03/2017	14º 20´W	28º 46´N	3,7	IV	S	W. Betancuria

Tabla 1. Principales sismos acaecidos en Fuerteventura y proximidades entre 1915 y 2017. Fuente IGN.

La manifestación de los sismos en la superficie dependerá de las características del terreno dependiendo de la geología y la topografía generándose una respuesta sísmica local. Según Arcos y Cristina (2003) los factores que influyen en la propagación de las ondas sísmicas serían los siguientes:

- Características geotécnicas y dinámicas del terreno.
- Extensión y profundidad de los terrenos sobre la roca madre. La geometría de los valles produce diferencias importantes entre aquellos que son más anchos frente a los estrechos y confinados.
- Inclinación de los estratos
- La topografía
- Presencia de aguas en los acuíferos
- Presencia de fallas

Los terremotos registrados en Fuerteventura son:

- Los asociados a los eventos sísmicos de Pájara ocurridos en 1915, 1916, 1917, 1921, 1943 y 1946, siendo los restantes de escasa relevancia y habiendo ocurrido en el mar al oeste de la isla.
- Los más relevantes para el fin de este informe son los ocurridos a principios del siglo XX en el pueblo de Pájara. Creemos que es de interés incluir la descripción de los mismos realizada por

Rafael Ojeda en el Diario de Las Palmas de 1915 (recogido por Francisco Javier Cerdeña de Armas[3]):

> *"Los extraños ruidos que casi sin interrupción se vienen sintiendo en esta isla desde hace cerca de un mes, y que aquí nadie recuerda haberlos oído jamás, han sembrado el pánico entre estos habitantes. El primer fenómeno sísmico, o lo que fuera, tuvo lugar el 16 de junio último, a las 8 y 10 minutos de la noche; hora en que se oyó un ruido lejano, como el de un huracán que se desencadena, seguido, o mejor, acompañado de una oscilación de la tierra, pues duró por tiempo de 15 segundos y que causó desperfectos de consideración en varios pueblos,* ***abriéndose hendiduras en no pocas casas, viniéndose al suelo otras, derrumbándose paredes y agrietándose algunas iglesias.*** *La confusión que se produjo fue enorme; las gentes, presas de horrible pavor, abandonaron sus casas; los hombres tenían miedo; las mujeres y niños lloraban y todo esto unido a los ruidos ensordecedores que seguían sucediéndose, formaba un cuadro triste y desconsolador. De 8 a 10 de la noche los ruidos no venían acompañados de trepidaciones, pero a partir de entonces se sintió otra de 5 segundos de duración; así continuaron toda la noche, de 30 en 30 minutos. Dichos ruidos semejan al de una tempestad que se aproxima, al de mares embravecidos; y así se venían produciendo todos los días, pero sin nuevas oscilaciones. Más, el día ocho del presente mes (julio), a las 12 y 15 minutos de la noche, se repitió el fenómeno con desigual intensidad; igualmente a las 3 de la madrugada del mismo día. Muchas gentes duermen en chozas que han construido; otras a la intemperie y siempre intranquilas y llenas de pavor.* ***Por fortuna, hasta hoy no hay que lamentar desgracias personales****. ¿Serán terremotos? ¿Serán presagios de un volcán?... Y si es lo segundo, ¿No será posible que por quien corresponda se ordene la venida a Fuerteventura de persona competente que estudie el fenómeno…* ***máxime si se tiene en cuenta que en el término municipal de Pájara hay una montaña por cuyas grietas o hendiduras se ha visto salir repetidas veces bocanadas de humo****? Esto sería lo conveniente y humanitario, pues sería devolver la tranquilidad que ha huido de estos habitantes que temen, y con razón, que tales fenómenos traigan a sus casas la desolación y el llanto y luto de las familias."*

Según el IGN el epicentro podría haber estado en el mar, pero llama la atención que las manifestaciones visibles, como las afecciones a edificios, se manifestasen sólo en Pájara no existiendo datos que confirmen los efectos de esta sismicidad en localidades próximas como Tuineje o Betancuria.

Sobre la base de la información disponible, el planteamiento metodológico que se ha elegido para llevar a cabo la zonificación del riesgo sísmico parte del análisis de la Intensidad Máxima Esperada a nivel de los núcleos del INE, es decir la escala municipal, por métodos deterministas a partir del catálogo de eventos disponible. Los resultados de cálculo para la Intensidad Máxima Potencial, se han clasificado en cinco clases (MUY ALTA, ALTA, MODERADA, BAJA Y MUY BAJA) que se corresponden con las equivalentes de la escala EMS (Escala Macrosísmica Europea) y tienen en cuenta la incertidumbre introducida por el método de cálculo, correspondiendo los valores más altos al entorno de las Cañadas y su periferia.

- Nivel 5 = EMS entre IV y V
- Nivel 4 = EMS entre III y IV
- Nivel 3 = EMS igual a III
- Nivel 2 = EMS entre II y III
- Nivel 1 = EMS entre I y II

La metodología aplicada no considera el efecto local, que puede hacer variar los resultados, especialmente en las zonas sedimentarias (en donde la Intensidad puede incrementarse con respecto a los valores obtenidos), aunque se considera que este efecto no es especialmente relevante en la isla debido a la naturaleza de las litologías predominantes.

[3] https://mis-blogger.blogspot.com/2012/02/pajara-y-el-episodio-sismico-de-1914.html?m=1

2.2. SUSCEPTIBILIDAD DEL RIESGO SÍSMICO

Las zonas con mayor susceptibilidad frente a la ocurrencia de eventos sísmicos parecen situarse en las proximidades del pueblo de Pájara, que es allí donde se produjeron los eventos de principio del siglo XX que alcanzaron intensidad VI-VII. En el resto del municipio los efectos esperables son de escasa magnitud y se limitan fundamentalmente a las situaciones de alerta que pueden causar en la población, estimándose que los daños a bienes e infraestructuras son insignificantes. Teniendo este hecho en cuenta, la zonificación de susceptibilidad se interpreta de la siguiente manera:

- Muy Alta: Incluye zonas de la isla con muy alta probabilidad de verse afectadas por eventos con Intensidades de Moderadas a muy Altas en el rango de magnitud observado. En estas zonas cabe esperar la ocurrencia de efectos equiparables a los que establece la escala EMS en un grado cercano al IV y que en eventos excepcionales (como los acaecidos entre 1915 y 1946) podría llegar al grado V. **Esta categoría sería aplicable al entorno urbano del pueblo de Pájara.**
- Alta: Comprende zonas con muy alta probabilidad de verse afectadas por eventos de Intensidades moderadas a bajas (EMS II a III). También se encuentran en este rango de susceptibilidad zonas con alta probabilidad de verse afectados por efectos de elevada Intensidad (EMS III a IV).
- Moderada: Identifica áreas con probabilidad moderada de ocurrencia de eventos, aun cuando éstos sean de elevada Intensidad
- Baja: Comprende aquellas zonas con probabilidad moderada a baja de ocurrencia de eventos caracterizados por una baja Intensidad de afección. **Esta categoría sería la aplicable al resto del municipio, al no existir evidencias históricas de actividad sísmica.**
- Muy Baja: La probabilidad tanto de ocurrencia de eventos como de afección es insignificante.

Puesto que no toda la isla se encuentra sometida al mismo nivel de susceptibilidad, resulta aconsejable profundizar en los análisis realizados, con el fin de determinar con mayor nivel de detalle y con la escala adecuada (valores de aceleración) el nivel de peligrosidad al que se puede ver sometida la isla.

La Norma de Construcción Sismorresistente (NCSR-02)[4], de rango estatal, es de aplicación al proyecto, construcción y conservación de edificaciones de nueva planta. En los casos de reforma o rehabilitación se tendrá en cuenta esta Norma, a fin de que los niveles de seguridad de los elementos afectados sean superiores a los que poseían en su concepción original. A los efectos de esta Norma se consideran construcciones de importancia normal *"aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos".* Se consideran construcciones de importancia especial aquellas cuya destrucción por el terremoto, pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos.

En el caso de afecciones producidas por tsunamis la información es facilitada por el Observatorio de Marina de San Fernando (Cádiz). El único tsunami registrado en Canarias afectó a Santa Cruz de Tenerife y está asociado a un seísmo ocurrido el 7 de julio de 1941.

[4] *Aprobada mediante Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre.*

2.3. CONCLUSIONES DEL RIESGO SÍSMICO

El municipio de Pájara en Fuerteventura está por lo tanto abierto a sufrir consecuencias de los fenómenos sísmicos con intensidades sísmicas máximas EMS VI (periodo de retorno de 500 años). Por lo tanto, el riesgo es moderado, como se observa en la clasificación de los niveles de susceptibilidad visto anteriormente. No obstante, la susceptibilidad del entorno de Pájara puede considerarse Alta.

Puesto que en la isla, por tanto en el T.M. de Pájara, la sismicidad se asocia probablemente a fenómenos de tipo volcánico, será recomendable tener en cuenta en estos estudios el posible impacto que ambos tipos de fenómenos tienen sobre el medio, ya que aunque efectivamente es posible que la sismicidad tectónica se encuentre por debajo de los umbrales considerados por la NCSR-02 para el conjunto del archipiélago, de acuerdo con los datos históricos disponibles, localmente la sismicidad relacionada con los fenómenos volcánicos podría llegar a superar el umbral de intensidad IV.

Asimismo, como comentábamos ut supra, una de las características del riesgo sísmico es que puede ser una variable primaria, como generadora de otras amenazas, en concreto: la aparición de olas aisladas de origen sísmico, que al acercarse a la orilla, y debido a la fuerte energía que transportan, al comenzar a “rozar” con el fondo pueden llegar a alcanzar alturas considerables; esta amenaza afectaría al caserío de Ajuy, La Lajita, Costa Calma, Saladar de Jandía y parte baja del pueblo de Morro Jable (si bien como se ha dicho anteriormente el único episodio documentado afectó a la isla de Tenerife).

Por otra parte, una actividad sísmica local de cierta intensidad, aumentaría la posibilidad de generar desprendimientos de tipo gravitacional, lo que, dada la configuración topográfica del municipio, no parece ser una amenaza muy alta salvo en áreas muy puntuales al pie de escarpes rocosos que podrían afectar al entorno de Morro Jable y algunas vías de comunicación como la FV-30, FV-605, FV-621, FV-617, FV-602 y Autovía FV-2.

No obstante, y desde la perspectiva de la ordenación prevista por el Plan General de Ordenación de Pájara y en relación con su ámbito competencial no se estima necesario ninguna medida complementaria en lo que respecta a este tipo de riesgo más allá de lo regulado en la normativa sectorial de aplicación.

3. RIESGO VOLCÁNICO

3.1. INTRODUCCIÓN

En Canarias la actividad volcánica ha sido importante en el Holoceno (últimos 11.500 años) en todas las islas salvo La Gomera y Fuerteventura. En tiempos históricos (< 600 años) las islas han sufrido 16 erupciones, que se reparten de la siguiente manera: La Palma 7 (Tacande, Tahuya, Martín, San Antonio, El Charco, San Juan en 1949 y Teneguía en 1971); Tenerife 6 (Fasnia, Siete Fuentes, Arafo, Garachico, Narices del Teide y Chinyero en 1909); Lanzarote 4 (Timanfaya, Volcán Nuevo del Fuego, Tao y Tinguatón) y El Hierro 1 (erupción submarina de Tagoro en 2011). Gran Canaria se aleja más en el tiempo con 1970 años desde el último evento eruptivo. Durante el Holoceno sólo han tenido calma eruptiva La Gomera y Fuerteventura.

El hecho insular, en momentos de escasa difusión de la información y la diseminación espacial y temporal de la actividad volcánica (con intervalos de calma entre 2 erupciones que van de 1 año como mínimo a 115 como máximo), ha hecho que la percepción del riesgo volcánico entre la población se presente como muy remota, centrando su atención en otros riesgos de periodicidad anual que además ocasionan graves pérdidas humanas y materiales: temporales de mar y viento, inundaciones, incendios forestales, etc. Es por ello que se deben implementar planes de emergencia y campañas de sensibilización frente a las amenazas volcánicas entre la población residente.

A pesar de la escasa magnitud que pueda tener el riesgo volcánico, en comparación con otros riesgos, el rápido crecimiento poblacional de Fuerteventura y el importante número de turistas aconsejan prestar especial atención a las medidas de vigilancia y prevención.

3.2. SUSCEPTIBILIDAD DEL RIESGO VOLCÁNICO

El daño causado por los distintos factores de peligro de una erupción volcánica depende en primer lugar del tipo y magnitud de la erupción, de la distancia entre el elemento vulnerable y la fuente de riesgo, de la topografía, del viento y otras variables meteorológicas, de la vulnerabilidad de los elementos sociales o ambientales presentes en el territorio y finalmente, del sistema de alarma y de la capacidad de mitigación del riesgo.

El concepto de peligrosidad volcánica engloba aquel conjunto de eventos que se producen en un volcán y pueden provocar daños a personas o bienes expuestos estén presentes o no en un territorio.

El concepto de peligrosidad volcánica engloba el conjunto de eventos que se producen en un volcán y pueden provocar daños a personas o bienes expuestos, por encima de un nivel de riesgo asumido. En este sentido el volcanismo reciente de Fuerteventura se desarrolla en un periodo de tiempo que abarca el Pleistoceno Medio y Superior, no existiendo ningún dato que avale la existencia de fenómenos volcánicos holocenos.

Los volcanes recientes de la isla fueron agrupados en la llamada Serie IV de Fúster et al. (1968) que, en función de su estado de conservación, le asignaron una edad holocena. Sin embargo, recientes avances en geocronología, geomorfología y edafología permiten retrasar significativamente la edad de estas erupciones.

Así, algunos malpaíses como el de Lobos muestran niveles marinos probablemente relacionados con la transgresión del Estadio Isotópico Marino 5 (~130 ka)[5], por tanto, el basamento volcánico sobre el que descansan estos niveles marinos debe ser obviamente anterior.

[5] *Ka = miles de años*

El malpaís de Bayuyo (norte de la isla) presenta también playas del Estadio Isotópico Marino 5 datadas en 137 ka (Meco et al., 2002). Además, sobre sus lavas se han desarrollados ciertos tipos de aridisoles (Torres, 1995).

No tenemos cronologías absolutas para el Malpaís Chico, pero sobre sus lavas descansan las de Malpaís Grande fechadas en 136 ka (Carracedo, 2011).

Por último, el Malpaís de La Arena (La Oliva) ha sido datado en 185 ka, pero su buen estado de conservación pone en duda dicha fecha siendo posiblemente más moderno.

La alineación volcánica de Pájara está formada por un grupo de tres volcanes de pequeñas dimensiones, localizados en las inmediaciones del pueblo de Pájara (gráfico 5) y alineados según una fisura eruptiva de dirección aproximadamente E-O (IGME, 2004). Aunque no hay evidencias geocronológicas es posible que los tres pertenezcan a un mismo evento eruptivo siendo posiblemente coetáneos. Los volcanes de Pájara cuentan con una datación discutible, realizada por termoluminiscencia, que le otorga una edad de 50 ka (Pomel et al., 1985).

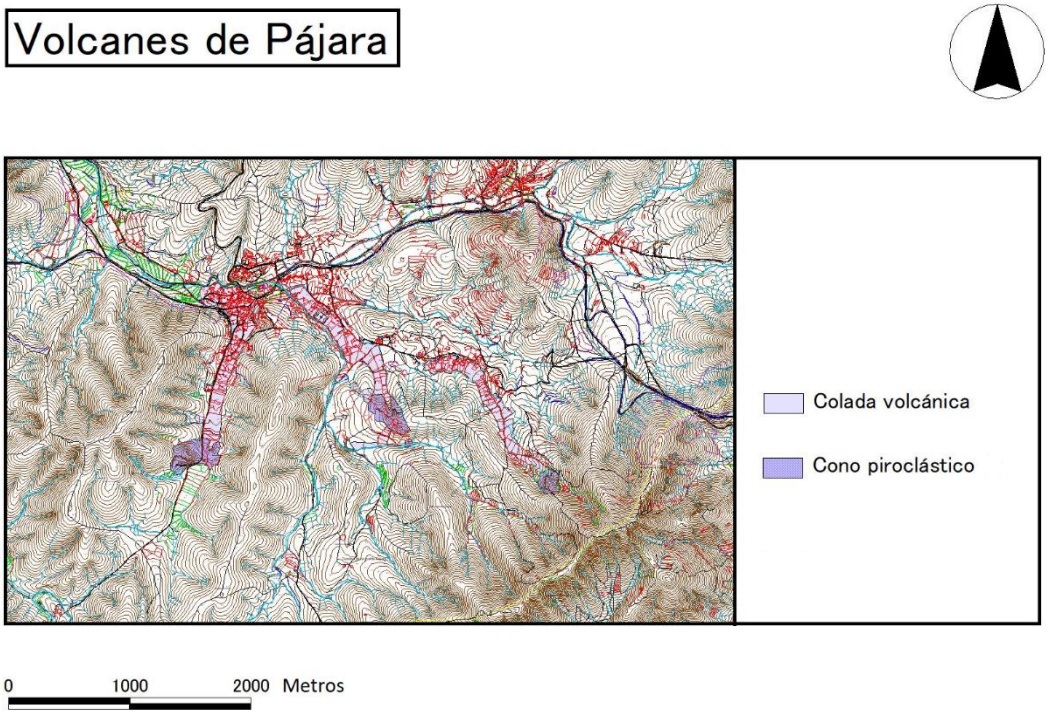
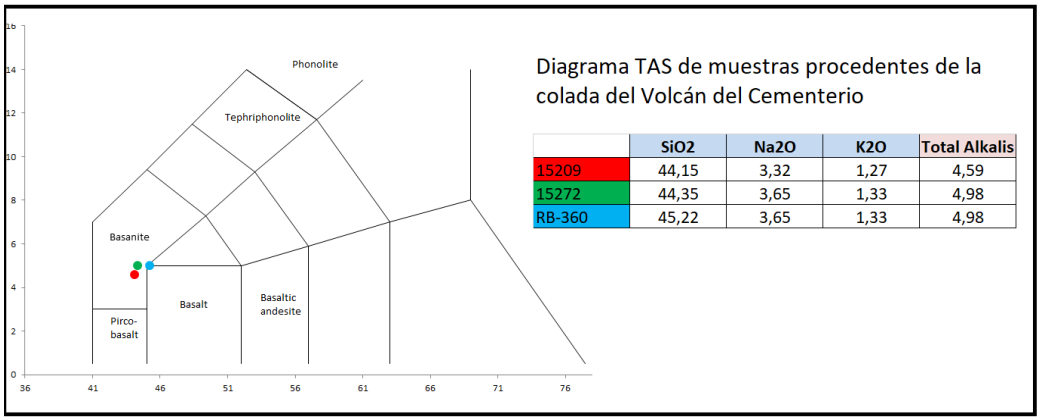


Gráfico 5. Los volcanes de Pájara. Elaboración propia.

El Volcán del cementerio o del barranco de la Cañada está localizado en el barranco de dicho nombre, justamente al sur de Pájara, y se encuentra emplazado directamente sobre los relieves del Complejo Basal. Tiene un pequeño cráter abierto hacia el este. Sus dimensiones, en planta, son 350 x 225 m, elevándose unos 25 m sobre su base, que se sitúa a cota 250 m (IGME, 2004). Es un edificio constituido por piroclastos de granulometría variable. La fracción de lapilli es importante. El cono se encuentra medianamente conservado mostrando cicatrices derivada de las extracciones de picón. Al este del edificio principal se localizan 2 coneletes de escorias alineados sobre la dirección N10º. Las coladas basálticas (gráfico 6) se canalizaron por el barranco alcanzado el barranco de Pájara, a unos 1.500 m del centro de emisión, formando un pequeño delta lávico. La morfología original de las estas coladas debió ser “aa” (malpaís), aunque en la actualidad está muy degradado. Se localizan también algunos bloques erráticos. La potencia visible de las lavas es de unos 6-7 m y las rocas según el diagrama TAS son clasificables como basanitas (gráfico 6).



	SiO2	Na2O	K2O	Total Alkalis
15209	44,15	3,32	1,27	4,59
15272	44,35	3,65	1,33	4,98
RB-360	45,22	3,65	1,33	4,98

Gráfico 6. Diagrama TAS de 3 muestras de la lava del Volcán del Cementerio (15209 y 15272 son datos de Cendrero, 1966 y RB-360 procede de IGME, 2004).

El Volcán de Calderetas se sitúa a menos de 2 km al ENE del anterior. De escasa altura (<10 m) y morfología poco definida y con un cráter abierto hacia el norte. Constituido por lapilli, escorias y bombas, está muy alterado por las extracciones de picón. Este centro de emisión también emitió coladas “aa” que se canalizaron por el barranco principal hasta el actual centro de Pájara, siendo posible que se juntasen con las emitidas por el Volcán del Cementerio.

El Volcán del barranco de los Barreros ocupa el vértice E de la alineación y presenta una mala conservación. Sus dimensiones en planta son del orden de 175 x 200 m, y sobre su base (cota 370 m) se eleva escasamente 10 m (IGME, 2004). El cráter se abre hacia el norte. Se trata de un depósito de lapillis, escorias y bombas. De sus bocas se emitieron lavas basálticas olivínicas que, canalizándose por el barranco alcanzó la zona de Bárgeda, a 1,5 km de distancia.

Gráfico 7. La colada del cementerio sirve de asiento a buena parte del núcleo de Pájara.

No hay por tanto evidencias de actividad volcánica reciente en esta isla.

3.2.1. Susceptibilidad frente a sismos volcánicos

Los terremotos de origen volcánico son, a efectos de riesgo, exactamente iguales a los terremotos tectónicos, por lo que la extensa experiencia en valoración del riesgo sísmico se puede aplicar en este caso. Sin embargo, la pequeña magnitud que generalmente presentan los eventos típicamente volcánicos, hace que el número de víctimas que potencialmente se pueden producir sea mucho menor frente a los otros factores de peligro volcánico.

La sismicidad volcánica, cuando se produce en enjambres de terremotos que duran semanas a años, suelen anunciar la fracturación hidráulica por el ascenso de uno de estos diques de magma. Sin embargo, en la mayoría de los casos el proceso no tiene suficiente energía y se queda como una intrusión en el subsuelo, sin alcanzar la superficie. Abundan estas “falsas alarmas” en la historia de Canarias. En la isla de El Hierro a finales del Siglo XVIII los terremotos fueron tan intensos que se llegó a plantear la evacuación de la isla, sin que llegara a producirse una erupción. Algo similar ocurrió en La Palma en 1936. La crisis del 2004 es prueba de una condición de activación volcánica que preconizaba por la frecuencia de sus sismos una erupción volcánica pero que luego se redujo bajando el nivel de riesgo.

3.2.2. Susceptibilidad frente a coladas lávicas

Los efectos directos más perjudiciales derivados de la acción de las coladas lávicas (independientemente de su composición) se producen por la destrucción total por enterramiento, aplastamiento o ignición de cualquier elemento que se encuentre en su trayectoria. Representan por tanto un riesgo máximo para el inmovilizado, tales como los edificios, carreteras, conducciones de agua, cableado, cultivos y bosques.

Por el contrario, el riesgo para la población y los animales es muy bajo y, salvo excepciones, estos fenómenos no producen la pérdida de vidas humanas por acción directa. Esto se debe a su baja velocidad de dispersión que, para las lavas básicas oscila entre 1 y 10 km/h, dependiendo de la composición del magma, la temperatura de emisión y la pendiente del terreno sobre las que circulan. Por este motivo no resulta una amenaza grave para las vidas y la maquinaria móvil dado que es fácil evacuar personas y vehículos.

Estas características se traducen en que la vulnerabilidad por efecto directo de las lavas sobre la población se sitúa en torno al cero por ciento, mientras que para las propiedades e infraestructuras se sitúa en torno al cien por ciento (carreteras, usos del suelo, canales de conducción, etc.).

Algunos de los efectos secundarios e indirectos que se pueden producir como consecuencia del flujo de las lavas son, sin embargo, algo más peligrosos. Por ejemplo, las lavas pueden provocar incendios. En el caso del municipio de Pájara, la escasa densidad de la cubierta vegetal, limita el riesgo de incendios a las instalaciones humanas.

Existe además la posibilidad de que se produzca emisión de gases volcánicos (desgasificación) altamente tóxicos de forma repentina, aunque su área de influencia suele ser reducida. Dadas las características de las lavas emitidas por una hipotética erupción, las caídas de rocas y las avalanchas de los frentes de las coladas tendrían escasa magnitud siendo poco peligrosas para la vida.

Si se parte de la idea de qué en el volcanismo de tipo monogénico, la apertura de futuros centros de emisión no está necesariamente ligada a la posición de eventos previos, existe una amplia superficie municipal que se encuentra topográficamente expuesta a la invasión por coladas. Aun así, parece improbable que se produzcan erupciones en entornos ubicados al sur de la alineación Pleistocena que ya hemos analizado. No siendo tampoco probable a corto plazo erupciones en la parte norte del municipio.

De producirse una reactivación eruptiva en las áreas próximas a los volcanes de Pájara las lavas se dirigirían a través de los barrancos. En el caso de que las bocas se instalasen en los barrancos del Cementerio, Calderetas y los Barreros, las lavas se canalizarían en ellos, superponiéndose a las

coladas pleistocenas y amenazando las zonas ocupadas a lo largo de su recorrido y el propio casco urbano de Pájara.

3.2.3. Susceptibilidad frente a caída de piroclastos

De todos los peligros volcánicos es éste el que presenta una mayor superficie afectada. Los piroclastos más pequeños (lapilli y cenizas) son arrastrados en la columna convectiva hasta grandes alturas, donde se dispersa por el efecto combinado de la difusión y el arrastre del viento.

En el caso concreto del volcanismo monogénico basáltico canario el riesgo para las vidas humanas por caída de piroclastos es muy pequeño, salvo el asociado al colapso de las techumbres. En zonas muy próximas, la caída de grandes volúmenes de cenizas sería un factor de riesgo muy importante, al que habría que añadir la densa caída basáltica de bombas y las oleadas y coladas piroclásticas. Salvo en zonas próximas, no suelen producirse quemaduras por la caída de cenizas.

La distribución y alcance de las zonas afectadas por los piroclastos dependerá del tipo de volcán, la presión e inclinación del conducto de salida, volumen de materiales expulsados, condiciones climatológicas, etc. De repetirse una actividad volcánica como la acaecida en los volcanes pleistoceno de Pájara, el riesgo derivado de la caída de piroclastos sería escaso y afectaría sólo a los entornos inmediatos de las bocas eruptivas, siendo poco probable la propagación de incendios dada la escasa biomasa combustible presente en la zona.

En el caso particular de las erupciones hidrovolcánicas, que se producen cuando el magma entra en contacto con el agua (marina, freática, etc.), el aumento de la explosividad en este caso es enorme (aquí podríamos estar hablando de energías equiparables a pequeñas bombas atómicas), generando grandes embudos explosivos (p. ej. Los abundantes conos litorales en Lanzarote, Bandama en Gran Canaria, el cráter del Pico Viejo etc.) y dispersando grandes bloques de piedra a distancias de muchos cientos de metros, y fragmentos menores y polvo fino a kilómetros. Se pueden producir, así mismo, ondas de choque, es decir, explosiones dirigidas lateralmente de gran energía, estos materiales salen mucho más fríos y sólo tiene efectos mecánicos (impacto) y gran capacidad de rellenar barrancos, cortar carreteras y taponar conducciones. En la proximidad de poblaciones hay que esperar destrucción de techos por impactos balísticos.

3.3. CONCLUSIONES DEL RIESGO VOLCÁNICO

No existe una pauta definida de la ocurrencia temporal de las erupciones en Fuerteventura; las más recientes se remontan al Pleistoceno, si bien los aparentes fenómenos premonitorios de Pájara apuntan a que este entorno podría ser un escenario, muy poco probable, de una erupción monogénica basáltica de escasa entidad (sería muy aventurado, con los datos disponibles, fijar una zona de ubicación geográfica de una posible erupción volcánica).

Hay que tener en cuenta **que a lo largo de los últimos 10.000 años la actividad volcánica se ha centrado en las islas de Gran Canaria, Tenerife, La Palma y El Hierro**, constituyendo una excepción la macroerupción de Timanfaya y las menores de 1824 (Volcán Nuevo, Tao y Tinguatón) en la vecina isla de Lanzarote.

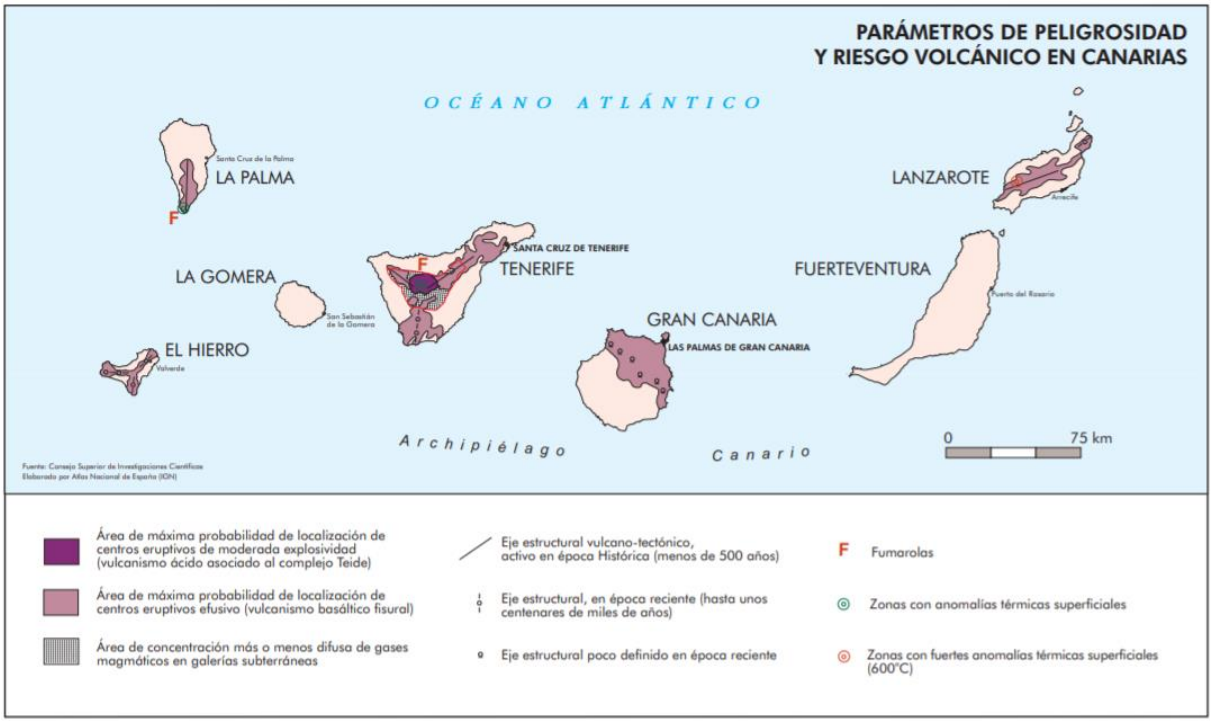


Gráfico 8. Mapa de parámetros de peligrosidad y riesgo volcánico en Canarias. Fuente https://www.ign.es/espmap/mapas_riesgos_bach/pdf/Riesg_mapa_04_texto.pdf.

Sin perjuicio de que derivado del estudio se concluye que existe una mayor susceptibilidad de riesgo volcánico en el entorno del núcleo urbano de Pájara que en el resto del término municipal, de acuerdo al gráfico anterior el **mapa de Peligrosidad por Actividad Volcánica deja toda la isla de Fuerteventura fuera de las zonas con riesgo volcánico.**

4. RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES

4.1 INTRODUCCIÓN

La información disponible para el estudio del riesgo derivado de los incendios forestales se basa principalmente en el Plan Canario de Protección Civil y Atención de Emergencias por Incendios Forestales (INFOCA).

En la primera fase, haciendo uso de los datos disponibles, el propósito que se persigue es la elaboración de una evaluación multicriterio con el objeto de identificar la susceptibilidad de las distintas zonas frente a los incendios mediante la caracterización de los parámetros que condicionan su ocurrencia y la introducción de factores de corrección derivados de los datos históricos disponibles

En la segunda fase, el objeto es contrastar y matizar los resultados obtenidos con las estadísticas disponibles desde el año 1972 que contienen la ubicación de focos y, en algunos casos, las superficies incendiadas.

Los factores que se han tenido en cuenta en esta fase el análisis han sido:

- Vegetación: Dependiendo de su naturaleza y estado, la virulencia del incendio varía, haciéndolo más o menos intenso.
- Exposición: La incidencia de la radiación solar sobre las laderas influye sobre el grado de humedad de la vegetación, tipo de vegetación y temperatura superficial, factores determinantes a la hora de iniciarse y propagase un fuego.
- Pendiente: Este factor influye principalmente en la propagación de un incendio, ya que el fuego se extiende más rápidamente a lo largo de fuertes pendientes, por lo que su efecto pude llegar a ser más devastador y difícil de combatir.
- Carreteras y caminos: Las infraestructuras viarias representan la principal forma de accesibilidad en el territorio para las personas. Esto supone que las proximidades de las mismas son un espacio de alto riesgo de ignición, bien por descuidos o imprudencias (por ejemplo colillas arrojadas desde automóviles), bien por la iniciación de incendios intencionadamente.
- Áreas recreativas: Las áreas recreativas (entendidas como intervenciones implantadas dentro de los espacios de mayor densidad de combustible vegetal), se consideran zonas de alto riesgo por el tipo de actividad que en ellas se desarrolla. La alta presencia de personas en estos lugares, en comparación con el resto del entorno natural, el uso de barbacoas, la propia ubicación de estas áreas en zonas vegetadas y el radio de movimiento de sus usuarios, hacen de ellas lugares con un alto potencial para la iniciación de un incendio.
- Edificaciones: Las agrupaciones de edificios fuera de los núcleos urbanos han sido consideradas zonas de riesgo, principalmente en el caso de iniciación de incendios no intencionados.
- Aparcamientos: Las áreas de aparcamiento también han sido consideradas como puntos de riesgo por representar también un área de influencia humana en espacios no urbanos.

4.2. SUSCEPTIBILIDAD DEL RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES

El resultado, muestra que las superficies del municipio de Pájara susceptibles de sufrir incendios forestales se limitan a espacios privados como el Oasis Park (La Lajita) y a la masa arbolada de Costa Calma que discurre a lo largo del trazado de la antigua carretera insular.

Gráfico 9. La única área susceptible de sufrir un incendio forestal es la masa boscosa artificial de Costa Calma.

4.3. CONCLUSIONES DEL RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES

La totalidad de las áreas del territorio municipal es de susceptibilidad baja.

5. RIESGO TECNOLÓGICO

5.1. INTRODUCCIÓN

La gestión de los riesgos industriales en general y de los riesgos de sustancias o mercancías peligrosas en particular deben estructurarse en un nivel de decisión a través de las recomendaciones de estudios específicos que los definan, como son los PPR (Planes de Prevención de Riesgos) o como deben ser, como primer instrumento de decisión, los ELR (Estudios Locales de Riesgos).

Los impactos negativos de un erróneo modelo de Ordenación Territorial pueden ser producto de decisiones no coordinadas entre autoridades (locales, autonómicas, Estado) y frecuentemente sólo se manifiestan a largo plazo. La inacción de otros implicados ante situaciones inaceptables puede provocar esto mismo. El futuro ELR, de esta manera, se convierte así en el documento de consenso, de colaboración y de coordinación que garantice la maximización de los beneficios de una buena ordenación.

Los esfuerzos del proceso de prevención de peligros, mitigación o reducción de riesgos: costes asociados a la reubicación de edificios, creación de zonas de seguridad, etc. deberían estar equilibrados y compartidos entre, todos los agentes implicados: Industria y Administraciones (Local, Regional, Nacional). Dependiendo de los casos concretos, hay que ponderar debidamente las circunstancias que acontecen: situación previa de ilegalidad, “culpa” u omisión de la Norma, impacto económico, social, ambiental, infraestructural o urbanístico, etc.

En la definición del grado de riesgo de cada instalación se considera necesario optar por la definición de un conjunto de escenarios representativos para poder evaluar las acciones concretas desde el planeamiento urbanístico o desde la Ordenación del Territorio. No se descarta, no obstante, que algunos escenarios sean directamente “ingestionables” ante la imposibilidad de promover medidas de prevención económicamente, socialmente, ambientalmente o infraestructuralmente rentables. En dichos casos las medidas de monitorización y mejora de la gestión de las crisis deberían suplir a las medidas urbanísticas como última alternativa.

Para la interpretación de la susceptibilidad del territorio al riesgo tecnológico la información sobre el transporte de mercancías peligrosas y la ubicación de los polígonos industriales, gasolineras, subestaciones eléctricas y depósitos combustibles se han integrado dentro de un mismo análisis para poder llevar a cabo una interpretación.

Los riesgos tecnológicos incluyen también la ubicación de instalaciones de actividades peligrosas. En esta categoría se han incluido los siguientes elementos: Polígonos industriales, para los que se ha generado un buffer de 2.000 m a su alrededor para establecer un radio de seguridad, Subestación Eléctrica, considerándose los radios de emergencia y afección según sus Planes de Emergencia, y las gasolineras.

5.2. SUSCEPTIBILIDAD DEL RIESGO TECNOLÓGICO

Los riesgos tecnológicos se encuentran enmarcados por la Directiva Seveso II en el territorio europeo cuyo objetivo prioritario es la seguridad colectiva de la población (incluyendo el medio ambiente) para prevenir los daños causados por Accidentes Mayores originados por la presencia de sustancias peligrosas. Estas directivas no están enfocadas sobre la parte técnica, propiamente dicha, de los procesos e instalaciones industriales, pues éstos ofrecen una casuística muy amplia y, además reciben tratamiento distinto en los diversos países (entre los cuales no hay todavía suficiente armonización en las metodologías de la seguridad industrial propiamente dicha).

Las Directivas comunitarias hacen referencia, más bien, a los mecanismos esenciales de protección de la población ante Accidentes Mayores (con emisión significativa de materias peligrosas, generalmente de alta volatilidad). Se pone mucho énfasis en los requisitos previos a la ubicación de instalaciones con alto riesgo potencial, a la información al público y a los Planes de Emergencia.

Por el contrario, en el campo de la ingeniería química, los efectos de un accidente pueden traspasar con relativa facilidad las barreras o límites de la instalación, y transformarse en un accidente grave. Tal fue el caso del accidente ocurrido en Seveso en 1976, y el cual fue origen de la primera, y posteriormente segunda, Directiva europea sobre accidentes graves, enfocada básicamente a la industria química, pues quedan fuera de su ámbito la minería, la energía nuclear, y la industria de defensa, explícitamente.

La Directiva Seveso se concibió como la expresión mínima que se debe adoptar para la protección de las personas que vivan en las inmediaciones de las instalaciones que contienen o pueden contener sustancias tóxicas o agresivas, y que están referenciadas en los apéndices de la Directiva. Dicha Directiva se traspasó a nivel nacional mediante la promulgación del R.D. 886/1988, que especifica qué tipos de instalaciones están afectadas por esa normativa y cuáles son las sustancias que dan origen a tomar determinadas precauciones, incluyendo el estudio completo de la seguridad de la instalación mediante algún procedimiento aceptable y que establece además mecanismos para la autoprotección, el control por parte de la autoridad, la información a la autoridad sobre accidentes mayores, y otros aspectos que se han de tener en cuenta.

Este plan debe estar orientado a que en las inmediaciones de la instalación no se alcancen los límites máximos permitidos de concentración en aire o agua de las sustancias tóxicas de diversa naturaleza. Se entiende que en el interior de la instalación se pueden tomar las medidas adecuadas por parte del personal de la instalación, que cuenta con la formación y el entrenamiento adecuados y con los equipos de protección individual necesarios para hacer frente a las contingencias previstas en sus planes de Contingencia Interior.

Habida cuenta que en las concentraciones de emisión tienen especial efecto las condiciones meteorológicas y las urbanísticas alrededor de la instalación, se plantea en este caso una problemática de la relación de vecindad entre la instalación y sus inmediaciones, y de hecho en la Directiva Seveso II una de las cuestiones capitales que se consideran es la variación de las circunstancias urbanísticas de una instalación con posterioridad al establecimiento de la misma y como consecuencia de la extensión de los cascos urbanos, que a menudo entran en interacción con la zona potencialmente afectada en un plan de emergencia exterior. De ahí que la Directiva Seveso II ponga mucho énfasis en que las autoridades locales conozcan los planes de emergencia de las instalaciones afectadas por las directivas Seveso y prevean restricciones suficientemente efectivas al aumento de vecindario en la zona, o a la aproximación del vecindario a los recintos industriales clasificados en esta Directiva.

5.3. CONCLUSIONES DEL RIESGO TECNOLÓGICO

En la elección cultural que toda sociedad realiza al crear su propio portafolio de riesgos, sin lugar a duda, es en los riesgos tecnológicos donde más evidente esa afirmación se hace realidad. Esto es así porque son las actuaciones de la sociedad las que crean la amenaza, con la instalación, el almacenaje, el transporte, la emisión, etc. de materias o sustancias peligrosas. Por tanto, nos encontramos con un conjunto de situaciones que van a presentar diferentes grados de vulnerabilidad en función de cómo, dónde y cuándo se realizan las actividades con una componente de peligrosidad.

Así, en este momento, hay un catálogo de puntos de riesgo, es decir que combinan las posibles amenazas y los diferentes grados de vulnerabilidad (para la población fundamentalmente, pero también, en algunos casos, para las infraestructuras), que nos viene dado, nos referimos al transporte de sustancias a través del casco urbano, la instalación de actividades peligrosas (depósitos de combustibles, talleres, gasolineras, etc.), que tienen un emplazamiento que afecta, como decíamos, fundamentalmente a la población.

Por ello, son necesarios los estudios en detalle de estos riesgos tecnológicos, pues eso nos pone en el camino de la aplicación de los dos principios barajados en el terreno de los riesgos, particularmente, en los tecnológicos, el principio de previsión y el principio de precaución. El análisis del riesgo tecnológico incide en el primero de ellos, la previsión, pero el desarrollo del segundo de los principios, la precaución, incide sobre un aspecto de las sociedades actuales, la ordenación del territorio, es en este terreno donde se deben desarrollar los instrumentos que regulen en el futuro estas actividades peligrosas, además de ordenar y regular las actividades peligrosas ya existentes, bien limitando o deslocalizando las mismas. La ordenación urbanística y territorial, en aplicación de los instrumentos de superior rango que regulen el futuro de estas actividades, habrá de concretar la mitigación del riesgo hasta límites aceptados socialmente, políticamente y económicamente.

En el municipio de Pájara, el riesgo tecnológico existente se concentra fundamentalmente en los ámbitos en torno a las gasolineras existentes y en todas aquellas actividades vinculadas al puerto de Morro Jable. En el resto del municipio observamos que los niveles de susceptibilidad son bajos o muy bajos, existiendo como puntos importantes a considerar las diferentes gasolineras, además de que las vías de comunicación también presentan los mismos niveles de susceptibilidad, bajos o muy bajos. Sin embargo, aplicando los dos principios aludidos (previsión y precaución), debemos ir un poco más adelante y plantearnos qué supone y qué nivel real adquiere el riesgo tecnológico en nuestro municipio. En principio, en el municipio los pasos de materias peligrosas son muy bajos, y se realizan principalmente a través de la Autovía FV-2 y carretera FV-30 atravesando el núcleo de Pájara y la zona turística de Morro de Jable hasta acceder al puerto de Morro de Jable.

Gráfico 10. Localización de las gasolineras en el municipio de Pájara. La mayor concentración se produce en Morro Jable, donde además se ubica el puerto con riesgo de vertidos.

El análisis del riesgo tecnológico debería presentar otros aspectos que dieran un mayor grado de aproximación al nivel real de susceptibilidad del mismo. Por ejemplo, añadiendo un nivel de detalle mayor incluyendo actividades como pueden ser los talleres de reparación, ya que manipulan sustancias que pueden llegar a ser dañinas, o hacer un inventario de posibles depósitos de sustancias peligrosas (oxígeno, gases inertes, gas butano, productos agrícolas y fitosanitarios, etc.) que fueran susceptibles de encontrarse en el interior del espacio urbanizado. No obstante, tales cuestión son aspectos a regular o complementar, en su caso, por la legislación y normativa sectorial correspondiente, no formando parte tal cometido del ámbito competencial de una plan general de ordenación.

En la actualidad según datos de la Consejería de Economía, Hacienda y Seguridad del Gobierno de Canarias, en Canarias están en fase de elaboración la mayoría de los planes tanto especiales como básicos para este tipo de riesgos. Así mismo la DGSE impulsa los planes de autoprotección para las instalaciones de concurrencia masiva, incrementando así los que ya posee para edificios de la Administración Pública, colegios, hospitales y grandes superficies comerciales entre otros.

6. RIESGO ASOCIADO A LA DINÁMICA DE VERTIENTES

6.1. INTRODUCCIÓN

Se conoce como dinámica de vertientes a un conjunto de procesos, dirigidos por la fuerza de la gravedad, que tienden a ir evacuando materiales de las zonas altas del relieve depositándolos en las partes más bajas. Son muchas las modalidades de la misma, pero, en líneas generales, es más activa cuanto más abrupto es el relieve. Por el momento se carece de una cartografía de peligrosidad frente a los riesgos vinculados a la dinámica de vertientes a escala insular.

Se ha contado con la información procedente de diferentes bases de datos, reflejada en los planos de información de este Plan General:

- Mapa Geológico y Geomorfológico, que incorporan las características litológicas y estructurales.
- Mapa de pendientes.
- Mapa de Usos del Suelo, que contiene las clases de uso y ocupación existentes en la isla.
- Mapa de Infraestructuras y servicios existentes.

La dinámica de vertientes es un conjunto de fenómenos que no se asocian a grandes eventos en la isla de Fuerteventura. Los movimientos del terreno suelen estar asociados a desprendimientos y caídas de rocas originadas, a grandes rasgos, por las acciones humanas, que desequilibran los taludes, por lo general este tipo de fenómenos se tratan de movimientos de pequeña magnitud. También durante algunos eventos de lluvia intensa, se pueden producir desprendimientos de rocas, por empapamiento y debilitación del sustrato, que permiten el despegue de materiales por gravedad. Por tanto, las características básicas de los movimientos de ladera, y su consecuente riesgo, se caracteriza por:

- Son fenómenos difusos en el espacio. Es decir, se producen en lugares puntuales a lo largo de la isla.

  Son fenómenos con una escasa importancia espacial. Es decir, no atañen a grandes áreas, sino a lugares concreto.

  Son fenómenos con un gran efecto local, en especial para las personas, viviendas e infraestructuras, debido al efecto mecánico de la caída de materia.

- Tienen una especial incidencia en zonas de fuerte desnivel, como los acantilados y laderas de barrancos con escarpes rocosos.

6.2. SUSCEPTIBILIDAD DEL RIESGO DE DINÁMICA DE VERTIENTES

El carácter micro espacial de estos fenómenos hace que el análisis desarrollado en este documento, sirva de punto de partida para análisis más exhaustivos a realizar por el proyecto de urbanización o de infraestructura específica.

Los movimientos de ladera tienen unos factores que aumentan la posibilidad de ocurrencia de este tipo de fenómenos de riesgo, en especial la caída de derrubios. Los factores de riesgo son los siguientes:

- La Pendiente. En especial en las áreas de fuerte desnivel, lo que provoca un aumento de la inestabilidad de las laderas, facilitando a la vez la perdida de suelo.

- Estructura del roquedo. La naturaleza litológica de los materiales, así como su disposición, influye de manera determinante en la susceptibilidad a la erosión del territorio, en la medida que determina la resistencia de estos materiales. En este sentido, las lomas del Complejo Basal, con pendientes suaves no son muy favorables a la exposición de afloramientos rocosos y al desgajamiento de fragmentos desde los mismos. Son más inestables los escarpes rocosos que suelen culminar las vertientes superiores de los valles en "U", labrados sobre la Serie Antigua (Mioceno) del Edificio Jandía.
- Agentes atmosféricos. Las diferencias de temperaturas (termoclastia) afectan al roquedo y provocan a largo plazo un mayor fraccionamiento, Las precipitaciones son, junto a la acción marina los principales agentes erosivos del municipio.
- Obras públicas. El trazado y ejecución de obra pública (vías de comunicación), contribuyen a la desestabilización de laderas, pendientes y la ocurrencia de desprendimientos. En todo el municipio existen múltiples lugares susceptibles de sufrir caídas de derrubios (el tipo de dinámica de vertiente más común), se trata de caídas individuales de rocas susceptibles de generar daños en personas y bienes con resultados de pérdida de vidas y pérdida total de los bienes. Los bordes acantilados que limitan las zonas de playa o plataforma rocosa son lugares propensos a estos procesos. En Canarias, por desgracia, son frecuentes estos accidentes fatales, tal y como ha ocurrido recientemente en Valle Gran Rey (La Gomera), o la playa de los Guíos en Los Gigantes (Tenerife).

También pueden resultar peligrosos las zonas escarpadas asociadas a los macizos rocosos y laderas de valle, con afloramientos de coladas masivas, tal y como ocurre en Montaña Cardón (Espacio Natural Protegido) y Montaña de Areguía. No es probable que los desprendimientos de bloques rocosos afecten a zonas ocupadas por hábitat o humanos o infraestructuras, siendo un riesgo que afectaría a senderistas y pastores que se mueven en las inmediaciones de estos accidentes geomorfológicos.

Gráfico 11. En los escarpes lávicos de las cumbres de los Cuchillos (Morro de la Degollada Negra) es posible la caída de derrubios, pero el riesgo real se limita a los escasos transeúntes de estas zonas de relieve áspero (pastores y montañeros).

Entre los factores desencadenantes que modifican las condiciones de equilibrio de estas zonas, destacan: los fuertes procesos erosivos, con importantes pérdidas de material; las lluvias, que precisamente en los macizos insulares alcanzan los máximos registros; y la realización de obras que supongan la removilización de los materiales.

Donde sí es probable que se produzcan desprendimientos es en los bordes de las principales vías de comunicación, especialmente en momentos de lluvia intensa pudiendo combinarse con arrastre de aluviones por arroyamiento.

Marcamos como lugares potencialmente conflictivos los siguientes:

FV-30, el tramo que circula bajo los destacados relieves del Morro de Los Olivos y Fenduca.

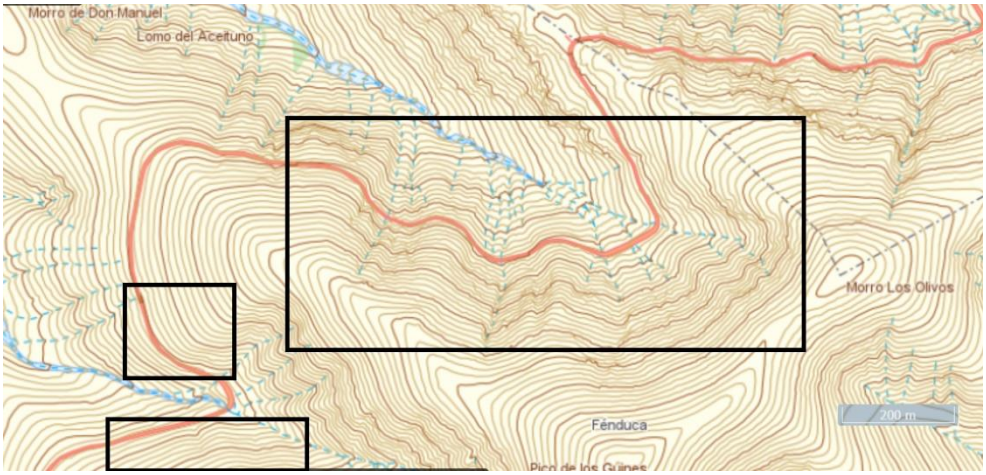


Gráfico 12. Sectores de la FV-30 susceptibles de sufrir caídas de derrubios en el sector entre Morro de Los Olivos y Fenduca.

FV-30 a la altura de Toto y bajo el Morro de Tinea (lado sur de la carretera).

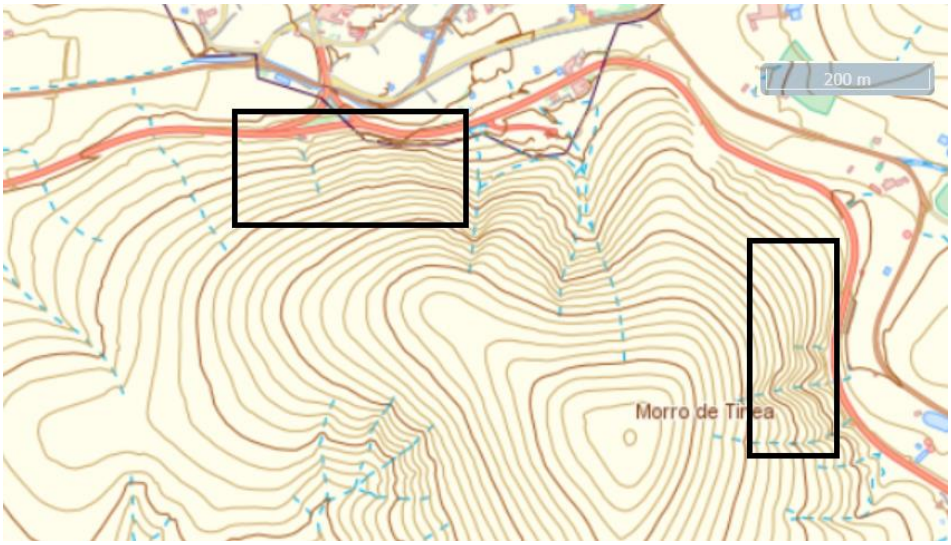


Gráfico 13. Sectores de la FV-30 susceptibles de sufrir caídas de derrubios en el sector de Toto y bajo el Morro de Tinea.

FV-621 en las cercanías de Ajui, frente a las Majadillas.

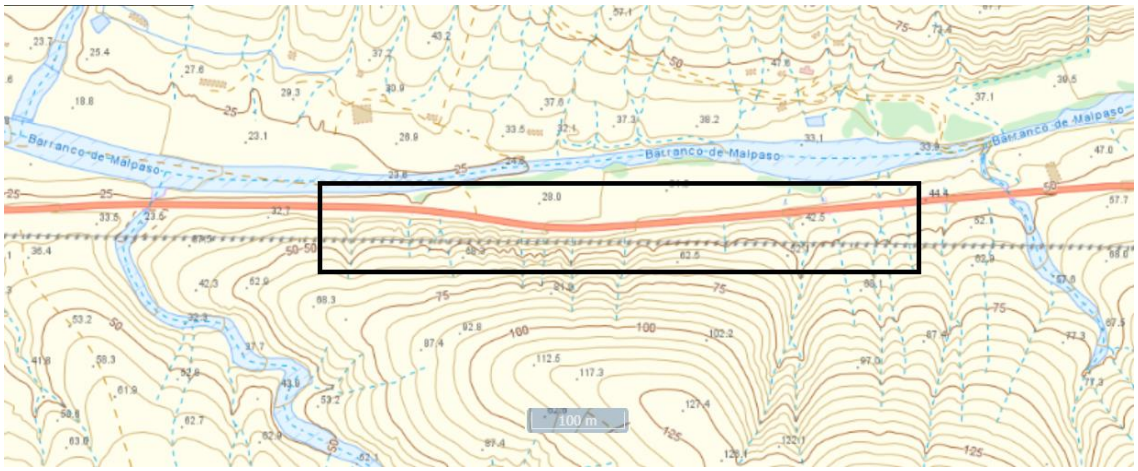


Gráfico 14. Sector de la FV-621 susceptible de sufrir caídas de derrubios en las proximidades de Ajui, frente a Las Majadillas-

FV-605 Curvas en las proximidades del barranco de Gutiérrez.

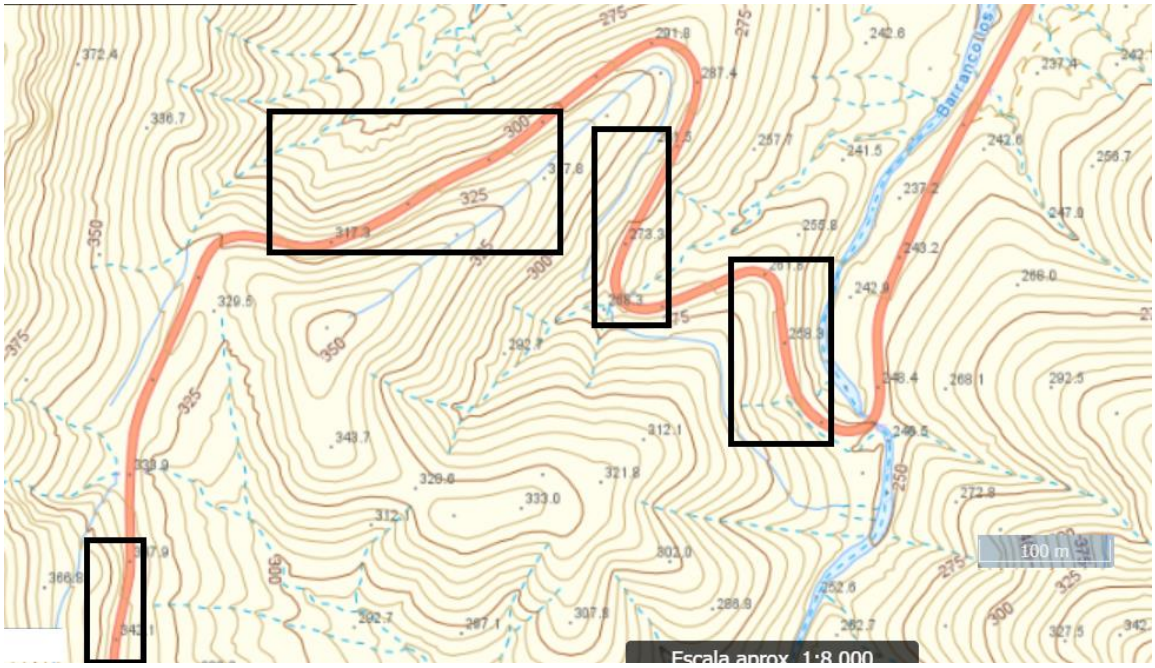


Gráfico 15. Sectores de la FV-605 susceptibles de sufrir caídas de derrubios en las curvas próximas al Barranco de Gutiérrez.

FV-605 entre Filo de Tarife y Morrete de Birama.

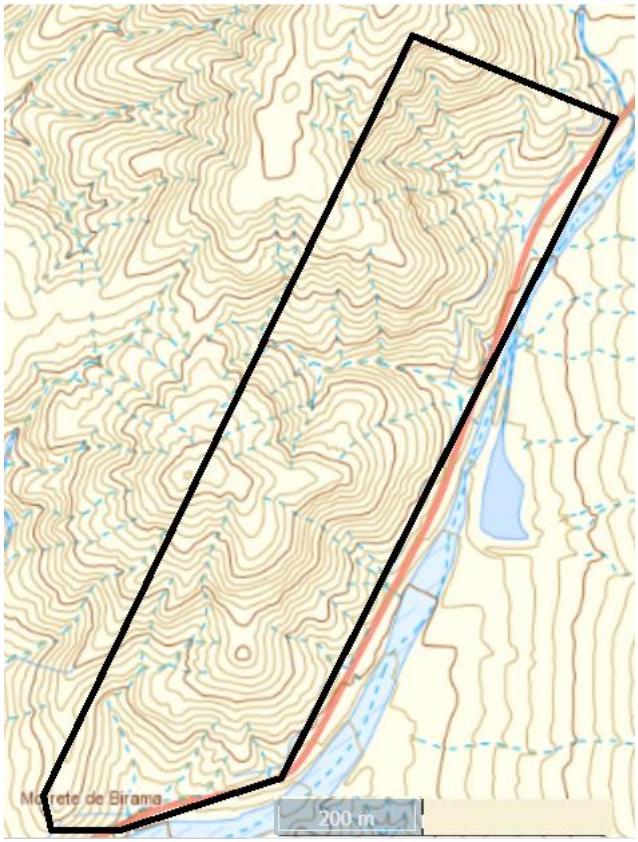


Gráfico 16. Sector de la FV-605 susceptible de sufrir caída de derrubio en el sector entre Morrete de Birama y Filo de Tarife.

FV-617 en Guerime

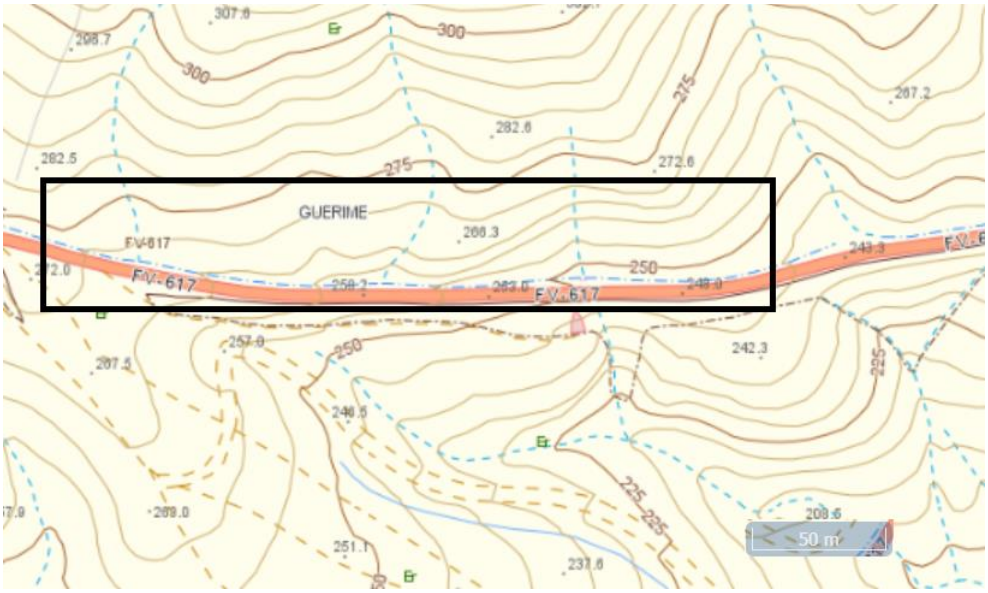


Gráfico 17. Sector de la FV-617 susceptible de sufrir caída de derrubio en el sector de Gurime.

FV-2 Taludes del margen norte de la autovía en la zona de Esquinzo.

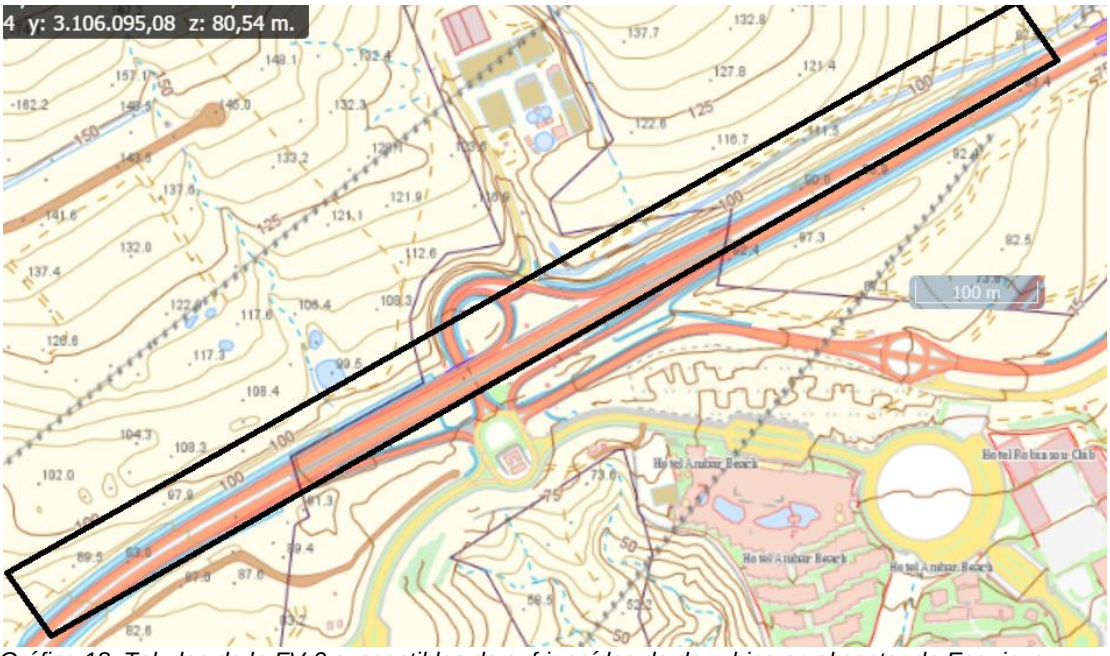


Gráfico 18. Taludes de la FV-2 susceptibles de sufrir caídas de derrubios en el sector de Esquinzo.

Avenida del Atlántico, talud este, en Morro de Jable.

Gráfico 19. Sector de la Avenida del Atlántico (Morro Jable) susceptible de sufrir caída de derrubio.

6.3. CONCLUSIONES DEL RIESGO DE DINÁMICA DE VERTIENTES

El municipio de Pájara presenta un mayor riesgo de caída de derrubios en las áreas relacionadas con los acantilados y laderas de barrancos. No hay que olvidar que cada movimiento de tierra generado por la actividad humana (pistas, carreteras, canalizaciones…) genera una alteración de las laderas, con el consiguiente aumento del riesgo de caída de derrubios, o que impliquen paquetes enteros de materiales.

El municipio de Pájara no presenta problemas de caída de derrubios a gran escala. Los movimientos de ladera que se producen tienen escasa impronta espacial, aunque fuerte incidencia a la escala local. Los posibles riesgos de caída de derrubios están íntimamente relacionados a la mano del hombre. Generalmente se asocian a la realización de obras públicas de trazado lineal.

En términos generales, y como se ha visto, el territorio municipal no se encuentra sometido a fenómenos erosivos de gran magnitud. Aunque son las áreas acantiladas y laderas de barrancos, de forma preferente, en las que la extensión y el impacto de los procesos erosivos son mayores, aunque de forma puntual existen otras zonas que también se puedan ver afectadas por este tipo de fenómenos.

Por lo que respecta a los movimientos del terreno la escala a la que ha tenido lugar el análisis y diagnóstico permite identificar en detalle cuáles son aquellas áreas del territorio que se pueden ver afectadas por este tipo de fenómenos. Cabe destacar que la ocurrencia de desprendimientos y caídas de rocas se encuentra habitualmente asociada con la realización de obras civiles, infraestructuras y obras extractivas que provocan la inestabilidad de taludes, con lo que se requiere en estos casos la puesta en marcha de medidas de estabilización y refuerzo de los mismos.

Intervenciones, medidas y actuaciones**.**

Estabilización de laderas mediante la aplicación de diversas técnicas, tales como:

- Refuerzo de taludes (anclajes pasivos, activos o construcción de muros)
- Control geotécnico.
- Corrección por drenaje.
- Descabezamiento y construcción de tacones de tierra.
- Ejecución de bermas.

Las infraestructuras que atraviesen el área deberán tomar medidas específicas y preactivas para la estabilización, la consolidación de suelos y evitación de caída de materiales mediante el uso de drenajes, mallas metálicas, medidas de revegetación de entornos, etc., siendo preferentes estas últimas por su integración paisajística y ecosistémica. En lo relativo a las carreteras de carácter regional o insular estas serían en todo caso medidas que trascienden el carácter municipal, siendo competencia de la administración titular de la misma o que tenga encomendado, en su caso, su gestión.

En resumen, el riesgo frente a la dinámica de vertientes en el T.M. de Pájara debe ser objeto de un estudio a una escala de mayor detalle al abordar las obras de urbanización y edificación, en las zonas de posible conflictividad, pues las características de los mismos (reducida extensión, pero fuerte incidencia puntual). La principal amenaza detectada es la caída de bloques rocosos por acción gravitatoria a veces estimulada por la escorrentía difusa generada por lluvias intensas.

Analizado el Plan General de Ordenación, se debe afirmar qué respecto al primer tipo de amenaza detectada, la ordenación prevista define espacios con categorías de suelo rústico de protección agraria y/o de protección ambiental que sirven como espacios de transición respecto a los riesgos de desprendimientos y su afección a las áreas urbanas o urbanizables definidas. No se han clasificado nuevos suelos como urbanos o urbanizables que tengan una pendiente superior al 30%.

Sin duda, serán las actuaciones que se realicen, así como la manera con que se aborden y las soluciones dadas, las que van a conseguir mitigar esta categoría de riesgos en el municipio, aunque el objetivo deseable que sería el riesgo cero, por definición no existe (además, la presencia del acantilado es un elemento determinante para ello), pero si es deseable el aproximarnos en la medida de lo posible, lo cual va a depender tanto del grado de conocimientos en cada momento, como de las intervenciones que se realicen.

7. RIESGO HIDROLÓGICO

7.1. INTRODUCCIÓN Y MARCO SECTORIAL

Se extracta a continuación del epígrafe 3.2.4 de la Memoria de Información de Régimen Jurídico del Territorio el marco sectorial de aplicación con relación al riesgo de inundación:

La Comisión Europea aprobó en noviembre de 2007 la Directiva 2007/60 (conocida como "Directiva Marco del Agua", traspuesta a la legislación española mediante el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, que establece una serie de obligaciones fundamentales que se concretan en la evaluación preliminar del riesgo de inundación, los mapas de peligrosidad y de riesgo y los planes de gestión del riesgo de inundación. Esta coordinación, que es también un mandato de la Directiva, se extiende a la política hidráulica general de todas las cuencas y a la ordenación territorial y urbanística en lo necesario para hacer efectiva la prevención y protección contemplados en la presenta norma.

Respecto a la Evaluación preliminar del riesgo de inundación el Decreto 903/2010 establece como contenido mínimo lo siguiente:

- *Mapas donde se representen las cuencas o subcuencas hidrográficas.*
- *Descripción de las inundaciones ocurridas en el pasado.*
- *Descripción de las unidades de importancia ocurridas.*
- *Topografía, la localización de los cursos de agua y sus características hidrológicas y geomorfológicas generales, incluidas las llanuras aluviales como zonas de retención naturales, la eficacia de las infraestructuras artificiales existentes de protección contra las inundaciones, y la localización de las zonas pobladas, y de las zonas de actividad económica.*

Se elaborará a partir de la Evaluación preliminar los Mapas de peligrosidad y de riesgo por inundación, que contemplarán los escenarios siguientes:

- *Alta probabilidad de inundación, cuando proceda*
- *Probabilidad media de inundación (periodo de retorno mayor o igual a 100 años).*
- *Baja probabilidad de inundación o escenario de eventos extremos (periodo de retorno igual a 500 años).*

Los Planes de Gestión de Riesgo de Inundación tendrán en cuenta entre otras determinaciones la coordinación con otras políticas sectoriales, entre otras, ordenación del territorio, protección civil, agricultura, forestal, minas, urbanismo o medio ambiente, siempre que afecten a la evaluación, prevención y gestión de las inundaciones. Serán los organismos de cuenca intercomunitarias (Consejos Insulares de Agua), las Administraciones competentes en las cuencas intracomunitarias, las Administraciones competentes en materia de costas y las autoridades de Protección Civil, las que establecerán los objetivos de la gestión del riesgo de inundación para cada zona determinada.

Los Planes de Riesgo de Inundación de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura se encuentran actualmente en tramitación. En el caso de Pájara, se han considerado las siguientes áreas de riesgo potencial significativo de inundación (ARPSIs).

Entre las de tipo fluvial, no se ha considerado ninguna.

- Entre las de tipo costero, se han delimitado 8 áreas numeradas de la 16 a la 23:
  - ARPSI_0016: La Lajita y Barranco del Tarajal de Sancho.
  - ARPSI_0017: Bahía Calma
  - ARPSI_0018: Los Albertos
  - ARPSI_0019: Los Verodes

- ARPSI_0020: Las Gaviotas
- ARPSI_0021: Morro del Jable
- ARPSI_0022: Puertito de la Cruz
- ARPSI_0023: Ajuí-Puerto de la Peña.

En el Documento de Aprobación Inicial del Primer Ciclo de Planificación Hidrológica, en su Anejo 3 se justifican una serie propuestas de medidas de protección para tres de estas áreas: ARPSI_0016 de La Lajita y Barranco del Tarajal de Sancho, ARPSI_0017 de Bahía Calma (proponiéndose en ambas para mitigar el riesgo de inundación la construcción de sendos paseos marítimos) y ARPSI_0023 de Ajuí-Puerto de la Peña (donde se propone la ejecución de espigones o diques sumergidos, semisumergidos o emergidos a desarrollar el tramo del extremo norte, y todo el frente costero en menor medida).

En los Mapas de Peligrosidad y de Riesgo de Inundación que constan en el PGRI (por ejemplo, las zonas inundables para T=500 años), datados con fecha febrero de 2014, se indica que la escala del plano es 1:5000. Sin embargo, de la consulta online en el Geoportal del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, la cartografía utilizada aparentemente es a 1:25000.

En cualquier caso, lo cierto es que del análisis de los citados mapas de peligrosidad de inundación costera se detectan imprecisiones en su delimitación, evidenciándose que la geometría de las zonas potencialmente afectadas se compone de recintos de trazos poligonales que no responden a una cartografía detallada y en las que se han adscrito zonas de elevada cota (+14.43 en la parte de la ARPSI_0021 por ejemplo).

No obstante, el presente Estudio Básico de Riesgos, en tanto que parte de la documentación inherente al plan general de ordenación, realiza un análisis pormenorizado a escala municipal, que se desarrolla en los epígrafes a continuación.

7.2. ESTUDIO DE RIESGOS A ESCALA MUNICIPAL

Al margen de lo dispuesto en el marco sectorial en materia de riesgos de inundación, y dadas las imprecisiones advertidas en el epígrafe precedente, en tanto que parte de la documentación inherente al plan general de ordenación, se realiza un análisis pormenorizado a escala municipal del riesgo de inundación, que se desarrolla en los epígrafes a continuación.

A) RIESGO POR INUNDACIÓN FLUVIAL

Históricamente ha sido el tipo de riesgo con peores consecuencias, tanto desde el punto de vista de las pérdidas en vidas humanas como desde el punto de vista de las pérdidas económicas. Son múltiples los episodios de inundaciones y aluvionamientos que podemos encontrar algunos de los más destacados: de los que se tiene noticia hasta la actualidad son, por ejemplo, los de diciembre de 1645, octubre de 1722 o enero de 1957, que afectaron cada uno de ellos a diversos sectores de las islas y ocasionaron cuantiosos daños y numerosas víctimas mortales. Sin embargo, el más catastrófico fue el conocido como Huracán de 1826, con precipitaciones estimadas en algunos puntos de Tenerife de hasta 500 mm/24 horas, vientos de más de 150 km/h, generando impresionantes aluvionamientos (p.e. en el Puerto de la Cruz, con más de 2 m de potencia), gravísimas pérdidas económicas y 284 víctimas mortales.

Eventos posteriores como los de La Palma en 1957 (con 16 víctimas mortales), la riada de abril de 1977 en Bajamar (con cuantiosas pérdidas económicas en dicha área turística) y la del 31 de marzo en Santa Cruz, que se saldó con 8 fallecidos. Obligan a tomar en consideración la posibilidad real de la existencia de riesgo por inundación en, al menos, 3 puntos del municipio de Pájara.

Curiosamente, ninguno de ellos aparece recogido en el documento Revisión y actualización de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI). 2º Ciclo. D. H. de Fuerteventura.

Entre las causas que pueden originar las inundaciones, se encuentran las siguientes:

1. Inundaciones por precipitaciones “In Situ”
2. Inundaciones por escorrentía, avenida o desbordamiento de cauces, provocada o potenciada por precipitaciones, obstrucción de cauces naturales o artificiales, invasión de cauces o aterramiento o por acción de las mareas o de los temporales marinos.

La escorrentía superficial está constituida por aquella parte de la precipitación que discurre por gravedad sobre la superficie del terreno. Dado que la escorrentía superficial se inicia en forma apreciable, solo cuando la intensidad de la lluvia sobrepase la capacidad de infiltración del terreno, su caudal depende fundamentalmente de las características geológicas y condiciones del suelo, además de la intensidad de las precipitaciones.

Existen una serie de agravantes y atenuantes naturales que influyen de forma directa o disminución de la escorrentía, como son:

- Topografía: Influye directamente sobre la velocidad de la escorrentía y la capacidad de arrastre de materiales. En el caso del municipio de Pájara, los desniveles son lo suficientemente importantes como para generar importantes velocidades de evacuación de agua y arrastre de sedimentos.
- Vegetación: la inexistencia de una cubierta vegetal densa propicia la disminución de la porosidad de los suelos allí donde estos aún se conservan (en las montañas que separan el macizo de Betancuria de la llanura interior de la isla). Allí donde aflora directamente la roca o en áreas urbanizadas nos enfrentamos a sectores impermeables, que dan lugar a escorrentías inmediatas que, superada la capacidad de los sistemas de drenaje de pluviales, usan las vías de comunicación como colectores alternativos. Esto se vio claramente en la riada del 31 de marzo de 2002 en Santa Cruz de Tenerife y en el propio Morro Jable en 2010.[6]
- Características de la cuenca: Hace referencia al tamaño de la cuenca y su forma. Generalmente en las cuencas de pequeño tamaño son más frecuentes las avenidas relámpago o flash-food. En las cuencas en forma de “abanico”, abiertas en su cabecera y cerradas en su parte baja, se produce en esta última un importante volumen de escorrentía.
- Litología: Determina la presencia de terrenos permeables que favorecen la infiltración y por tanto la regulación natural de la escorrentía, o no permeables que, al contrario, favorecen la circulación superficial y por tanto la escorrentía.
- Red de drenaje: Formada por todas las corrientes que van a dar al cauce principal.

Igualmente, la acción del hombre ha provocado la existencia de situaciones que agravan de forma sensible estos procesos, entre los que destacan en el territorio que nos ocupa:

- El abandono de tierras de cultivo o las prácticas pastoriles que agravan la pérdida de suelo.
- Obras públicas y privadas mal diseñadas que limitan la capacidad de drenaje, disminuyen la infiltración, desvían y canalizan las aguas hacia zonas vulnerables, etc.
- Invasión de cauces que, al igual que en el caso anterior, limita la capacidad de desagüe.
- Deficiencias en la red de saneamiento y eliminación de aguas pluviales o la falta de limpieza en las canalizaciones.
- El aumento en determinadas zonas de construcciones y urbanizaciones, que supone la impermeabilización de suelos y la elevación de la escorrentía superficial o el desvío de las redes naturales de drenaje.

B) SUSCEPTIBILIDAD DEL RIESGO HIDROLÓGICO

En Fuerteventura no es raro que la lluvia falte durante meses o años enteros y luego aparezca de forma súbita y abundante, aunque breve.

La sequía y las precipitaciones torrenciales se dan con bastante frecuencia en cortos espacios de tiempo, incluso podría hablarse de un binomio de comportamiento sequía – precipitación torrencial. La asociación está clara en cuanto a los efectos de los aguaceros intensos tras un periodo seco, pues en este caso el suelo reseco y con un pobre tapiz vegetal protector sufre con mayor gravedad de lo normal los procesos erosivos que comportan los fuertes chubascos y las escorrentías que generan.

El régimen de lluvias en Fuerteventura, se produce cuando la borrasca se sitúa al SW de la Isla, que aporta las precipitaciones más importantes y de mayor intensidad horaria. Estas borrascas poseen una duración de pocos días y se alejan rápidamente hacia el NE.

En menor medida, las precipitaciones también se producen con las perturbaciones oceánicas, consecuencia de depresiones desgajadas del flanco meridional del frente polar, que adquieren una dirección NW-SE. Cuando esta depresión se forma o desarrolla en latitudes más meridionales da lugar a un flujo de aire marítimo tropicalizado del Sur a Sureste, recibiendo importantes lluvias la vertiente Sur de la Isla.

La tercera situación que puede provocar precipitaciones son las depresiones frías o gota fría, producidas por el descolgamiento de las bolsas de aire frío sobre Canarias.

Con respecto a la estacionalidad de las precipitaciones, estas se centran en el período de octubre a marzo, con máximos en diciembre y enero.

B) DEFINICIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO

Antes de proceder a su cálculo, definiremos primero que es el dominio público hidráulico. Según el Decreto 86/2002 de 2 de Julio por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico:

En su artículo 7 se define el DPH como:

> *a) Las aguas continentales, tanto las superficiales como subterráneas renovables con la independencia del tiempo de renovación.*
> *b) Los cauces de corrientes naturales, continuas o discontinuas.*
> c) Los lechos de los lagos y lagunas y los de los embalses superficiales en cauces públicos.

En su artículo 8 se señala que:

> *1. El Álveo o cauce natural de una corriente continua o discontinua es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias.*
> *2. Se entenderá como máxima crecida ordinaria a aquella de tan probable o frecuente ocurrencia estimada como para los terrenos por ella inundables resulten inaprovechables como consecuencia del riesgo que para personas y bienes presenta su anegamiento.*

En el artículo 10 se señala:

> *1. Se considerarán, en todo caso, cauces de aguas discontinuas que forman parte del dominio público, los de aquellos barrancos que se prolonguen desde cualquier divisoria de cuenca hasta el mar sin solución de continuidad.*

En el artículo 12 se señala:

> *1. Los terrenos lindantes con los cauces públicos constituyen sus márgenes, las cuales estarán sujetas, con carácter general, y en toda su extensión longitudinal, a una zona de servidumbre para uso público de cinco metros de anchura.*

En el artículo 16 se señala:

> *1. Se podrán considerar como zonas anegables las cubiertas por las aguas de las avenidas con período estimado de recurrencia no superior de 500 años.*

7.3. ANÁLISIS DE PUNTOS CONFLICTIVOS DETECTADOS

El análisis detallado de las fotos aéreas y ortofotos disponibles para el municipio de Pájara ha permitido detectar una serie de puntos en los que áreas ya urbanizadas pueden sufrir riesgo por avenidas torrenciales. En el presente informe se detallan cada una de ellas realizando, en algunos casos, un detallado informe que incluye cartografía y datos sedimentológicos que justifican las conclusiones. En la mayoría de los casos se proponen una serie de medidas correctoras.

Se ha trabajado a partir de SIG (ArcView 3.2), contando con la cartografía de Grafcan a escala 1: 5.000 (en formato DGN) y la ortofoto en formato MrSID; se ha realizado un estudio de la evolución de la ocupación del territorio, contando con las ortoimágenes proporcionadas por el visor Grafcan (https://visor.grafcan.es/visorweb/), que permite rastrear la evolución del territorio hasta 1994, ya que las imágenes de 1957 no cuentan con una calidad mínima para trabajar sobre ellas.

Se ha completado el estudio con un detallado trabajo sobre el terreno, que ha servido para reconocer la problemática in situ y recoger muestras sedimentarias que permitan evaluar el grado de actividad del cono de deyección de Sise. Todos estos datos servirán de apoyo en la toma de decisiones dentro del PGO del Municipio de Pájara.

Las áreas analizadas son el casco de Pájara, el sector donde se ubica la Perrera Municipal, el camino de Sise (barranco de Tarajal de Sancho), el tramo final del barranco de Tarajal de Sancho en el entorno de La Lajita, Costa Calma, los barrancos que drenan en la marisma del Matorral, el Barranco del Ciervo en Morro Jable y la zona oeste del casco de Morro Jable

A) **Morro Jable – Barranco del Ciervo**

El Barranco el Ciervo en Morro Jable es una de las zonas de riesgo hidráulico de origen fluvial detectados en el municipio.

Gráfico 20. La desembocadura del Barranco del Ciervo (Morro Jable) en 1957 y 1994.

Gráfico 21. La desembocadura del Barranco del Ciervo (Morro Jable) en 1994 y 2019.

Si se examina la foto de 1957 se ven muy pocas construcciones, reconocibles en la foto de 1994, y el cauce del barranco sin ocupar instalado en medio de un fondo aluvial (tono más oscuro). En 1994 toda la desembocadura está ocupada y el cauce ha sido canalizado, con unos muros de hormigón, sin embargo, hay varios pequeños puentes para poderlo cruzar uno de ellos en la propia desembocadura.

La imagen de comparada de 1994 y 2019 (gráfico 21) nos muestra como desde la cota +15 m hasta la cota +2 m, a lo largo de un recorrido de ~320 m, el cauce está cubierto y estrechándose desde una anchura de ~12,5 m hasta ~ 8,5 en la desembocadura. Por su parte, la profundidad del cauce en la desembocadura es preocupante, tal y como se puede ver en el plano del gráfico 23.

Gráfico 22. Vista aérea de la desembocadura del Barranco del Ciervo antes del inicio de las obras de soterramiento del tramo final del cauce (2011). Se aprecia como la dinámica litoral ha rellenado con arena los arcos del puente de la Avenida Tomás Grau. Esta limitada capacidad de evacuación de las aguas de la riada de noviembre de 2012 derivó en los daños apreciables en la siguiente imagen.

Gráfico 23. Daños producidos por la riada del 30 de noviembre de 2012 en los establecimientos de la desembocadura del Barranco del Ciervo.

En relación con este evento el diario La Provincia daba la siguiente información:

"*La fuerte borrasca que descargó ayer en la zona turística de Morro Jable, en el municipio de Pájara, dejo al descubierto las carencias en materia de infraestructura de esta localidad, donde se produjeron situaciones de miedo tras* ***la riada que bajaba sin control por el barranco de El Ciervo provocando inundaciones en viviendas y establecimientos en la avenida marítima y en el entorno de varios hoteles.*** *Varios establecimientos hoteleros también se vieron afectados en la zona de Costa Calma, aunque no hubo que lamentar desgracias personales, solo daños materiales. También se sucedieron fuertes vientos que provocaron la caída de varios letreros de establecimientos y la rotura de palmeras y árboles.*

La tromba de agua descargó con virulencia durante unos 20 minutos. Fue el tiempo suficiente para que el barranco del Ciervo comenzara a recoger agua en su cuenca y a provocar el pánico entre los vecinos que habitan en la zona del mismo nombre, acostumbrados a sufrir estas consecuencias ***ya que sus casas fueron edificadas en el mismo barranco.***

*Mientras esto ocurría en la parte alta del pueblo****, los vecinos y propietarios de bares y restaurantes situados en le avenida marítima se preparaban para recibir un aluvión de barro y piedras.*** *Y así fue porque muchos de estos establecimientos si vieron afectados y los empleados tuvieron que emplearse a fondo para limpiar los restos de lodo.*

…Otra de las zonas afectadas en Morro Jable se localizó en el entorno de los hoteles Faro y Robinson que acumuló en torno a estos dos establecimientos el agua, lodo y piedras procedentes de la parte alta".

Por nuestra parte hemos procedido a realizar un estudio de la probabilidad de inundación basándonos en la metodología de Témez, contando con una serie pluviométrica de más de 30 años de registro tomada de la AEMET.

El tratamiento de los datos de precipitaciones máximas en 24 horas nos permitió calcular las siguientes intensidades de lluvia para cuatro periodos de retorno considerados, que son 25, 50, 100 y 500 años (tabla 2).

Periodos de retorno	$l/m^2/hora$
I_{25}	27,1
I_{50}	28,2
I_{100}	39,1
I_{500}	49,5

Tabla 2. Intensidades máximas para diferentes periodos de retorno de la estación de Morro Jable.

Una vez calculados los coeficientes de escorrentía y habiendo medido la superficie de la cuenca (6,14 km2), aplicaríamos la siguiente ecuación:

Q= C. I. A /3

Obteniendo los siguientes caudales (tabla 3):

Periodos de retorno	m^3/seg.
Q_{25}	49,5
Q_{50}	51,6
Q_{100}	73,9
Q_{500}	93,6

Tabla 3. Caudales máximos esperables en el Barranco del Ciervo (Morro Jable) calculados por el método racional para diferentes periodos de retorno.

El cálculo de la ecuación de Manning aplicado a la desembocadura del barranco señala una capacidad de evacuación de un caudal de 84,8 m3/seg, alcanzando el flujo una velocidad de 9,98 m/seg. Esta capacidad, al menos teóricamente, podría absorber la riada de periodo de retorno de 500 años.

Sin embargo, es necesario señalar la pérdida paulatina de fondo por aluvionamiento y la entrada de arena marina por la desembocadura que origina un tramo en contrapendiente que, en los primeros momentos de la riada, detendrá el flujo de agua + sedimentos produciendo su decantación, lo que aumentará el coeficiente de rugosidad (disminuyendo la velocidad de flujo) y hará decrecer la profundidad haciendo aumentar la altura de la lámina de agua.

Sería deseable que la DHF estableciera la oportuna vigilancia y mantenimiento del cauce, extrayendo periódicamente la arena acumulada en su desembocadura y manteniendo el cauce lo más limpio posible de basuras y toda clase de restos, y manteniendo la profundidad que inicialmente tuvo el cauce tras la finalización de las obras de encauzamiento en 2009. La acumulación de sedimentos es constatable comparando las dos imágenes del gráfico 24, en el que se aprecia la pérdida de profundidad del cauce en un lapso de 11 años.

Gráfico 24. A) Vista del inicio de la parte cubierta del Barranco del Ciervo (la imagen puede ser del 2009); una masa de escombros casi ha tapado uno de los ojos. B) En esta imagen tomada el 13/10/2020 se ve que el aluvión ha sido eliminado, pero se aprecia como la distancia entre la parte superior del arco derecho y el lecho del barranco ha disminuido. Ello es consecuencia de un aluvionamiento producido durante los últimos 9 años.

Más preocupante se muestra el estado de la desembocadura, tal y como se puede apreciar en los gráficos 25, 26 y 27.

Se pueden apreciar cómo, dado el carácter esporádico de las escorrentías, el tramo final del cauce está sobreelevado (0,84 m). respecto al inmediatamente anterior (0,72 m). Ello es consecuencia de la entrada de arenas de la playa, estando la cota de la playa en contacto con la vía peatonal Avenida Tomás Grau Guerra a 1,5 m sobre el nivel del mar, es decir más alta que la parte distal del cauce del barranco.

Esto dificultaría mucho la evacuación de caudales en caso de una riada, máxime si tenemos en cuenta los arrastres de sedimentos, restos vegetales, basuras arrojadas barranco arriba, etc. Por lo que el propio paseo y las calles adyacentes (con viviendas y negocios de hostelería) se verían afectadas por el agua.

Resulta llamativo que en el PGRI no se considere que esta desembocadura es una zona en riesgo si tenemos en cuenta que, en Morro Jable, desde 2011 a 2017 se produjeron 11 sucesos relacionados con escorrentías produciendo daños estimados en 122.900, 36 €, existiendo documentación gráfica que atestigua daños en la zona que estamos describiendo.

Gráfico 25. Detalle de la desembocadura del Barranco del Ciervo (detalle del mapa del Visor Grafcan).

Gráfico 26. El cauce del Barranco del Ciervo en su tramo final. Obsérvese la escasa profundidad y la presencia de sedimentos arenosos procedentes de la playa, que dan lugar a una contrapendiente. Es este un punto donde se hace necesaria la vigilancia y limpieza del cauce para evitar desbordamientos con afecciones a las edificaciones del entorno.

Gráfico 27. Desembocadura actual del barranco del Ciervo. Imagen tomada el 13 de octubre de 2020. El relleno por la acción marina es lo que genera que el tramo final del barranco esté en contrapendiente

La progresiva y apreciable pérdida de profundidad del fondo del cauce (gráfico 24), unida a la contrapendiente en la misma desembocadura (gráficos 25 y 26) irá dando lugar, de manera progresiva, a una decantación de material aluvial en la zona soterrada del cauce. Esto se irá produciendo, de forma sutil, en las escorrentías más moderadas, de forma que al producirse caudales considerables (como los calculados para los periodos de retorno 25, 50, 100 y 500 años), estos no tendrán cabida, generando la compresión del agua bajo las zonas de aparcamiento, lo que determinará una sobreelevación del agua en la desembocadura (con efectos iguales o peores a los del 2012) y otra elevación del nivel del agua aguas arriba de la parte soterrada que puede llegar a afectar a la zona de los nuevos parking.

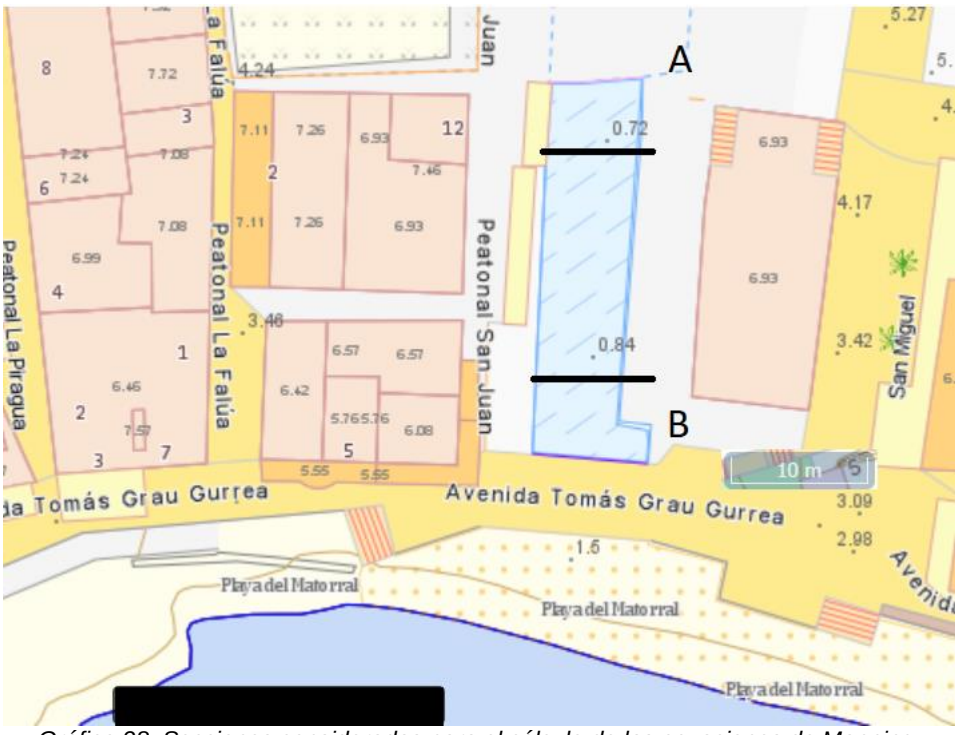


Gráfico 28. Secciones consideradas para el cálculo de las ecuaciones de Manning.

Además, en el caso de producirse lluvias intensas coincidentes con una depresión de suroeste, el empuje del agua del mar hacia la costa haría aún más difícil la evacuación de la escorrentía del barranco.

No parece respetarse el margen de seguridad de 5 m respecto al cauce y éste, al menos en la desembocadura, en el estado actual es difícil que pueda evacuar la avenida para un periodo de retorno de 500 años.

Por tanto, concluimos que el Barranco del Ciervo, a su paso por la parte baja de Morro Jable es un punto de riesgo de avenida más que evidente donde procede la consideración de medidas de mitigación, habida cuenta de la ocupación su desembocadura por un paseo marítimo, terrazas y viario así como su soterramiento para la construcción de parking que complica las labores de mantenimiento del cauce.

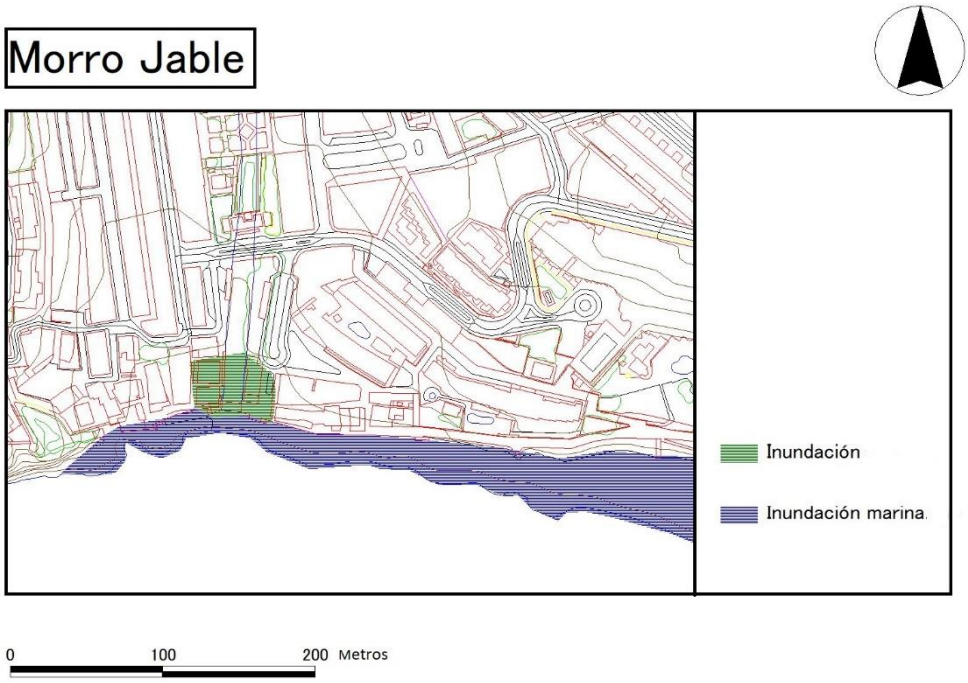


Gráfico 29. Plano de áreas inundables por escorrentías fluvio-torrenciales y por acciones marinas en Morro Jable.

Por nuestra parte hemos procedido a realizar un estudio de la probabilidad de inundación basándonos en la metodología de Témez, contando con una serie pluviométrica de más de 30 años de registro tomada del Consejo Insular de Aguas de Fuerteventura.

El tratamiento de los datos de precipitaciones máximas en 24 horas nos permitió calcular las siguientes intensidades de lluvia para cuatro periodos de retorno considerados, que son 25, 50, 100 y 500 años (tabla 4).

Periodos de retorno	l/m²/hora
I_{25}	26,3
I_{50}	29,8
I_{100}	33,9
I_{500}	45,2

Tabla 4. Intensidades máximas para diferentes periodos de retorno de la estación de Pájara.

Una vez calculados los coeficientes de escorrentía y habiendo medido la superficie de la cuenca (24,25 km2, hasta el pueblo de Pájara), aplicaríamos la siguiente ecuación:

$$Q= C. I. A /3$$

Obteniendo los siguientes caudales (tabla 5):

Periodos de retorno	m^3/seg.
Q_{25}	49,5
Q_{50}	51,6
Q_{100}	73,9
Q_{500}	93,6

Tabla 5. Caudales máximos esperables en el Barranco de Pájara calculados por el método racional para diferentes periodos de retorno.

En principio el cauce podría asumir esos caudales, pero se hace necesario el mantenimiento del cauce, lo más limpio posible de basuras y toda clase de restos.

Las dimensiones del cauce podrían absorber esto caudales siempre y cuando se mantengan limpios los barrancos, evitando la acumulación de restos vegetales y vertidos de restos vegetales y de otro tipo. La presencia de estos podría dificultar el paso del agua especialmente en las zonas donde hay puentes.

Sin embargo, cauces de menor entidad pueden crear problemas puntuales en áreas próximas al casco de Pájara. Así, se hace necesario mantener en buen estado el canal del barranco del Cementerio en especial en el sector donde el camino se bifurca en las calles del Puente y Las Veredas, existiendo una parcela poco construida con riesgo de ser inundada por la crecida del citado barranco.

También hay afecciones derivadas de las escorrentías en laderas con cierta pendiente que pueden llegar las viviendas e instalaciones anexas provocando pérdidas materiales. Este fenómeno es predecible en la ladera norte del pueblo de Pájara en la zona urbanizada donde se asienta el colegio de ESO de Pájara. Las escorrentías provenientes de la ladera superior presumiblemente tomarán las calles como colectores y evacuar escorrentías que pueden entrar en garajes y pisos bajos. Lo mismo es esperable más al oeste, en torno a la calle del Guirre y alrededores.

En ambos casos sería deseable la construcción de canales en las laderas para derivar las aguas de escorrentía hacia los barrancos y evitar afecciones en zonas construidas.

B) **Casco de Pájara**

Se ha visitado el sector ubicado en la parte alta del pueblo, por encima del CEIP Pájara. En este punto una ladera de suave pendiente termina a ras de la calle, lo que puede producir que, en ocasión de lluvias intensas, la escorrentía difusa que se produzca sobre la ladera encalichada llegue a la calle provocando problemas en el colegio y la calle del Estudiante.

Sería conveniente el diseño y construcción de un canal de guarda que deriva las aguas de arroyada hacia las barranqueras situadas a derecha e izquierda (figura 1).

Figura 1. Canal de guarda a media ladera y zanja para derivar el agua de escorrentía a la red de pluviales en la calle Estudiante, al norte del CEIP Pájara.

C) Pájara – Valle del Cementerio

El barranco de Pájara está bien canalizado, con capacidad de evacuación suficiente. Sin embargo, al sur de la carretera FV-605, en el valle del Cementerio se han detectado una serie de puntos conflictivos que exigen planificar concienzudamente la red de evacuación de aguas pluviales.

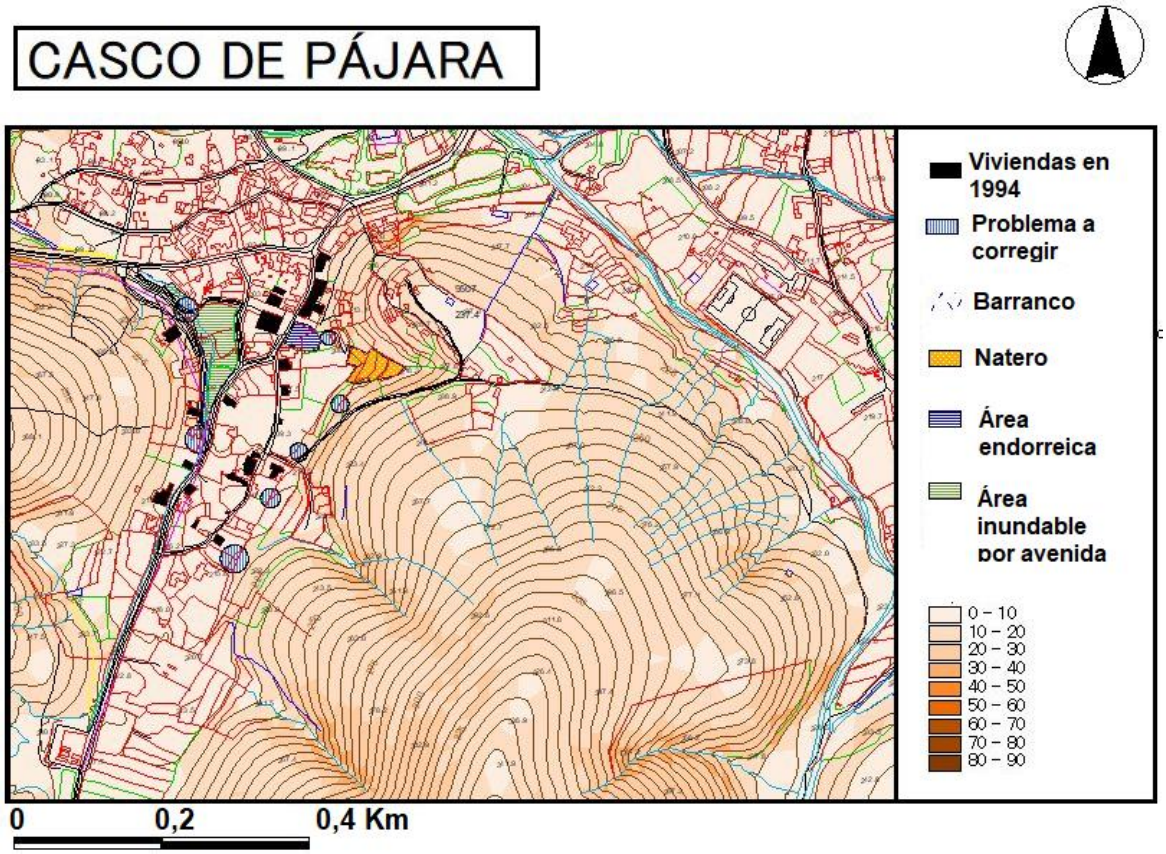


Figura 2. El casco de Pájara en el valle del Cementerio.

En el valle del Cementerio el incremento, lento pero continuo, de la superficie construida ha ido incrementando imperceptiblemente el riesgo de avenida, hasta el punto de que hoy en día varias viviendas se encuentran directamente amenazadas.

En el mapa de la figura 2 podemos apreciar en color negro el escaso número de edificaciones visibles en la ortofoto de 1994, En la actualidad el número se ha incrementado considerablemente.

El valle del cementerio es un valle que presenta una geomorfología interesante. Se trata del habitual valle de esa zona del Complejo Basal de Fuerteventura, con interfluvios alomados, pendientes suaves y afloramiento de la costra de caliche en superficie.

La presencia de la costra superficial y la inexistencia de formaciones sedimentarias o suelos inhibe los procesos de infiltración del agua de lluvia, lo que conduce a la generación de escorrentías rápidas en las pequeñas cuencas torrenciales que modelan ambos interfluvios (al este y oeste).

El fondo del valle está constituido por las lavas del volcán del Cementerio; se trata de un edificio volcánico simple (cono de escorias estromboliano) que emitió una colada de lava basáltica valle abajo. Este sustrato volcánico es permeable y actúa de esponja frente a las aguas de avenidas que le puedan llegar desde las laderas. Además, las laderas bajas y los fondos de los valles afluentes están rellenos de materiales sedimentarios, correspondientes a suelos arrastrados desde las vertientes -hoy en día totalmente desnudas- que generan suelos tipo fluvent acondicionados para su cultivo mediante las técnicas de la gavia y los nateros.

A ambos lados de la colada se abrían unos cauces naturales tipo “rambla” que garantizaban la evacuación del agua que excedía la capacidad de almacenamiento de gavias y nateros.

Sin embargo, el problema surge a medida que en el entorno se va urbanizando. De este modo, se dispone una carretera que va hasta el cementerio y a su lado se mantiene un canal de evacuación de aguas. No así en el borde oriental de la colada basáltica donde la rambla hace de camino de acceso a las fincas rústicas allí dispuestas.

Pero la zona más problemática es la más próxima al pueblo.

Figura 3. Cadenas y nateros en las cercanías del casco de Pájara.

Así, en el lado oriental (figura 3) se abre una pequeña cuenca, en la que antaño se cultivaba, con bancales en la parte superior y nateros en la inferior, pero en la actualidad no. Ello ha llevado a la rotura de los muros de los bancales y al deterioro de los nateros. En esta zona las aguas de escorrentía ya no van a morir a una gavia, puesto que el espacio ha ido siendo ocupado por edificaciones. De hecho, la parcela situada frente al Terrero de Lucha Canaria, se encuentra por debajo del nivel de la calle siendo por tanto un área inundable; en el caso de construirse, toda el agua traída por la pequeña cuenca que hemos descrito iría a acumularse contra la parte trasera de dicha edificación. Se hace necesario, por tanto, la excavación de un canal de drenaje que conecte esta cuenca con el barranco de Pájara en paralelo a la calle Chica hasta salir al barranco. Este canal debería unirse al que, recorriendo todo el borde oriental de la colada volcánica, drenase conveniente todas las aguas de escorrentía provenientes de las lomas de Morro de Cagaceite.

Por el lado occidental (figura 4), hay un canal bien delimitado que acoge las aguas provenientes del barranco del Cementerio. Sin embargo, en algunos tramos está soterrado; proponemos la sustitución de los arcos por puentes colgantes, que permitan el acceso para limpiar el cauce subterráneo y no ofrezcan obstáculos a la circulación del agua de avenida, que circula normalmente con una importante carga sedimentaria y de restos vegetales.

Figura 4. Canalización del barranco del Cementerio. Sería deseable dejarle más anchura sustituyendo los arcos por una estructura colgante.

Sin embargo, cuando la canalización del barranco del Cementerio llega a un sector donde se ubica una antigua gavia en desuso, la delimitación se va haciendo cada vez más difusa, de manera que el barranco termina atravesando una calle (figura 5 y 6) en la que hay varias viviendas y que, normalmente, se utiliza como aparcamiento de los vehículos de los residentes (figura 7).

Figura 5. Desaparición del canal del barranco del Cementerio al llegar a los antiguos terrenos de cultivo.

Figura 6. La salida del barranco del Cementerio por la antigua finca conduce directamente a un camino.

Figura 7. El barranco se convierte en aparcamientos al lado de unas viviendas.

Algo más al sur, la escorrentía de la ladera de La Montañeta podría afectar a un conjunto de bloques de viviendas aún en construcción. Se hace precisa la excavación de un canal de guarda protector.

En el caso del casco de Pájara se ha procedido a realizar un estudio de la probabilidad de inundación basado en la metodología de Témez, contando con una serie pluviométrica de más de 30 años de registro tomada del Consejo Insular de Aguas de Fuerteventura.

El tratamiento de los datos de precipitaciones máximas en 24 horas permitió calcular las siguientes intensidades de lluvia para cuatro periodos de retorno considerados, que son 25, 50, 100 y 500 años (tabla 4).

Periodos de retorno	l/m^2/hora
I_{25}	26,3
I_{50}	29,8
I_{100}	33,9
I_{500}	45,2

Tabla 1. Tabla 4. Intensidades máximas para diferentes periodos de retorno de la estación de Pájara.

Una vez calculados los coeficientes de escorrentía y habiendo medido la superficie de la cuenca (24,25 km^2, hasta el pueblo de Pájara), aplicaríamos la siguiente ecuación:

$$Q= C. I. A /3$$

Obteniendo los siguientes caudales (tabla 5):

Periodos de retorno	m^3/seg.
Q_{25}	49,5
Q_{50}	51,6
Q_{100}	73,9
Q_{500}	93,6

Tabla 2. Caudales máximos esperables en el Barranco de Pájara calculados por el método racional para diferentes periodos de retorno.

En principio el cauce podría asumir esos caudales, pero se hace necesario el mantenimiento del cauce, lo más limpio posible de basuras y toda clase de restos.

Las dimensiones del cauce podrían absorber esto caudales siempre y cuando se mantengan limpios los barrancos, evitando la acumulación de restos vegetales y vertidos de restos vegetales y de otro tipo. La presencia de estos podría dificultar el paso del agua especialmente en las zonas donde hay puentes.

Sin embargo, cauces de menor entidad pueden crear problemas puntuales en áreas próximas al casco de Pájara. Así, se hace necesario mantener en buen estado el canal del barranco del Cementerio en especial en el sector donde el camino se bifurca en las calles del Puente y Las Veredas, existiendo una parcela poco construida con riesgo de ser inundada por la crecida del citado barranco.

También hay afecciones derivadas de las escorrentías en laderas con cierta pendiente que pueden llegar las viviendas e instalaciones anexas provocando pérdidas materiales. Este fenómeno es predecible en la ladera norte del pueblo de Pájara en la zona urbanizada donde se asienta el colegio de ESO de Pájara. Las escorrentías provenientes de la ladera superior presumiblemente tomarán las calles como colectores y evacuar escorrentías que pueden entrar en garajes y pisos bajos. Lo mismo es esperable más al oeste, en torno a la calle del Guirre y alrededores.

Sería deseable la construcción de canales en las laderas para derivar las aguas de escorrentía hacia los barrancos y evitar afecciones en zonas construidas.

D) **Perrera Municipal**

Ubicada al borde la FV-605 en el tramo comprendido entre Huertas de Chilegua y La Pared. El examen de las imágenes aéreas mostraba lo que parecía ser un cono deyección cortado por la carretera y las instalaciones de la perrera; sin embargo, el reconocimiento sobre el terreno mostró que la mayor parte de lo que parecía un cono de deyección en realidad es una ladera rocosa, con bloques rocosos. La presencia de pátinas y una densa colonización liquénica indica escasa movilidad de los mismos (figura 8).

Figura 8. Bloques, cantos y gravas conforman la superficie de la ladera rocosa situada por detrás de la perrera municipal. La presencia de esta cubierta detrítica favorece la arroyada difusa en momentos de lluvias intensas.

En esta ladera la escorrentía se vería dificultada por los cantos y bloques esparcidos en superficie, por lo el agua se movería adoptando la modalidad de arroyada difusa. A pesar de que ya existe un canal de guarda, para evitar la entrada de agua en las instalaciones, aconsejamos la mejora del mismo de cara a evitar daños en el caso de producir lluvias intensas, lo que parece bastante probable en el contexto de calentamiento global en que nos encontramos.

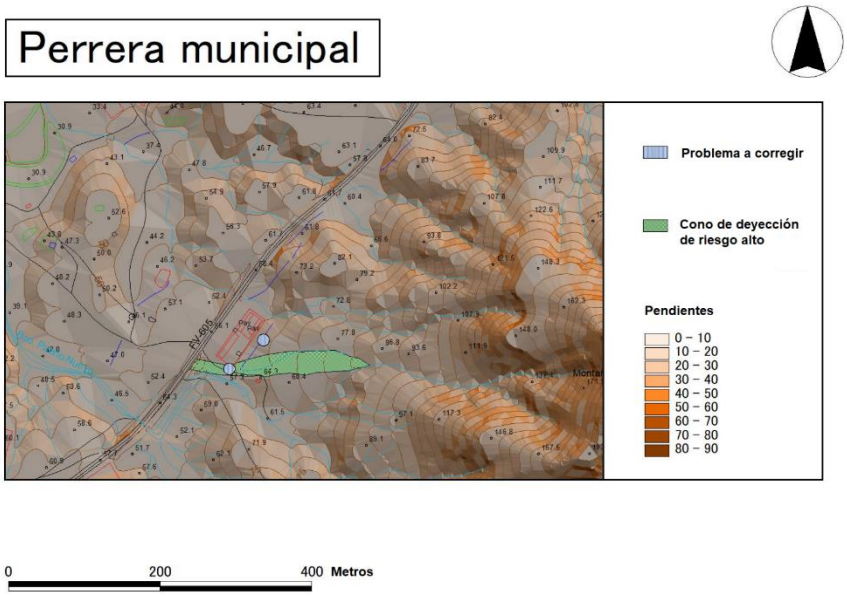


Figura 9. Mapa de la perrera municipal; la parte más meridional está localizada sobre un cono de deyección activo.

Sería conveniente también el acondicionamiento de la barranquera que discurre por el lado norte de perrera.

El único punto realmente problemático se localiza en la parte sur (figura 9), ya que la perrera se apoya sobre un cono de deyección con indicios de actividad reciente cuya salida está taponada por el camino que conduce a un depósito de agua (figura 10). En caso de producirse una escorrentía significativa se vería afectada la esquina de la perrera y el camino de acceso al depósito, por lo que sería conveniente abrirle paso al agua con un camino colgante, de forma que ésta conectase libremente con el exutorio que atraviesa bajo la FV-605 y termina drenando en el barranco de Puerto Nuevo.

Figura 10. El camino donde está aparcado el coche cierra la salida de una barranquera de un cono de deyección activo.

Algo más al sur, las edificaciones del Club están muy próximas a una ladera rocosa, estable a priori, siendo aconsejable la excavación de un canal de guarda que impida que la escorrentía vaya hacia la parte trasera de las construcciones.

E) La Lajita

En la localidad de La Lajita tiene su desembocadura el barranco de Tarajal de Sancho. Constituye este barranco el exutorio natural de una cuenca hidrográfica que drena una superficie aproximada de 17 km2.

En su tramo final está canalizado ofreciendo unas buenas condiciones de drenaje. No obstante, en el sector de la rotonda se aprecia como al construir está en lugar de optar por una estructura apoyada en los bordes, dejando un amplio vano para el libre discurrir de las aguas, se optó por colocar una serie de tubos y rellenar el espacio entre éstos (figura 11).

Figura 11. Tubos al paso del barranco de Tarajal de Sancho a la altura de la rotonda.

En nuestra opinión este sistema es altamente vulnerable si tenemos en cuenta que en medio árido (como es el caso de la isla de Fuerteventura) las avenidas van siempre acompañadas de restos sólidos y sedimentos que, de forma rápida, pueden obturar los caños provocando la circulación del agua sobre la carretera. Esto provocaría importantes daños económicos y dejaría aislada a la urbanización que se localiza al oeste del cauce.

En otro orden de cosas se aconseja el diseño de canales de guarda tanto en el extremo sureste del pueblo, en las casas localizadas al final de la calle de Las Barcas (figura 12), como al otro lado en la ladera que domina la calle de Goya, a cuyo pie se ha desarrollado una urbanización.

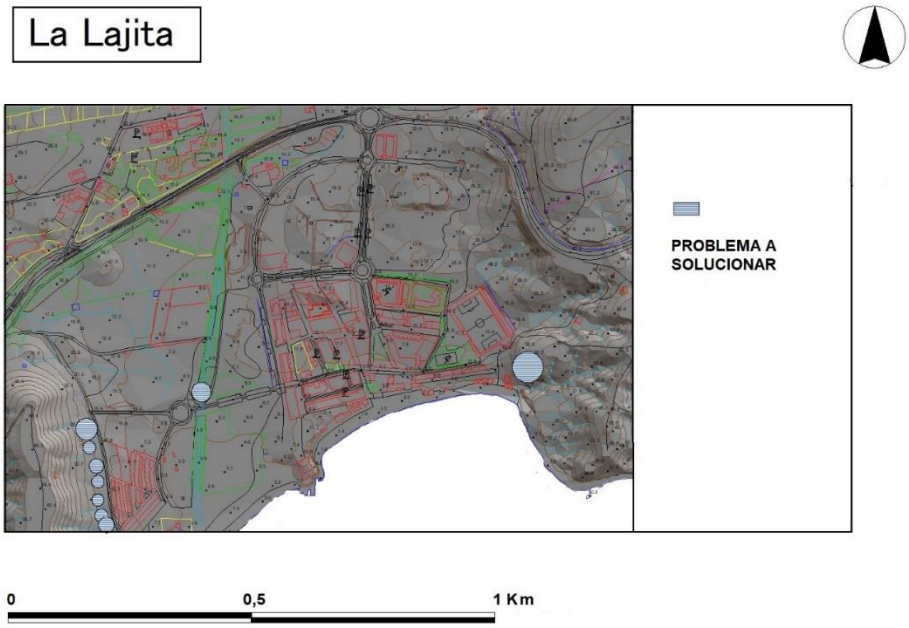


Figura 12. Mapa de La Lajita mostrando donde habría que intervenir.

F) Cono de deyección de Sise

Está situado en el tramo inferior del barranco de Tarajal de Sancho, al pie del Morro del Majano (335 m). Se trata de uno de los puntos más problemáticos en cuanto a prevención de avenidas dentro del municipio de Pájara.

El trabajo con Sistemas de Información Geográfica (ArcView 3.2), el examen de las fotografías históricas y el trabajo de campo y laboratorio han permitido cartografiar con precisión los límites de este cono de deyección.

Corresponde a un sistema complejo en el que un abanico aluvial o cono de deyección muestra áreas estables y otras con signos de actividad reciente e incluso actual (figuras 13 y 14).

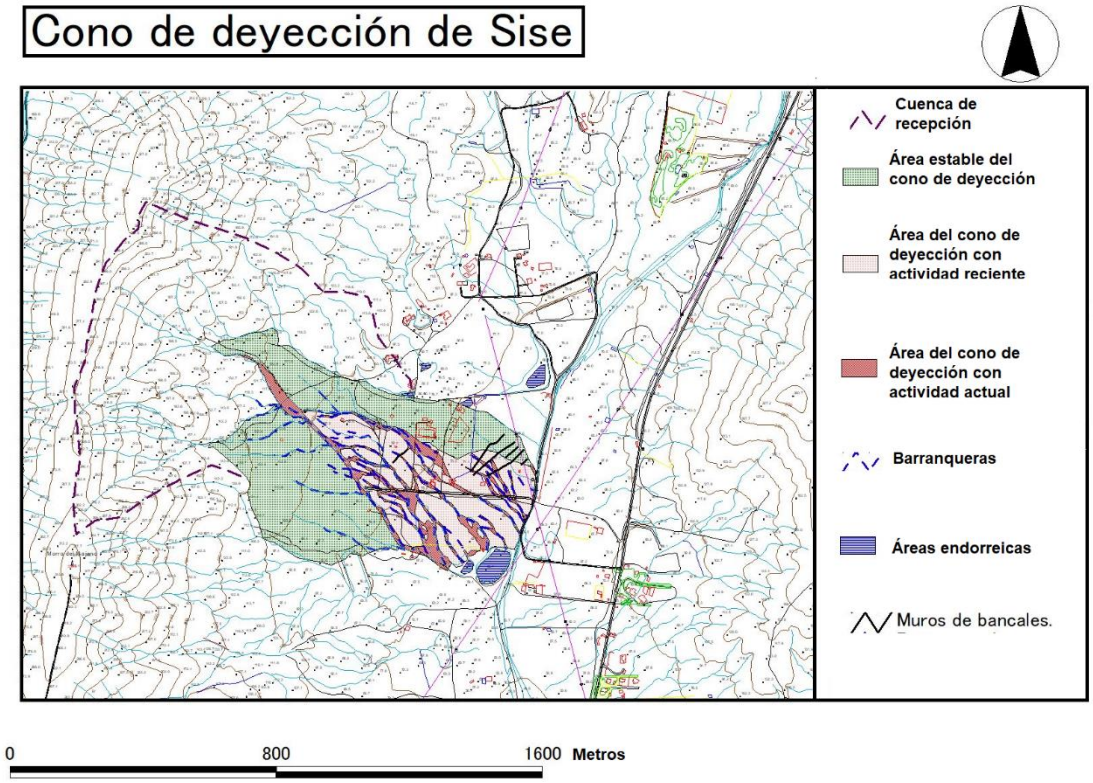


Figura 13. Mapa de conjunto del sistema torrencial de Sise mostrando la cuenca de recepción, el canal de desagüe y el cono de deyección.

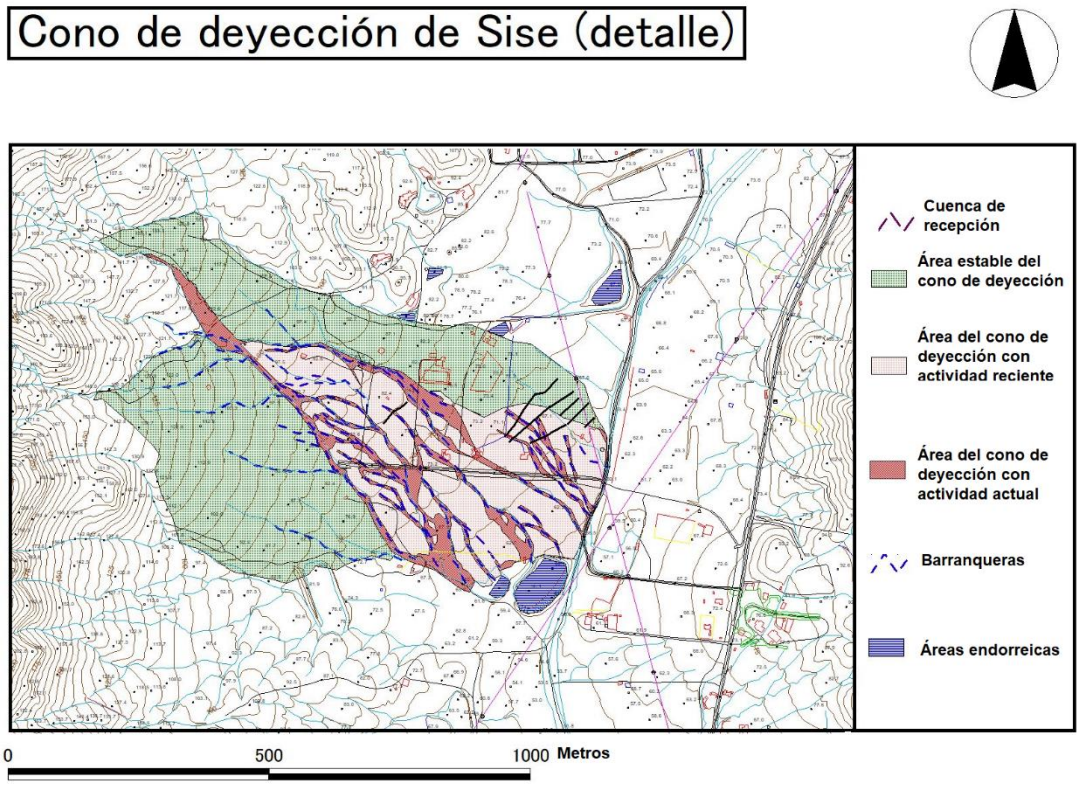


Figura 14. Mapa de detalle del cono de deyección de Sise.

La parte estable del cono aparece situada al SW y NE de la parte activa. La ladera típica del cono se encuentra recubierta por un pavimento desértico formado por cantos y bloques que se han ido concentrando debido a que la erosión del viento y la arroyada difusa se han ido llevando las fracciones más finas (figura 15).

Figura 15. Aspecto de la superficie del área estable del cono de deyección de Sise. La mayor parte de los cantos y bloques tienen una pátina rojiza (Fe2O3) que indica que lleva largo tiempo sometidos a la acción de la intemperie.

Por otra parte, la mayor parte de los cantos y bloques tienen una pátina rojiza (Fe2O3) que indica que lleva largo tiempo sometidos a la acción de la intemperie.

El examen del interior de este sector del cono de deyección es accesible debido al corte producido por las barranqueras activas. Así podemos observar dos capas bien diferenciadas (figura 16); en la superior vemos como los cantos y bloques están empastados en una matriz fina de color marrón rojizo, mientras que la inferior es mucho más clara lo que indica un alto contenido en carbonatos. La presencia de esta fracción fina y la fuerte carbonatación de la capa inferior resultarían de una larga evolución de esta parte del cono de deyección, que habría tenido actividad hace, como muy poco, varias decenas de miles de años.

Los análisis sedimentológicos llevados a cabo sobre las muestras SISE-2 y SISE-3 (correspondientes a las capas superior e inferior del corte de la figura 16), se acompañan en la tabla 1.

MUESTRA	%>2 mm	Color	% AG	% AF	% LG	% LF	% AR	% CO_3^-
SISE-2	45,11	7.5YR4/3	30,42	17,45	8,95	22,50	20,68	15,50
SISE-3	18,15	10YR6/3	32,24	16,15	6,61	16,61	28,39	34,00

Tabla 1. Datos sedimentológicos de las muestras obtenidas en el sector estable del cono de deyección de Sise. AG = arena gruesa; AF = arena fina; LG = limo grueso; LF = limo fino; AR = arcilla; CO3- = carbonatos.

Figura 16. Corte del sector inactivo del cono de deyección de Sise mostrando la capa superior con material fino y la inferior con signos claros de fuerte carbonatación. Coordenadas 28R X:058627; Y: 3121125.

No obstante, todos los conos de deyección han de considerarse lugares no aptos para uso residencial; las partes inactivas -como la que estamos describiendo- pueden resultar afectadas por las avenidas y flujos de derrubios provenientes de las partes activas, tal y como podemos ver en la figura 17.

Figura 17. El cono de deyección activo colocado encima del sector estable. Esto indica que ningún punto dentro de un cono de deyección complejo puede considerarse totalmente seguro.

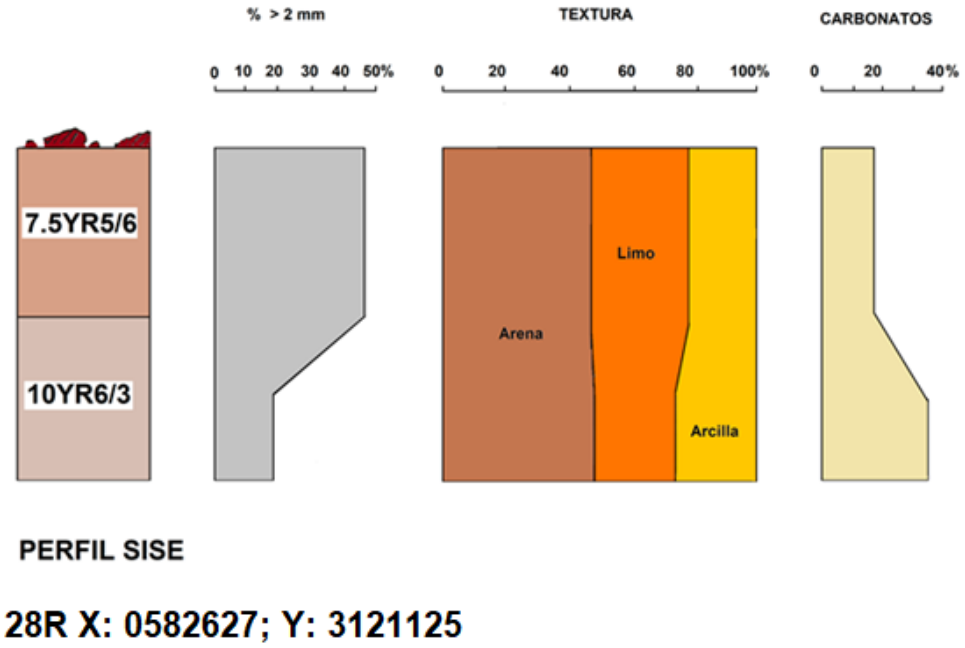


Figura 18. Perfil Sise, se aprecia gráficamente las variaciones sedimentológicas en la estructura interna del área estable del cono de deyección.

La parte activa del cono deyección resulta evidente, tanto en el campo como en la fotografía aérea, por su tonalidad más grisácea, ausencia de pátinas significativas sobre los cantos superficiales y aspecto caótico de la superficie debido a la abundancia de barranqueras que forman un sistema de tipo anostomosado (braided-channel) indicativo de movilidades recientes.

Su sedimentología es llamativa, con una baja proporción de fracciones finas (inferiores a 63 micras), que obedece a que los procesos de meteorización de las arenas y la contribución eólica (sahariana y local) aún no han funcionado el tiempo suficiente como para producir cantidades apreciables de elementos finos (tabla 2 y figura 18).

Los rasgos sedimentológicos principales se pueden ver en la tabla 2.

MUESTRA	%>2 mm	Color	% AG	% AF	% LG	% LF	% AR	% CO_3^-
SISE-1	54,40	10YR4/3	84,68	5,49	1,15	2,90	5,78	4,50

Tabla 2. Datos sedimentológicos de las muestras obtenidas en el sector activo del cono de deyección de Sise. AG = arena gruesa; AF = arena fina; LG = limo grueso; LF = limo fino; AR = arcilla; CO3- = carbonatos.

Figura 19. Corte natural mostrando la constitución sedimentaria de la parte activa del cono de deyección.

Coordenadas 28R X:0582553; Y: 3121207.

Las partes más activas del cono de deyección corresponden a barranqueras, amplias y de fondo plano, con evidencias de escorrentías muy recientes (figura 20).

Figura 20. Rambla de fondo plano con material grosero y evidencias de escorrentía reciente. Esta barranquera conduce a la trasera de la primera vivienda amarilla que se ve al fondo. Coordenadas 28R X:0582831; Y: 3121020.

Los principales rasgos derivados del análisis granulométrico por tamizado de la fracción arenosa de una muestra procedente de esta barranquera, se pueden ver en la tabla 3.

MUESTRA	%>2 mm	Media	Clasificación	Kurtosis	Skewness	% < 63 µm
SISE-4	46,7	-0,016	0,820	0,395	1,000	0,2

Tabla 3. % de fracción > 2 mm y < 63 µm y parámetros granulométricos de la fracción arenosa de la muestra SISE-4.

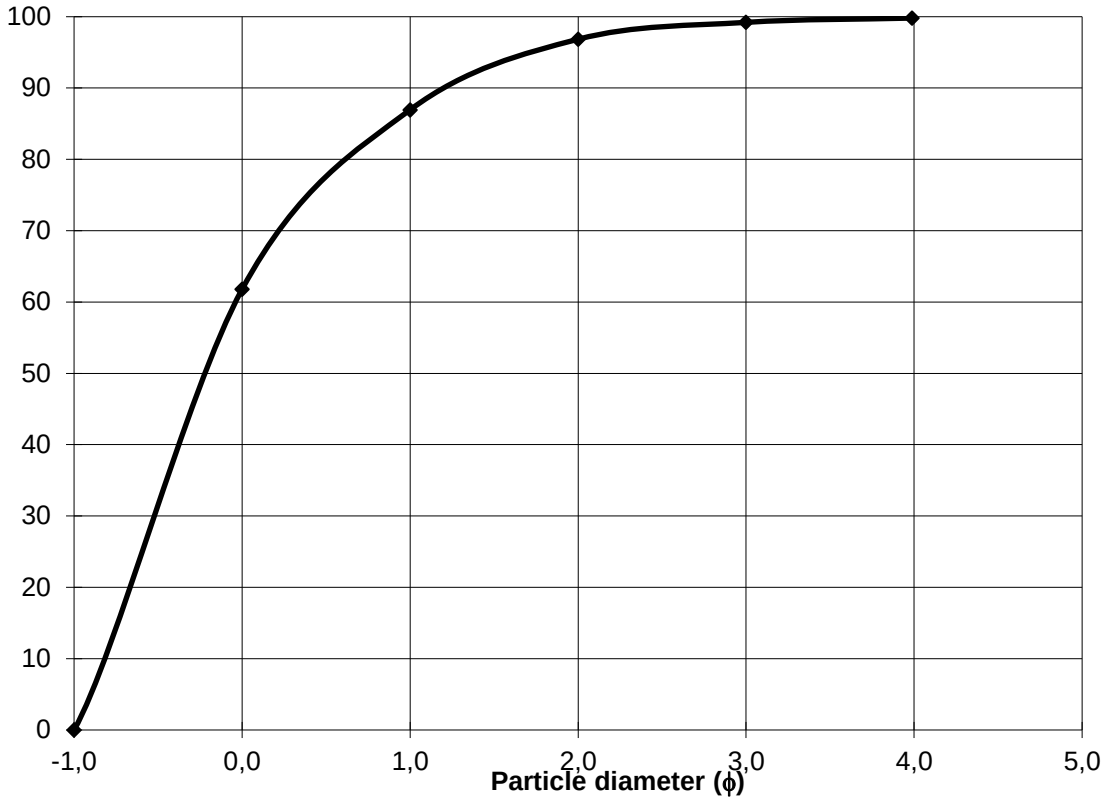


Figura 21. Curva acumulada de las arenas de un canal activo del cono de deyección de Sise.

El material transportado corresponde mayoritariamente a arenas gruesas, moderadamente clasificadas.

Este estudio de detalle permite concluir que:

1. Una parte importante del cono de deyección (~153.599 m2) presenta indicios de actividad reciente, con áreas donde esta es absolutamente evidente e irrefutable. El sector más estable del cono de deyección ocupa una superficie de ~248.279 m2, pero a la vista de las evidencias de campo algunas zonas del mismo pueden verse afectadas por la dinámica de los sectores más activos del cono de deyección (figura 16).

2. La cuenca vertiente que abastece de agua a este cono deyección ocupa una superficie de ~586.000 m2.

Si consideramos las precipitaciones más intensas registradas en esta parte de la isla de Fuerteventura, que fueron de 45 l/m2 en 15 minutos (luego una intensidad de 180 l/m2) el 18 de octubre de 2010 en Gran Tarajal (https://www.tiempo.com/ram/277922/efemerides-meteorologicas-en-canarias-del-siglo-xx-y-xxi-parte-v/), tendríamos una evacuación teórica de 8.970 m3 a través del canal de desagüe en el punto de conexión entre la cuenca de recepción y el cono de deyección.

Esta circunstancia entra dentro de lo posible, ya que, si bien las avenidas por lluvias intensas parecen una amenaza lejana en Fuerteventura, dichos fenómenos se producen con relativa frecuencia (tabla 4).

Localidad	Fecha	Precipitación
Guisguey	19/9/1984	158,0 l/m^2 en 24 h
Aeropuerto	5/12/1991	76,5 l/m^2 en 24 h
Jandía	17/12/2002	80 l/m^2 en 24 h
Pájara	17/12/2002	54 l/m^2 en 24 h
Tuineje	19/12/2005	153,3 l/m^2 en 24 h

Tabla 4. Algunas precipitaciones intensas de la isla de Fuerteventura.

3. El aspecto estable de un cono de deyección puede generar un problema de falsa seguridad con consecuencias trágicas. Tal es el caso de la catástrofe del 7 de agosto de 1996 en el barranco de Arás (Huesca) que produjo 87 muertes y 187 heridas. Las administraciones públicas autorizaron la construcción del camping en el cono de deyección del torrente; este hecho se basó en que la intervención hidrológico-forestal y el encauzamiento escalonado existente en el abanico aluvial garantizarían su seguridad. Sin embargo, una gran tormenta en la cabecera del barranco produjo precipitaciones que fueron evaluadas entre 200 y 250 mm, con elevadas intensidades, que produjeron una avenida de tal magnitud que reventó todas las represas del cauce regularizado (https://es.wikipedia.org/wiki/Riada_del_camping_de_Biescas).

En Canarias, en los registros históricos, el evento más catastrófico fue el llamado Huracán de 1826 o Tormenta de San Florencio, que en Tenerife produjo 284 muertes y daños cuantiosos (Dorta et al., 2008). Un trabajo reciente ha encontrado los efectos del mismo en la vecina isla de Lanzarote, donde destruyó amplias áreas de gavias y nateros en las proximidades de Teguise (Criado et al., 2013). Tal tormenta parece haber sido un ciclón tropical; el actual calentamiento del mar aumenta la posibilidad de una mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos adversos con lluvias de elevada intensidad horaria.

Por tanto, parece desaconsejable declarar de uso residencial la parcela ubicada sobre el cono de deyección de Sise.

Referencias

Dorta, P.; Bethencourt, J. y Criado, C. (2008). El temporal de 1826: reconstrucción de sus causas y sus consecuencias en la isla de Tenerife. En Cambios climáticos regionales y sus impactos, 45-55.

Criado, C., Dorta, P. Bethencourt, J., Navarro, J.F., Romero, C, y García, C. (2013). Evidence of historic infilling of valleys in Lanzarote after the Timanfaya eruption (ad 1730–1736, Canary Islands, Spain). The Holocene, 23 (12), 1786-1796.

G) **Costa Calma**

La urbanización de Costa Calma comienza a gestarse a principios de la década de los 80 y su ubicación en un pasillo natural de arenas ha generado ya un irreversible proceso de erosión de playas sobre el que ya se ha informado.

Además, cierra también el pequeño valle de La Cañada del Río. En este sentido, la actividad torrencial es escasa y en ello influyen al menos 2 razones:

1. Escasa energía del relieve, que no favorece el incremento de las precipitaciones derivado de la orografía ni favorece la aparición de escorrentías súbitas (flash floods).

2. Un sustrato fundamentalmente arenoso con una notable capacidad de infiltración.

Sin embargo, las evidencias de tormentas con precipitaciones de elevada intensidad horaria y el previsible incremento de las mismas en el actual contexto de calentamiento global, hacen necesario corregir algunas deficiencias observadas (figura 23).

Tras la construcción de la FV-2 la Cañada del Río se abría paso hacia el mar a través de un paso subterráneo accediendo a un área deprimida y, por lo tanto, susceptible de encharcarse, pero sin generar mayores problemas en el viario y edificaciones próximas (figura 22).

Desde aquí avanza en dirección al mar una canalización paralela a la calle de Punta Pesebre, pero una vez pasado el campo de fútbol el canal desaparece. De esta manera entre la rotonda de la avenida Happag Lloyd y el mar no existe ningún desagüe definido.

Por tanto, se hace necesario proceder a habilitar una canalización desde este punto hacia el mar, lo que planteará problemas de ejecución toda vez que el frente de playa está totalmente ocupado por edificios y viario.

Figura 22. Paso de la barranquera bajo la FV-2.

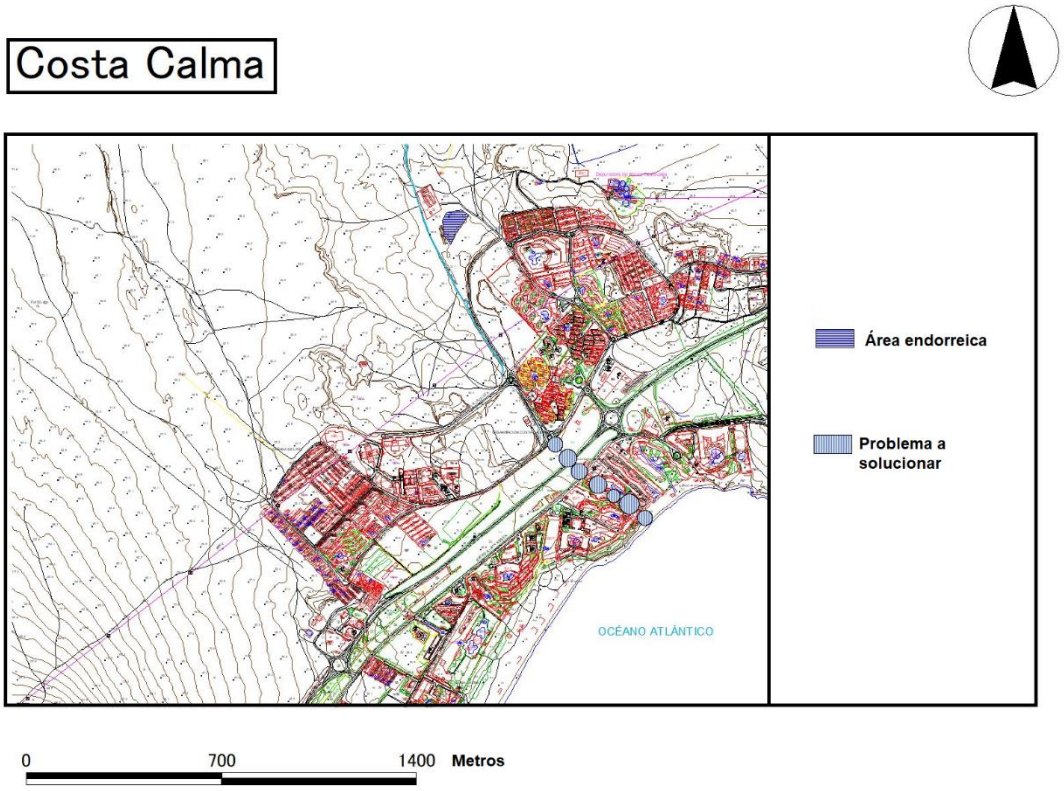


Figura 23. Mapa de Costa Calma con indicación de los problemas de drenaje que requieren solución.

H) **El Matorral**

La zona de la playa del Matorral cuenta con buenas infraestructuras de drenaje. Las hemos examinado concienzudamente y, priori, parecen lo suficientemente dimensionadas como para poder evacuar los caudales producidos por lluvias intensas.

Quizás no estaría de más un replanteo de las mismas, en especial eliminando los caños de evacuación bajo calles y carreteras por estructuras adinteladas que no favorezcan el taponamiento por ramas y sedimentos en momentos de crecida.

Hay muchos tramos soterrados, incluso convertidos en parkings, lo que hace difícil las necesarias labores de limpieza y dragado de los canales de evacuación. Sería recomendable mantener la mayor longitud de los mismos abiertos y con un mantenimiento regular.

Figura 24. Entrada a la parte soterrada en el tramo inicial de la avenida del Saladar, en las proximidades del Hotel Robinson Jandía Playa.

Figura 25. Salida a la playa en las proximidades del Hotel Robinson Jandía Playa.

La salida en la playa ahora mismo está por debajo del nivel de la playa y el arco del túnel tiene una anchura de 3,30 m por una altura de 1,20. Sería deseable mantener este canal lo más limpio posible.

En la zona de la calle peatonal Doramas, entre avenida del Saladar y calle Bentejui, hay una ladera rocosa de fuerte pendiente en la que sería deseable estudiar la posibilidad de abrir una zanja de drenaje para evitar problemas a la calle peatonal en momentos de lluvias intensas (ver figura 28).

La barranquera paralela a la calle de Las Afortunadas cuenta con dos arcos y quizás sería deseable darle más anchura. Como en todos los cursos soterrados se plantea el problema de la vigilancia, limpieza y dragado de los sedimentos que se acumulan en los mismos (figura 26).

Figura 26. Arcos en la salida al saladar de la barranquera paralela a la calle de Las Afortunadas.

El barranco de Vinamar, que drena una cuenca de 8,81 km2, no parece presentar problemas, salvo que está soterrado y requiere mantenimiento.

Lo mismo ocurre en barranco localizado al oeste del hotel Iberostar (figura 27).

Figura 27. Salida del barranco localizado al este del hotel Iberostar.

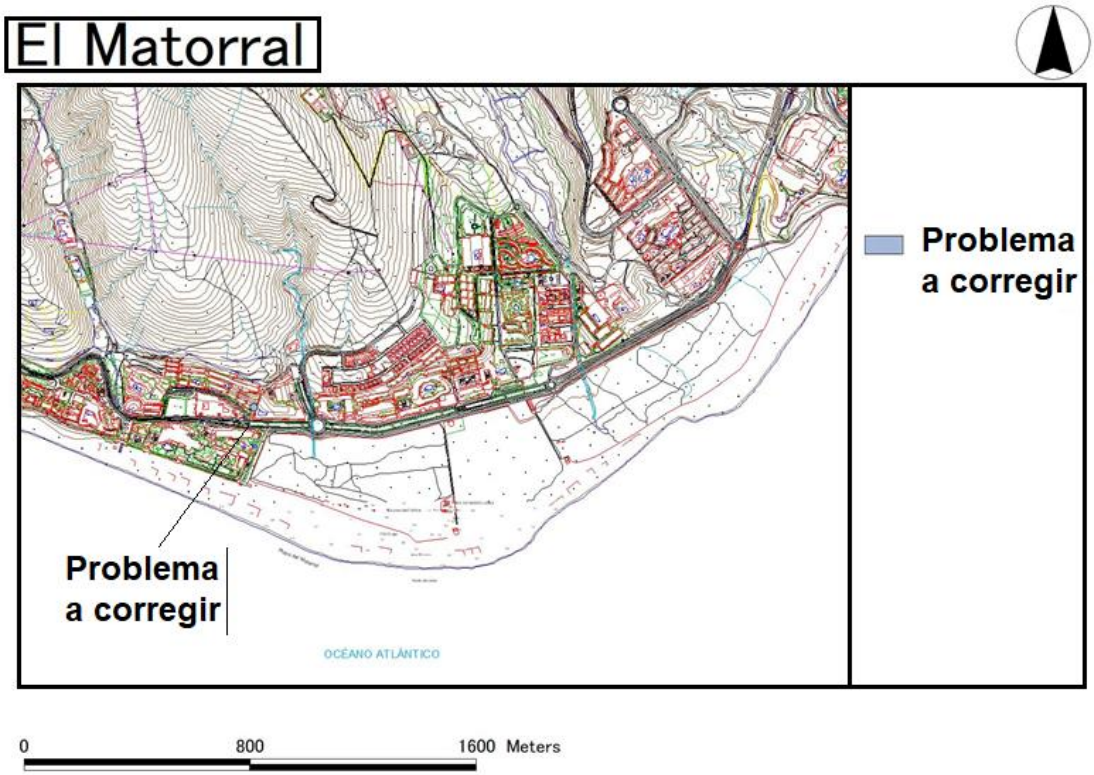


Figura 28. El Matorral.

l) Morro Jable – laderas oeste

Aparte de la desembocadura del barranco del Ciervo con su problemática ya expuesta, Morro Jable cuenta con otra zona bastante amenazada. Se sitúa está a un nivel inferior al de la Avenida del Atlántico, con un desnivel que llega a alcanzar en algunos puntos los 20 m y 25 m, con pendientes de entre 20º y 30º (figura 36). Podemos distinguir varios entornos, cada uno de ellos con su problemática y peligrosidad.

En la calle Támara (figura 29 y 30), la ladera tiene un perfil más tendido y ha sido reforestada con palmeras canarias (Phoenix canariensis). Sin embargo, el sustrato suelto la hace muy vulnerable a la escorrentía que podría terminar afectando a las casas situadas al otro lado de la calle y a los vehículos aparcados en la misma.

Tal eventualidad se podría solventar excavando una zanja, en la parte baja de la ladera, que derive el agua de escorrentía lateralmente hasta derivarla al sistema de evacuación de aguas pluviales del pueblo.

Figura 29. Ladera tendida en la calle Támara, sería conveniente proteger la calle con una zanja de canalización de escorrentía.

Figura 30. Ladera de mayor pendiente en la calle Támara. El material detrítico y la fuerte pendiente genera un riesgo de escorrentía y flujo de derrubios que afectaría al viario.

En la otra zona al final de la calle Teniscosquei, se accede directamente una ladera conformada por el derrubio derivado de la implantación de la avenida del Atlántico (figura 31).

Figura 31. Ladera al final de la calle Tenicosquei.

En dicha ladera se abre un desagüe que no tiene ninguna conexión con canalizaciones de aguas pluviales situadas en la avenida del Atlántico, por lo que suponemos que debió formar parte de un proyecto inconcluso.

Figura 32. La calle Teniscosquei desde la avenida del Atlántico; se aprecia el material inestable.

Las figuras 33, 34 y 35 corresponden a las traseras de los bloques de la calle de Vinamar. Se aprecia el elevado riesgo de exposición por flujos de derrubios derivados de escorrentías y desplazamientos de bloques por gravedad asistida por la arroyada.

Figura 33. Trasera del bloque ubicada entre la calle Támara y el final de la calle Teniscoquei. El muro de contención es elevado, pero no muy ancho.

Figura 34. Trasera del bloque ubicada al final de la calle Teniscoquei. El muro de contención es de poca altura y de apariencia frágil.

Figura 35. Trasera del bloque ubicada al final de la calle Teniscoquei. El muro de contención es de poca altura y de apariencia frágil. La rotura del muro en caso de riada facilitaría la inundación de los sótanos que aparecen en los edificios amarillos.

Se hace necesaria la reordenación y protección de esta ladera mediante las soluciones técnicas que sean precisas, entre las que sugerimos el enmallado de la ladera en sus partes más pedregosas, construcción de zanja de drenaje y reforzamiento de muros de contención que eviten daños a bienes y personas de los edificios próximos.

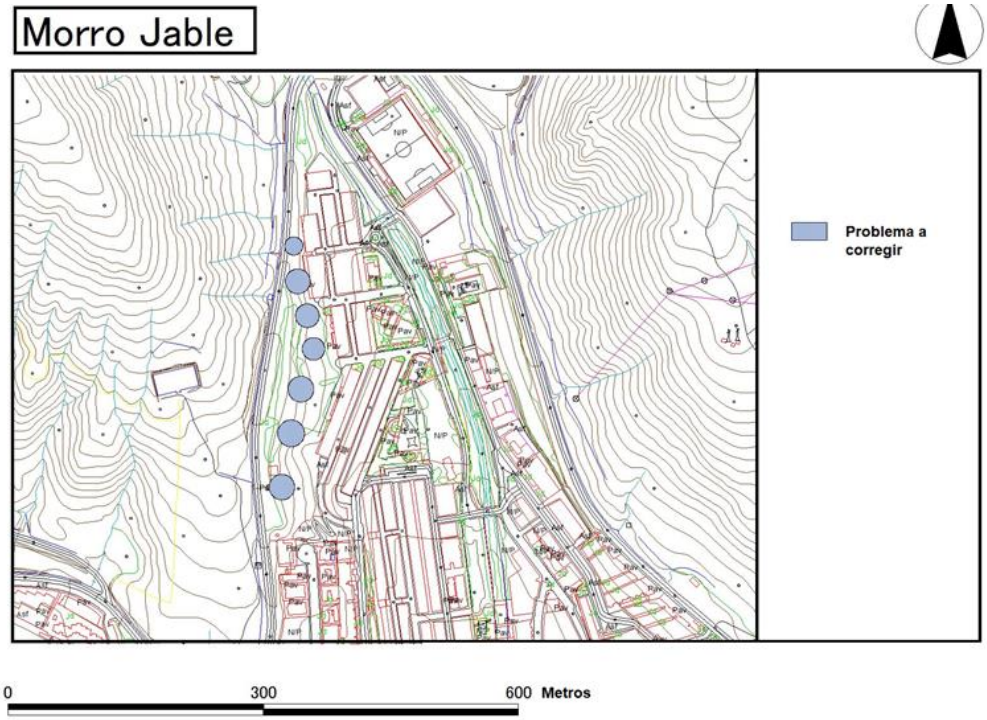


Figura 36. La ladera conflictiva de Morro Jable.

J) Zona Ampliación Morro Jable – Laderas Oeste y este

La zona de Ampliación de Morro Jable cuenta con zonas bastantes amenazadas, laderas al este y oeste del espacio urbanizado y edificado. Se sitúan en niveles superiores al de las edificaciones existentes, con un desnivel que llega a alcanzar en algunos puntos los 20 m, con pendientes de entre 20º y 30º. Podemos distinguir varios entornos, cada uno de ellos con su problemática y peligrosidad.

En las traseras de los edificios con frente a la calle Pérez Galdós, laderas oeste y este (Fotos 62 y 63), el sustrato suelto la hace muy vulnerable a la escorrentía que podría terminar afectando a las edificaciones situadas en la ladera y a la propia urbanización.

Tal eventualidad se podría solventar excavando una zanja o canal de guarda, en la parte trasera de las edificaciones, que derive el agua de escorrentía lateralmente hasta derivarla al sistema de evacuación de aguas pluviales, barranco del ciervo.

Foto 62. Ladera en las traseras de los centros docentes, sería conveniente proteger las edificaciones con un canal de guarda y un encauzamiento de las aguas de escorrentía.

Foto 63. Ladera de mayor pendiente en la trasera de la calle Pérez Galdós. El material detrítico y la fuerte pendiente genera un riesgo de escorrentía y flujo de derrubios que afectaría a las edificaciones y viarios.

En dicha ladera se abren una serie de desagües que no tiene ninguna conexión con canalizaciones de aguas pluviales en la calle Pérez Galdós, por lo que suponemos que debió formar parte de un proyecto inconcluso.

Foto 64. Desagües desde las laderas sobre calle Pérez Galdós sin conexión a red de pluviales.

Las Fotos 65, 66 y 67 corresponden a las traseras de los bloques de la calle de Pérez Galdós. Se aprecia el elevado riesgo de exposición por flujos de derrubios derivados de escorrentías y desplazamientos de bloques por gravedad asistida por la arroyada.

Foto 65. Trasera del bloque ubicada en la calle Pérez Galdós.

Foto 66. Traseras de bloques ubicados en la calle Pérez Galdós – este. Las edificaciónes se apoyan directamente en el terreno por su parte trasera.

Foto 67. Trasera de edificaciones ubicadas al final de la calle Pérez Galdós - este. El muro de contención es de poca altura. La rotura del muro en caso de riada facilitaría la inundación de las edificaciones existentes.

En la siguiente figura se muestra las laderas conflictivas.

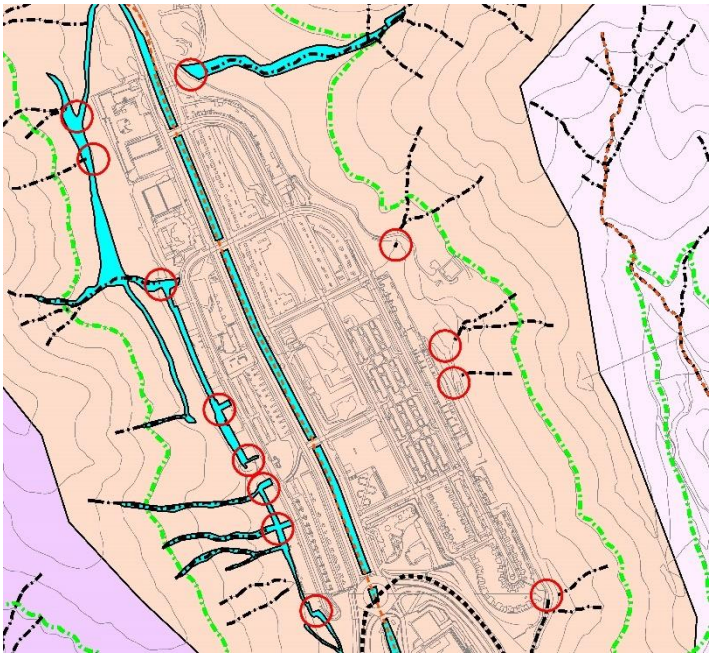


Figura 62. Laderas conflictivas en Ampliación de Morro Jable

K) **Ajuí**

En la desembocadura del barranco de Ajui se ha detectado un problema puntual en relación con 2 construcciones ubicadas allí desde al menos 1966 (gráfico 31). Sería subsanable con un dique de protección frente a las posibles avenidas de dicho cauce.

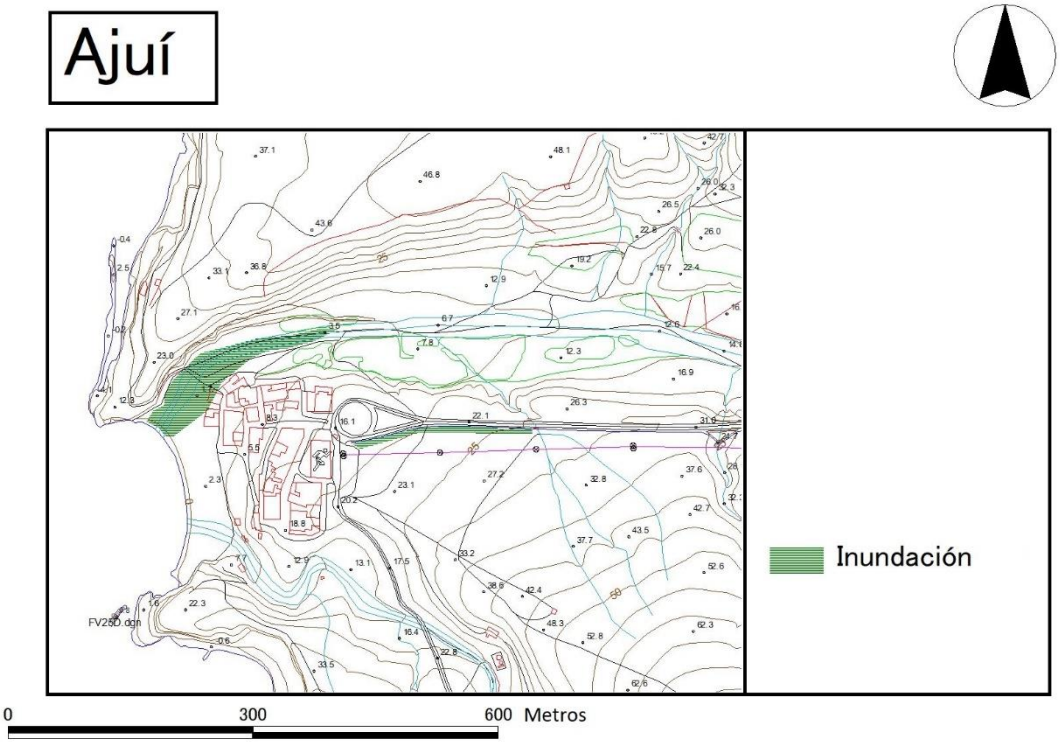


Gráfico 31. Plano del área inundable por escorrentías fluvio-torrenciales y en las laderas en la localidad de Ajui.

L) La Pared

Se localiza un punto con potencial riesgo hidrológico en el cruce de la Calle El Peñón con el Barranco de La Pared, dado que en esta intersección el barranco no está canalizado.

Se considera recomendable establecer medidas correctoras al efecto de canalizar adecuadamente este punto conflictivo.

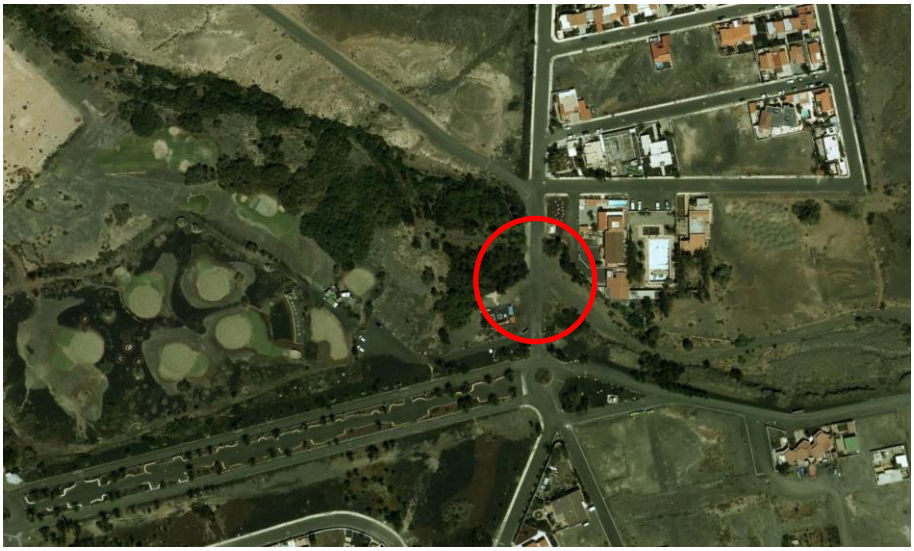


Gráfico. Cauce de barranco de La Pared y afección por viario.

M) Costa Calma

La urbanización de Costa Calma comienza a gestarse a principios de la década de los 80 y su ubicación en un pasillo natural de arenas ha generado ya un irreversible proceso de erosión de playas (descrito en el epígrafe de geología y geomorfología).

Además, cierra también el pequeño valle de La Cañada del Río. En este sentido, la actividad torrencial es escasa y en ello influyen al menos 2 razones:

1. Escasa energía del relieve, que no favorece el incremento de las precipitaciones derivado de la orografía ni favorece la aparición de escorrentías súbitas (flash floods).

2. Un sustrato fundamentalmente arenoso con una notable capacidad de infiltración.

Sin embargo, las evidencias de tormentas con precipitaciones de elevada intensidad horaria y el previsible incremento de las mismas en el actual contexto de calentamiento global, hacen necesario corregir algunas deficiencias observadas (figura 23).

Tras la construcción de la FV-2 la Cañada del Río se abría paso hacia el mar a través de un paso subterráneo accediendo a un área deprimida y, por lo tanto, susceptible de encharcarse, pero sin generar mayores problemas en el viario y edificaciones próximas (Foto 72).

Desde aquí avanza en dirección al mar una canalización paralela a la calle de Punta Pesebre, pero una vez pasado el campo de fútbol el canal desaparece. De esta manera entre la rotonda de la avenida Happag Lloyd y el mar no existe ningún desagüe definido.

Foto 72. Paso de la barranquera bajo la FV-2

En la siguiente figura se muestra el área conflictiva.

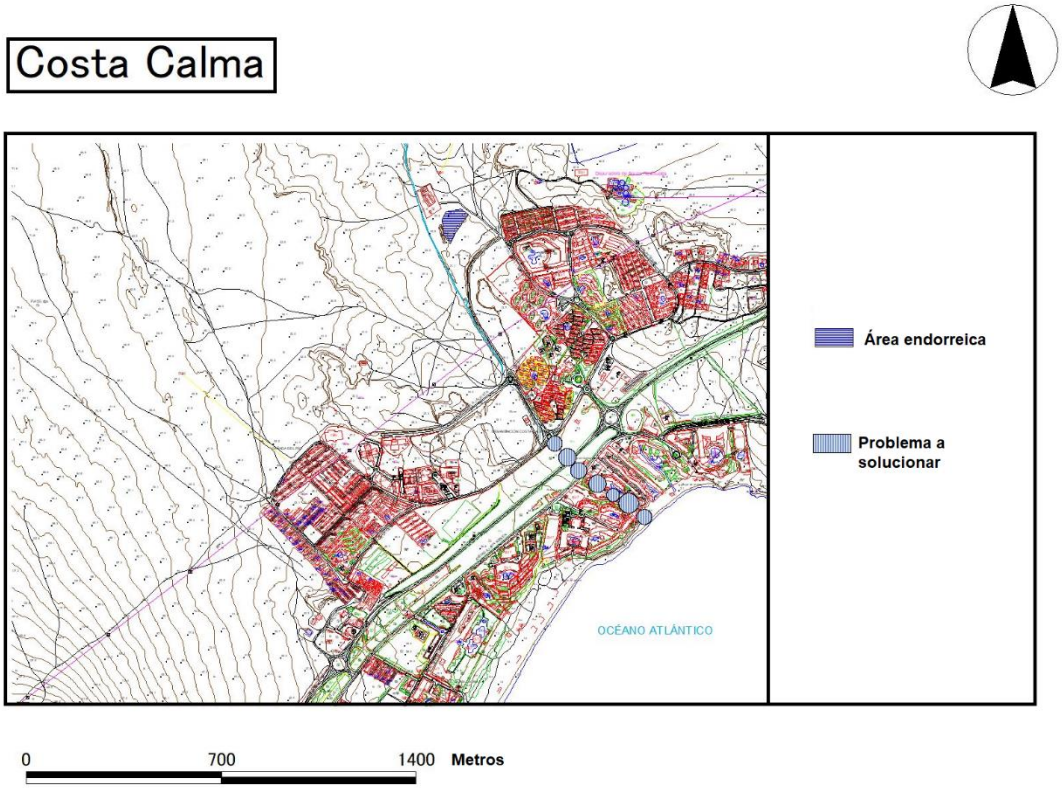


Figura 14.. Mapa de Costa Calma con indicación de los problemas de drenaje que requieren solución

N) **Las Hermosas**

Se localiza un punto con potencial riesgo hidrológico en el acceso al núcleo de Las Hermosas con el Barranco de Valle La Pared, dado que en esta intersección el barranco no está canalizado.

Se considera recomendable establecer medidas correctoras al efecto de canalizar adecuadamente este punto conflictivo.

Gráfico. Cauce de barranco de Valle La Pared.

O) **Otros puntos conflictivos**

Otros puntos problemáticos vendrían dados por la instalación de instalaciones industriales y agropecuarias sobre conos de deyección activos (gráficos 26 y 27).

Gráfico 32. Instalaciones agropecuarias sobre conos de deyección potencialmente activos en el Barranco de Butihondo (Jandía).

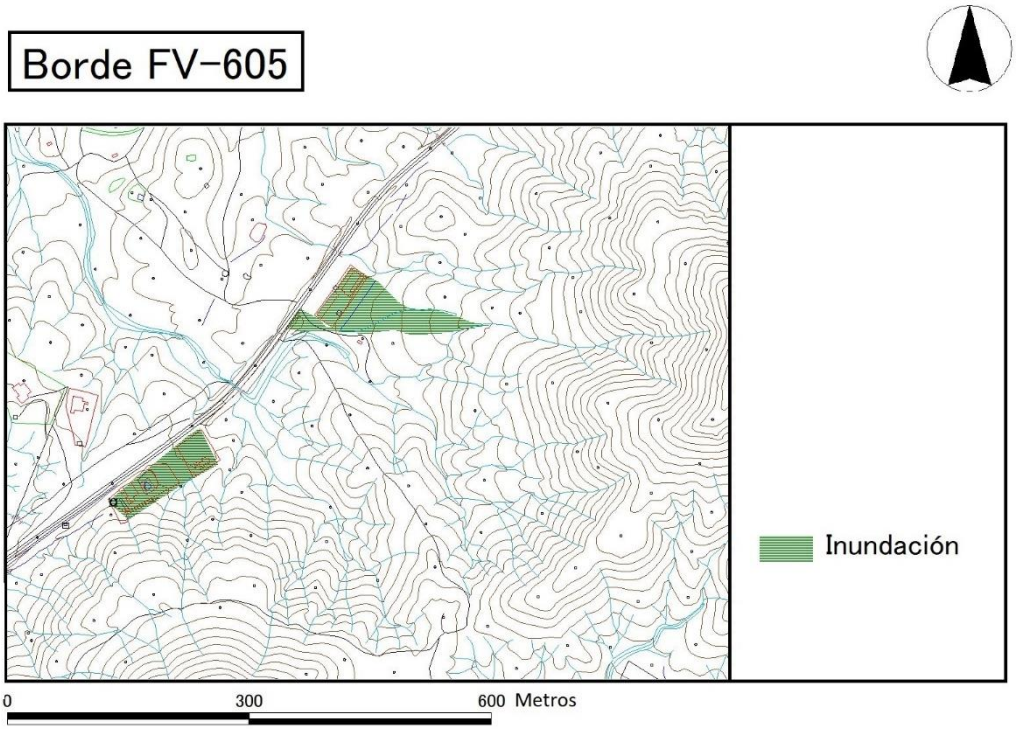


Gráfico 33. Granja instalada sobre un cono de deyección potencialmente activo y viviendas bajo barranqueras. Borde de la FV-605 al pie de Montaña del Puerto Nuevo.

7.4. RIESGO POR INUNDACIÓN MARINA

Un cuidadoso análisis de la serie los mapas topográficos y de las series de ortofotos del sector costero comprendido entre Morro Jable y Costa Calma, evidencia la existencia de amplias superficies susceptibles de sufrir problemas de inundación. Dichos problemas se irán agravando progresivamente en la medida en que la urbanización de Costa Calma y la ampliación de la FV-2, entre Matas Blancas y El Salmo, ha detenido el flujo arenoso de dirección N-S.

Dicho flujo arenoso alimentaba las Playas de Sotavento, de forma que la arena eólica (bioclástica fundamentalmente), mezclada con los aportes de los barrancos (al este de Costa Calma) eran movilizados por la deriva litoral en dirección SE, hasta la Punta del Jable (en el Matorral de Jandía) y de ahí hasta Morro Jable.

El mantenimiento de la misma deriva litoral ahora sin aportes eólicos ha generado un proceso de erosión de las playas que se puede rastrear en la seria de ortofotos de GRAFCAN (gráficos 34 a 39), donde se indica la dimensión del retroceso del frente de costa (si bien a efectos de precisión la medición debe considerarse estimativa, toda vez que no pueden tenerse en cuenta las eventuales variaciones del nivel del mar habidas entre las distintas ortofotos usadas como referencia).

Gráfico 34. Distancia entre las instalaciones del Club de Windsurfing y la costa. A la derecha ortofoto de 1994, a la izquierda 2006. El retroceso ha sido de entorno a 56,3 metros.

Gráfico 34. Distancia entre las instalaciones del Club de Windsurfing y la costa. A la derecha ortofoto de 1994, a la izquierda 2009. El retroceso ha sido de entorno a 109,0 metros.

Gráfico 35. Distancia entre las instalaciones del Club de Windsurfing y la costa. A la derecha ortofoto de 1994, a la izquierda 2013 el retroceso ha sido superior a los 133,0 metros.

Gráfico 36. Distancia entre las instalaciones del Club de Windsurfing y la costa. A la derecha ortofoto de 1994, a la izquierda 2016 el retroceso ha sido superior a los 206,0 metros

Gráfico 37. Distancia entre las instalaciones del Club de Windsurfing y la costa. A la derecha ortofoto de 1994, a la izquierda 2019 el retroceso ha sido de alrededor de 237,0 metros y la erosión costera afecta ya a las instalaciones del club.

Gráfico 38. Erosión litoral afectando al club de Windsurf de Playa de La Barca en el verano de 2020.

Un sencillo rastreo de la serie de ortofotos permite establecer con relativa precisión cuáles son las áreas del municipio con más peligro de inundación marina y plasmarlas en una serie de mapas.

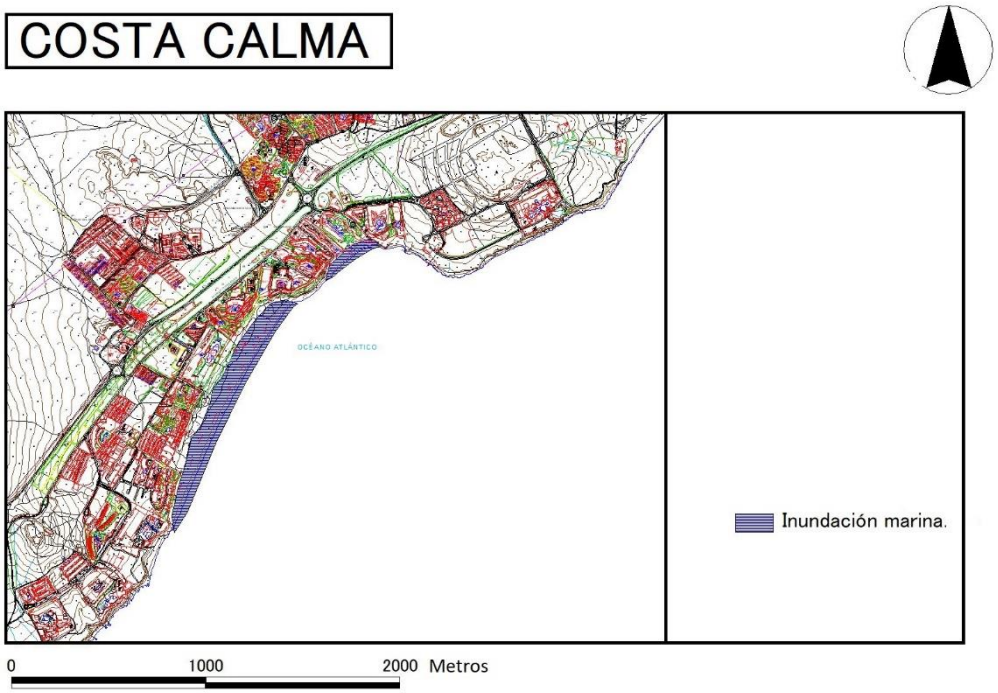


Gráfico 39. Zona expuesta a inundación litoral en Costa Calma.

El evidente riesgo de inundación afectaría gravemente a la playa, pudiendo llegar a eliminarla junto a los sistemas de dunas que suponen una pequeña reserva de la que puede disponer la playa para

reajustar su balance sedimentario tras los temporales. La pérdida previsible de la playa supondrá la desaparición de un recurso turístico inmediato.

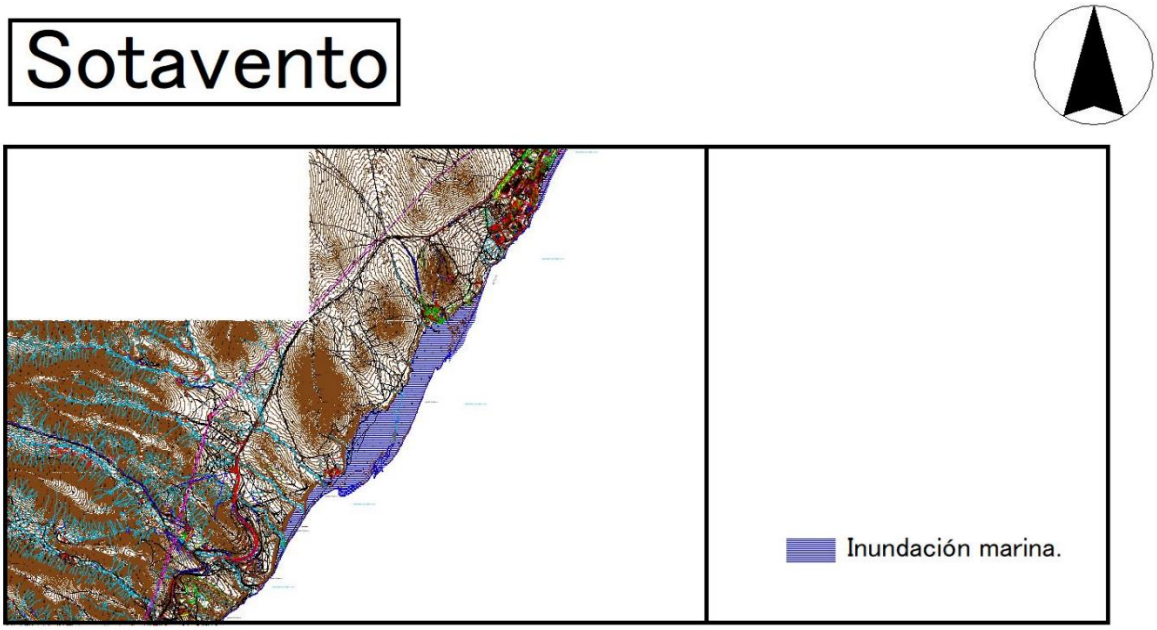


Gráfico 40. Zona expuesta a inundación litoral en el sector comprendido entre la Playa de La Barca y las dunas del Salmo.

En el área comprendida entre la Playa de La Barca y las dunas del Salmo, el riesgo de inundación es inmediato y afecta ya a instalaciones recreativas (ver gráfico 38). La retracción de la marisma con la pérdida de su valores paisajísticos y ambientales es algo previsible a corto plazo.

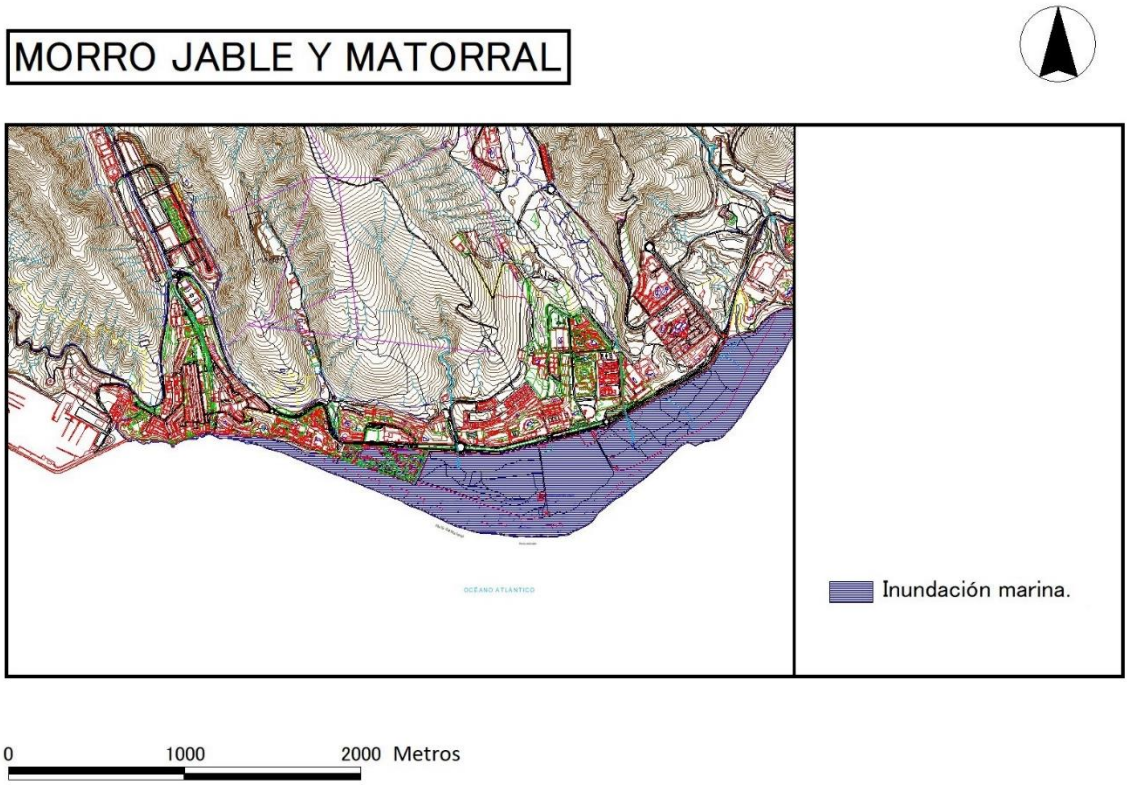


Gráfico 41. Zona expuesta a inundación litoral en el sector comprendido entre la Playa de La Barca y Morro Jable.

Por el momento está zona no se ve tan afectada en la medida en que aún disfruta de una buena alimentación arenosa. Una vez el aporte por deriva litoral disminuya -como consecuencia del agotamiento del stock arenoso aportado por el viento- toda la marisma entrará en riesgo desaparición. Es muy probable la retracción brutal de la línea de costa y la desaparición de todo este saliente costero, siendo previsible la afección a las infraestructuras alojativas situadas por debajo de la Avenida del Saladar.

Riesgo por inundaciones marinas en La Lajita

También habría que señalar que en la localidad de La Lajita, la iglesia de La Concepción y el Consultorio médico se localizan a una cota bastante baja (en torno a +2.80 s/ mapa topográfico integrado de GRAFCAN), que la hacen susceptible de sufrir inundaciones en momentos de fuerte oleaje lo que se agravará en el contexto de cambio climático en el que nos encontramos.
.

Riesgo por inundaciones marinas en La Lajita

En la localidad de Ajui, también en el entorno de las viviendas más próximas a la línea de costa (calles de La Tonina y Avenida de Los Barqueros) puede haber afecciones derivadas del oleaje de poniente.

7.5. CONCLUSIONES DEL RIESGO HIDROLÓGICO

Las cuencas en las que se han detectado posibles riesgos de carácter fluvial son fundamentalmente la de Pájara, especialmente en los alrededores del casco de la capital del municipio, la cuenca del barranco de Tarajal de Sancho (cono de deyección de Sise y La Lajita), la desembocadura del barranco de Ajui y la del barranco del Ciervo en Morro de Jable.

En cuanto a los riesgos por inundación marina, se considera que los más relevantes son los del litoral de Costa Calma, el sector de Playas de Sotavento comprendido entre la Playa de La Barca y las dunas del Salmo y el Saladar del Matorral, así como en los núcleos de La Lajita y Ajuí.

8. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS FINALES

- **Riesgo sísmico**

La susceptibilidad de riesgo sísmico en el municipio estudiado es de carácter moderado (con un potencial riesgo mayor en la zona de Pájara con relación al resto del municipio), siendo en cualquier materia objeto de regulación por la legislación sectorial de aplicación que es la vigente normativa sismorresistente NCSR-02, de ámbito estatal.

- **Riesgo volcánico**

Se estima que el municipio de Pájara es un escenario muy poco probable de erupción monogénica, toda vez que en la isla de Fuerteventura no se establecen áreas de máxima probabilidad de localización de centros eruptivos según el mapa de parámetros de peligrosidad y riesgo volcánico de Canarias. Aún con todo, se recomienda potenciar las medidas informativas y educativas, así como las medidas genéricas de prevención.

- **Riesgo de incendios**

La totalidad de las áreas del territorio municipal es de susceptibilidad baja y en cuanto a la vegetación de mayor combustión frente a la ocurrencia de incendios forestales tiene carácter residual, circunscrita a áreas arboladas de carácter artificial vinculadas a entornos urbanos.

- **Riesgo tecnológico**

En Pájara, el riesgo tecnológico existente se concentra fundamentalmente en los ámbitos entorno a las estaciones de servicio, infraestructuras existentes como las de desalación y depuración así como varias actividades vinculadas al puerto de Morro Jable. Todas estas instalaciones por su tipología están sometidas por la legislación sectorial a estudios de impacto específicos, así como, a planes o estudios de riesgos, razón por la cual nos remitimos a las determinaciones contempladas en las mismas.

- **Riesgo de desprendimientos provocados por la dinámica de vertientes**

El municipio de Pájara presenta un mayor riesgo de caída de derrubios en las áreas relacionadas con los acantilados y laderas de barrancos. Es en estas áreas de mayor pendiente donde se genera los riesgos, generalmente, relacionados con la actividad humana. Por ello, no hay que olvidar que cada movimiento de tierra generado por la actividad humana (pistas, carreteras, canalizaciones…) genera una alteración de las laderas, con el consiguiente aumento del riesgo de caída de derrubios, o que impliquen paquetes enteros de materiales.

No obstante, no se presentan problemas de caída de derrubios a gran escala. Los movimientos de ladera que se producen tienen escasa impronta espacial, aunque fuerte incidencia a la escala local. Los posibles riesgos de caída de derrubios están íntimamente relacionados a la mano del hombre. Generalmente se asocian a la realización de obras públicas de trazado lineal (por lo general auspiciadas por administraciones supramunicipales) y a la construcción, sobre todo en aquellas ocasiones en las que se crean taludes o terraplenes que afectan a depósitos de materiales poco consolidados o con un alto nivel de facturación con lo que se generan perfiles de desequilibrio que pueden conducir a la ocurrencia de desprendimientos.

En términos generales, y como se ha visto, el territorio municipal no se encuentra sometido a fenómenos erosivos de gran magnitud. Aunque son las áreas acantiladas y laderas de barrancos, de forma preferente, en las que la extensión y el impacto de los procesos erosivos son mayores, aunque de forma puntual existen otras zonas que también se puedan ver afectadas por este tipo de fenómenos.

Las áreas caracterizadas por la pobreza de los suelos y el desarrollo de aprovechamientos agrícolas, son aquellas que requieren de una mayor protección, mediante la implantación de medidas que conlleven desde la incorporación, mejora y mantenimiento de sistemas de protección (terrazas, bancales, muros tradicionales de contención) a la implantación de aprovechamientos que permitan en la medida de lo posible detener la degradación de los suelos. Especialmente en áreas de cabecera de cuenca, la implantación de medidas protección revierte de forma indirecta en la reducción del riesgo hidrológico, al garantizar la estabilización de los suelos la disminución de la carga de sólidos en momentos de ocurrencia de lluvias de tipo torrencial, con lo que los efectos negativos se atenúan.

Por lo que respecta a los movimientos del terreno, la escala a la que ha tenido lugar el análisis y diagnóstico no permite identificar en detalle cuáles son aquellas áreas del territorio que se pueden ver afectadas en principio por este tipo de fenómenos. Sin embargo, cabe destacar que la ocurrencia de desprendimientos y caídas de rocas se encuentra habitualmente asociada con la realización de obras civiles, infraestructuras y obras extractivas que provocan la inestabilidad de taludes, con lo que se requiere en estos casos que los promotores de dichas actuaciones tengan previsto el establecimiento de medidas de estabilización y refuerzo de los mismos.

- **Riesgo hidrológico**

A grandes rasgos en el análisis de riesgo hidrológico en el municipio de Pájara, cabe concluir que, al menos en dos de los puntos conflictivos considerados, el índice de Probabilidad es Bastante Probable, con frecuencia de una vez entre 1 y 10 años en ausencia de medidas de mantenimiento de los cauces.

El deslinde del Dominio Público Hidráulico (DPH) corresponde al Consejo Insular de Aguas de Fuerteventura, siendo en cualquier caso de aplicación con relación al riesgo de avenidas las determinaciones de la legislación sectorial y de la planificación sectorial, en particular el Plan Hidrológico Insular y el Plan de Gestión de Riesgos de Inundación

En cualquier caso, como ya se ha comentado, se considera conveniente la delimitación del DPH por parte del Consejo Insular de Aguas de forma que posibilita una mejor concreción para la gestión y adecuado mantenimiento de los cauces.

Y todo ello considerando que es el PGRI (Plan de Gestión de Riesgos de Inundación, actualmente en tramitación) el instrumento de ordenación sectorial competente para la adecuada regulación de este fenómeno natural.

9. BIBLIOGRAFÍA

Bethencourt, J. Dorta, P. y Criado, C. (2008). El temporal de 1826. Reconstrucción de sus causas y consecuencias en la isla de Tenerife. *Cambio Climático regional y sus consecuencias.* AEC*,* 45-55.

Carracedo, J. C. (2011). Geología de Canarias I. Ed. Rueda, Madrid.

Cendrero, A. (1966). Los volcanes recientes de Fuerteventura. *Estudios Geológicos*, 22, 201-226.

Evaluación Preliminar de Riesgos de Inundación (EPRI),2º Ciclo. DHFuerteventura. http://www.aguasfuerteventura.com/gestion_riesgos_inundacion2.php

Fúster *et al*., (1968). Geología y Volcanología de las Islas Canarias. Fuerteventura. CSIC-Instituto Lucas Mallada, Madrid.

IGME (2004). mapa geológico de España escala 1:25.000. Pájara, 1106 III.

IGN. Mapa de peligrosidad sísmica de España. http://www.ign.es/web/ign/portal/mapas-sismicidad

IGN. Catálogo sísmico del IGN. https://www.ign.es/web/ign/portal/sis-catalogo-terremotos

Meco *et al*.,(2002). The maximun warming of the Pleistocene world climate recorded in the Canary Islands. *Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeocology*, 185 (1), 197-210.

Pájara y el episodio sísmico de 1914 a 1919. https://mis-blogger.blogspot.com/2012/02/pajara-y-el-episodio-sismico-de-1914.html?m=1

Pomel, R. S., Miallier, D., Fain, J., Sanzelle, S. (1985). Datation d'un sol brun rouge calcifère par une coulée volcanique d'âge Würm ancien (51 000 ans) à Fuerteventura (Iles Canaries). *Méditerranée*, 56, 59-68.

Torres, J. M., Rodríguez, A. y Tejedor, M. L. (2005). Los suelos. En *Patrimonio Natural de la Isla de Fuerteventura* (O. Rodríguez, coordinador). Cabildo Insular de Fuerteventura, 59 – 80.

Dorta, P.; Bethencourt, J. y Criado, C. (2008). El temporal de 1826: reconstrucción de sus causas y sus consecuencias en la isla de Tenerife. En Cambios climáticos regionales y sus impactos, 45-55.

Criado, C., Dorta, P. Bethencourt, J., Navarro, J.F., Romero, C, y García, C. (2013). Evidence of historic infilling of valleys in Lanzarote after the Timanfaya eruption (ad 1730–1736, Canary Islands, Spain). The Holocene, 23 (12), 1786-1796.

Coordinador del equipo base
Juan Lima Coderch
Arquitecto y Paisajista

Redactor del Estudio Básico de Riesgos
Constantino Criado Hernández
Doctor en Geografía e Historia